

## SECAMENTO PARCIAL DA ZONA RADICULAR NA BANANEIRA ‘GRAND NAINÉ’ NO SEMIÁRIDO DO NORTE DE MINAS GERAIS

EUGÊNIO FERREIRA COELHO<sup>1</sup>; DIONEI LIMA SANTOS<sup>2</sup>; ARIANE CASTRICINI<sup>3</sup>; JOSÉ CARLOS LOPES DE LIMA<sup>4</sup>; JOÃO BATISTA RIBEIRO DA SILVA REIS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa s/n, Caixa Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil, [eugenio.coelho@embrapa.br](mailto:eugenio.coelho@embrapa.br).

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Conceição do Araguaia, Avenida Couto Magalhães, N° 1649, Setor Universitário, 68540-000, Conceição do Araguaia, PA, Brasil, [dionei.santos@ifpa.edu.br](mailto:dionei.santos@ifpa.edu.br).

<sup>3</sup>Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Rod. MGT 122, km 155, CEP: 39525-000 – Nova Porteirinha, MG, Brasil, [castriciniariane08@gmail.com](mailto:castriciniariane08@gmail.com), [jbrsreis@epamig.br](mailto:jbrsreis@epamig.br).

<sup>4</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Campus Cruz das Almas, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, Brasil, [josecarlosdude@hotmail.com](mailto:josecarlosdude@hotmail.com).

### 1 RESUMO

A irrigação com déficit que permite a redução de até 50% do dispêndio de água é uma alternativa cuja viabilidade deve ser uma meta de alcance nas pesquisas. Portanto, este trabalho objetivou definir a viabilidade do uso do método do secamento parcial da zona radicular para a bananeira cultivar ‘Grand Nainé’ nas condições edafoclimáticas do Norte de Minas Gerais. O estudo avaliou três frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas somadas à condição de irrigação de um só lado, todos com redução de 50% da lâmina de irrigação calculada e com ambos os lados da fileira de plantas irrigados com 100% da lâmina calculada. Foram avaliados os indicadores de manejo de água do solo e a condutância estomática das folhas dos tratamentos, além das variáveis de produção e de qualidade de frutos. Os resultados indicaram a viabilidade do uso do secamento parcial da zona radicular para a bananeira cultivar ‘Grand Nainé’ com redução da lâmina de irrigação de 50% e frequência de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 7 e 14 dias. A qualidade pós-colheita dos frutos não foi influenciada pelos estresses hídricos temporários do solo resultantes dos tratamentos.

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

COELHO, E. F.; SANTOS, D. L.; CASTRICINI, A.; DE LIMA, J. C. L.; REIS, J. B. R. DA S.

PARTIAL ROOT-ZONE DRYING FOR BANANA ‘GRAND NAINÉ’ IN THE SEMI-ARID OF THE NORTHERN OF MINAS GERAIS

### 2 ABSTRACT

The deficit irrigation allows the reduction of about 50% of the water use and is an alternative whose feasibility should be a goal for research. Thus, this work aimed to define the feasibility of using of the partial root-zone drying for banana cv Grand Nainé under the edaphoclimatic

conditions of the Northern of Minas Gerais. The study evaluated three frequencies of irrigated-side shifting of plant row, added up to one-sided irrigation condition, all sides with reduction of 50% of the irrigation blade calculated and with both sides of the plants row irrigated with 100% of the irrigation blade calculated. Soil and water management indicators and leaf stomatal conductance of the treatments were evaluated and variables of production and post-harvest fruit quality, as well. Results indicated the feasibility of the use of partial root-zone drying for banana cv grand Naine with 50% reduction of irrigation blade and frequencies of 7 and 14 days for irrigated-side shifting of plant row. The post-harvest fruit quality was not influenced by the transient water stress provided by treatments.

**Keywords:** *Musa* spp., water deficit, irrigation management.

### 3 INTRODUÇÃO

As principais projeções sobre o aquecimento global e as mudanças climáticas preveem um aumento da temperatura do ar, situações de secas severas para algumas regiões do planeta (EDENHOFER et al., 2014) e aumento da demanda hídrica das culturas em virtude do aumento da evapotranspiração máxima ou de referência (DIAS; SUASSUNA, 2016). Essa nova condição de clima causará maiores problemas em regiões que possuem um histórico de secas consolidado e uma expressiva produção de frutas, como é o caso da região semiárida do norte de Minas Gerais, onde se encontra um dos maiores polos de produção de banana no Brasil.

A cultura da bananeira no Brasil nos últimos anos contabilizou perda de área no norte de Minas Gerais, bem como redução de produção em consequência da diminuição da rentabilidade, incidência do “mal do Panamá” e intempéries do clima relativas à temperaturas elevadas e redução no aporte hídrico. A área cultivada com bananeira no norte de Minas Gerais, contabilizada em 2019, foi de 29.056 ha (HACKMANN; OLIVEIRA; BARBIERI, 2020). Essa área produz banana irrigada e é dependente de fontes hídricas como o Rio São Francisco, cuja disponibilidade hídrica está relacionada ao regime de chuvas.

A irrigação, como maior consumidor de água doce, dentro das

necessidades esperadas de aumento de área para os próximos anos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017), requer mudanças efetivas no uso de água pelos irrigantes no sentido de preservação dos recursos hídricos. Essas mudanças implicam em aplicação dos métodos de manejo da água de irrigação já existentes, como o do balanço de água na zona radicular ou uso de indicadores da necessidade de água do solo por sensores em conjunto com a curva de retenção e da umidade ou tensão crítica (COELHO et al., 2012), além de outros que, apesar de serem conhecidos, não são de uso geral pelos irrigantes. As mudanças também implicam em uso de métodos de manejo de água não convencionais que usam a irrigação com déficit. Dentre os métodos de irrigação por déficit, o método do secamento parcial da zona radicular (“partial root-zone drying”, PRD) vem sendo apontado como uma alternativa de sucesso para redução do consumo de água pela fruticultura irrigada (COELHO et al., 2019; SANTOS et al., 2021)

O secamento parcial do sistema radicular consiste na alternância do lado de irrigação do sistema radicular, ou seja, enquanto parte do sistema radicular é irrigada para manter o status adequado de água na planta, a outra parte do sistema radicular é submetida ao secamento (PÉREZ-PÉREZ et al., 2018). A teoria defendida é que as raízes submetidas ao

secamento produzem sinais químicos (ácido abscísico e etileno), e estes reduzem a abertura estomática, diminuindo assim a transpiração (EL-SADEK, 2014). A manutenção da taxa fotossintética associada à redução da transpiração aumenta a eficiência do uso de água (SANTOS et al., 2021). Apesar dos inúmeros resultados promissores do método PRD para fruticultura irrigada no semiárido (SANTOS et al., 2021; COELHO et al., 2019), há uma carência de informações sobre a viabilidade do método PRD em condições específicas de clima, solo e cultura, associada a percentagem de redução da lâmina de irrigação e frequência de alternância do lado irrigado. Portanto, objetivou-se com esse trabalho definir a viabilidade do uso do método do secamento

parcial da zona radicular para a bananeira 'Grand Naine' nas condições semiáridas do norte de Minas Gerais.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Gorutuba pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), no município de Nova Porteirinha, MG, com as seguintes coordenadas centrais: 15° 48' 15" S e 43° 18' 0" W. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), cujas características físico-hídricas são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características físico-hídricas do solo da área experimental.

| Prof.<br>(m) | Areia<br>---- | Silte<br>KgKg <sup>-1</sup> | Argila<br>---- | Dens.<br>solo<br>Kgdm <sup>-3</sup> | Umid. (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> ) |           | Água<br>disponível<br>(mm) |
|--------------|---------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------------|---|-----------|----------------------------|
|              |               |                             |                |                                     | -10 kPa                                   | -1500 kPa |                            |
| 0-0,2        | 483           | 234                         | 283            | 1,71                                | 0,22                                      | 0,17      | 9,2                        |
| 0,2-0,4      | 444           | 263                         | 293            | 1,66                                | 0,26                                      | 0,23      | 5,2                        |

Prof. = Profundidade; Dens. = Densidade; Umid. = Umidade

A bananeira 'Grand Naine' foi cultivada no espaçamento 2,5 m x 2,0 m em dois ciclos, um de fevereiro de 2013 a fevereiro de 2014 e outro de fevereiro a dezembro de 2014. O experimento seguiu o delineamento casualizado em blocos, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram baseados na redução da lâmina de irrigação calculada (LIC) em 50% (com uma linha lateral em irrigação por fileira) e frequência de alternância do lado irrigado da fileira de plantas. As frequências de alternância, F, ou seja, os intervalos de mudança do lado irrigado foram de 7, 14 e 21 dias. Os tratamentos

foram: T1 – redução da LIC em 50%, com F de 7 dias; T2 - redução da LIC em 50%, com F de 14 dias; T3 - redução da LIC em 50%, F de 21 dias; T4 - redução da LIC em 50%, fixando-se apenas um lado irrigado ao longo do ciclo e T5 – Irrigação plena, isto é, lâmina de irrigação correspondente a reposição total da LIC, com as duas linhas laterais por fileira de planta funcionando ao mesmo tempo a cada evento de irrigação. As temperaturas máximas, mínimas e médias mensais, bem como o déficit de pressão de vapor durante os dois ciclos de cultivo da bananeira podem ser observados na Tabela 2.

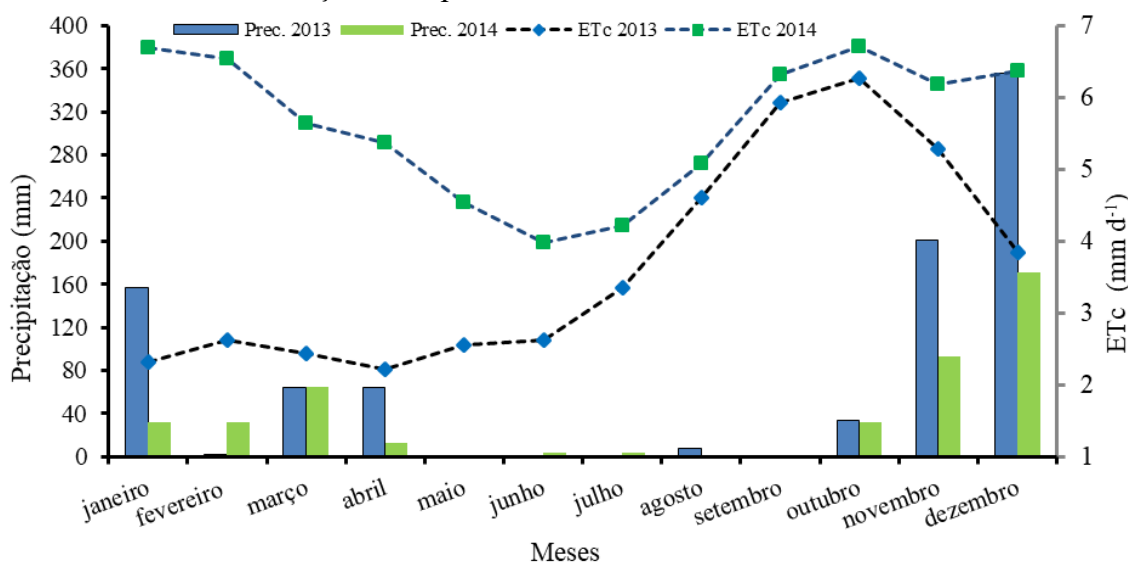
**Tabela 2.** Valores médios mensais de déficit de pressão de vapor do ar (DPV) e as variáveis meteorológicas: temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed) ao longo dos meses de condução do experimento em Nova Porteirinha, MG.

| Meses | Ano: 2013 |           |           |           | Ano: 2014 |           |           |           |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|       | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmed (°C) | DPV (kPa) | Tmax (°C) | Tmin (°C) | Tmed (°C) | DPV (kPa) |
| Jan   | 32,83     | 21,18     | 25,52     | 1,2       | 33,08     | 20,05     | 26,14     | 1,4       |
| Fev   | 34,12     | 19,77     | 26,73     | 1,76      | 33,68     | 20,69     | 26,45     | 1,53      |
| Mar   | 28,55     | 21        | 27,77     | 1,59      | 32,35     | 21        | 26,16     | 1,21      |
| Abri  | 31,95     | 20,7      | 25,35     | 1,15      | 33,41     | 20,36     | 26,18     | 1,43      |
| Mai   | 32,73     | 18,49     | 23,92     | 1,32      | 32,27     | 19,16     | 24,93     | 1,45      |
| Jun   | 30,35     | 17,68     | 23,43     | 1,35      | 30,45     | 17,78     | 23,39     | 1,25      |
| Jul   | 30,91     | 16,96     | 23,55     | 1,42      | 30,59     | 16,9      | 22,95     | 1,3       |
| Ago   | 31,48     | 16,94     | 24,13     | 1,54      | 31,51     | 16,69     | 23,79     | 1,65      |
| Set   | 33,31     | 19,27     | 25,79     | 1,67      | 33,71     | 17,58     | 25,49     | 1,92      |
| Out   | 33,14     | 20,29     | 26,1      | 1,68      | 34,05     | 19,76     | 26,82     | 2,01      |
| Nov   | 33,25     | 20,86     | 26,47     | 1,53      | 32,33     | 20,84     | 26,18     | 1,36      |
| Dez   | 29,83     | 20,89     | 24,5      | 0,61      | 32,22     | 20,08     | 25,65     | 1,28      |

A precipitação pluvial acumulada foi de 884 mm no primeiro ciclo (2013) e de 443,4 mm no segundo ciclo (2014). Durante os dois períodos de condução do experimento os maiores valores mensais de precipitação acumulada foram observados

no mês de dezembro, sendo 355,2 mm em 2013 e 170,8 mm em 2014 (Figura 1). Os valores médios da evapotranspiração durante os dois ciclos são apresentados na Figura 1.

**Figura 1.** Precipitação pluvial mensal e evapotranspiração da bananeira ‘Grand Naine’ durante a condução do experimento em Nova Porteirinha, MG.



A irrigação foi aplicada pelo sistema de gotejamento com duas linhas laterais por fileira de plantas com emissores espaçados de 0,50 m, sendo oito emissores por planta. O manejo da água de irrigação seguiu uma frequência diária com reposição da evapotranspiração da cultura determinada a partir da evapotranspiração máxima calculada pela equação de Penman-Monteith modificada pela FAO (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração de referência foi calculada diariamente com base nos dados disponibilizados pela estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, Código: A563). Os coeficientes de cultivo utilizados no cálculo da lâmina de irrigação no primeiro ano foram: 0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,85; 1,0; 1,0; 0,9 e 0,8 (ALLEN et al., 1998). Já no segundo ano o coeficiente de cultivo utilizado foi de 1,1 (COELHO et al., 2006). A lâmina de água calculada para cada irrigação foi obtida diariamente com dados da evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ ), coeficiente de cultivo, coeficiente de localização (FERERES, 1981) e a eficiência do sistema de gotejamento (considerada de 90%).

As avaliações de crescimento das plantas: altura da planta, diâmetro do pseudocaule a 0,20 m do solo e área foliar pelo método de Zucoloto, Lima e Coelho (2008) foram realizadas no início do ciclo e durante o período de floração. As mensurações da condutância estomática foram realizadas em julho/2014 e setembro/2014, com auxílio de um porômetro modelo SC-1 (Decagon Devices), na terceira folha, entre nove e dez horas da manhã. A umidade do solo foi avaliada pelo menos a cada 15 dias, em ambos os lados das fileiras de plantas a 0,10 m do gotejador na camada de 0-0,20 m, por meio de sonda de capacitância (Modelo Diviner 2000<sup>®</sup>), entre o emissor e a planta em um bloco durante o segundo ciclo.

As variáveis de produção: produtividade de cachos e de pencas e comprimento e diâmetro do fruto mediano da segunda penca foram contabilizadas durante o período de colheita. A produtividade de cacho foi determinada a partir da soma do peso dos cachos por tratamento e, o produto dessa soma, foi multiplicado pelo número de plantas correspondente a um hectare. A produtividade de penca foi determinada conforme o cálculo da produtividade de cacho, porém sem o peso do engaço. A eficiência do uso de água foi obtida conforme metodologia utilizada por Coelho et al. (2019).

Os frutos foram avaliados após a colheita, sendo a primeira avaliação no ponto de colheita, com casca verde, porém fisiologicamente desenvolvidos e a segunda quando atingiram o estágio 6 de maturação, de acordo com as normas de classificação da Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 2006), que utiliza a escala de Loesecke. Durante o período de amadurecimento (ponto de colheita até estágio 6), os frutos permaneceram sob bancada no Laboratório de Pós-Colheita em temperatura ambiente  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ . Os efeitos dos tratamentos sobre a qualidade dos frutos foram estudados por meio de avaliações físicas e químicas no ponto de colheita ou maduros, conforme descrição a seguir: 1 – massa do buquê da polpa e da casca: as diferentes partes foram pesadas em balança digital, e os valores expressos em g. Para determinação da massa do buquê (frutos mais almofada) pesou-se três frutos ainda presos à almofada e, posteriormente, os frutos foram destacados da almofada e pesada a casca e polpa separadamente; 2 - relação polpa/casca: consiste na relação entre a massa da polpa e a massa da casca; 3 - cor

da casca: avaliação realizada com auxílio de colorímetro Konica CR – 400 por meio do qual a cor é expressa pela luminosidade (L), cromaticidade (C) e ângulo de cor ( $^{\circ}$ hue); 4 - firmeza: determinada na região mediana da fruta com casca com auxílio de um penetrômetro digital de bancada, expressa em N; 5 - sólidos solúveis: determinado por refratometria conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL) (ZENEBOON; PASCUET; TIGLEA, 2008), expresso em  $^{\circ}$ Brix; e 6 - acidez titulável: determinada por titulometria de acordo com IAL (ZENEBOON; PASCUET; TIGLEA, 2008), expressa em % de ácido málico. O comprimento e diâmetro foram avaliados somente no ponto de colheita, por meio de paquímetro digital e expressos em cm e mm, respectivamente.

As análises estatísticas consistiram de uma análise de variância considerando o delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo as fontes de variação qualitativas, isto é envolvendo conjuntamente a redução de água e a frequência de alternância, com o tratamento testemunha (sem redução da LIC e irrigação permanente dos dois lados da fileira de plantas). Nessa análise, os efeitos dos tratamentos nas variáveis dependentes foram avaliados por testes de média de Tukey, com índice de confiança de 5%. Outra análise foi realizada considerando apenas os quatro tratamentos com redução da LIC em 50% e frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 0 (sem mudança de lado irrigado da fileira de plantas), 7, 14 e 21 dias de intervalo de mudança do lado irrigado da fileira de plantas. Nesse caso, a frequência

de mudança de lado irrigado da fileira foi considerada como variável quantitativa. Para as avaliações de pós-colheita utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições de três frutos por parcela. Foi feita análise de variância (ANOVA) geral com tratamentos como causa de variação. Antes da ANOVA procedeu-se o teste de Lilliefors para avaliar a distribuição normal dos erros.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Condições climáticas e da água do solo sob manejo de água pelo secamento parcial da zona radicular (SPR)

Nos dois ciclos as necessidades hídricas da cultura tiveram valores próximos, com uma diferença de 105 mm a mais no segundo ciclo, enquanto a precipitação no segundo ciclo foi 52% da ocorrida no primeiro ciclo, com um déficit hídrico no segundo ciclo superior ao do primeiro na mesma magnitude. Nos dois ciclos da bananeira, a maior parte da precipitação anual ocorreu na fase de floração e crescimento dos frutos, embora tenha sido inferior a evapotranspiração da cultura em todas as suas fases fenológicas (Tabela 3). A evapotranspiração foi mais acentuada na fase de crescimento de frutos em ambos os ciclos (Figura 1), não só pela maior demanda hídrica nessa fase, como também pelas condições meteorológicas (maiores temperaturas e DPV do ar, Tabela 2) mais favoráveis à maior evapotranspiração.

**Tabela 3.** Precipitação (Precip; mm), evapotranspiração de referência máxima (ET<sub>o</sub>; mm), evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>; mm), déficit (Precip-ET<sub>c</sub>; mm) e lâminas totais aplicadas nos tratamentos sem redução da LIC (L - 100%; mm) e com redução de 50% da LIC (L - 50%; mm), Nova Porteirinha, MG.

| Meses             | Ciclo | Fase da Cultura | Precip    | ET <sub>o</sub> | ET <sub>c</sub> | Precip-ET <sub>c</sub> | L 100% | L 50%  |
|-------------------|-------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|------------------------|--------|--------|
| Fev-Abr/2013      | 1     | Cres. v.        | 130 (16%) | 458             | 176 (10%)       | -46                    | 221    | 110,5  |
| Mai-Set/2013      | 1     | Cres. v.        | 8 (1%)    | 662             | 663 (39%)       | -655                   | 781    | 390,5  |
| Out/2013-Fev/2014 | 1     | Cres. f.        | 653 (83%) | 845             | 879 (51%)       | -226                   | 643    | 321,5  |
| Total no ciclo    | 1     |                 | 791       | 1965            | 1718            | -927                   | 1645   | 822,5  |
| Fev-Abr/2014      | 2     | Cres. v.        | 109 (26%) | 467             | 499 (27%)       | -390                   | 458    | 229    |
| Mai-Set/2014      | 2     | Cres. v.        | 8 (2%)    | 668             | 733 (40%)       | -725                   | 905    | 452,5  |
| Out-Dez/2014      | 2     | Cres. f.        | 295 (72%) | 537             | 591 (32%)       | -296                   | 768    | 384    |
| Total no ciclo    | 2     |                 | 412       | 1672            | 1823            | -1411                  | 2131   | 1065,5 |

Cres. v. = Crescimento vegetativo; Cres. f. = Crescimento dos frutos

A umidade média do solo do lado irrigado das fileiras de plantas foi igual ou próxima do limite superior da água disponível em todos os tratamentos, enquanto do lado não irrigado a umidade média foi próxima ao limite superior da água disponível apenas no tratamento 1 (redução de 50% LIC com frequência de alternância do lado da fileira irrigado de 7 dias). No lado não irrigado da fileira de

plantas nos tratamentos com redução de 50% LIC a umidade média ficou próxima do limite inferior da água disponível para o tratamento T3 (frequência de alternância de 21 dias) e abaixo desse no tratamento T4 (com apenas um lado irrigado permanentemente). No tratamento com frequência de alternância de 14 dias a umidade média ficou em 49% da água disponível do solo (Tabela 4).

**Tabela 4.** Médias da umidade do solo de cada lado da fileira de plantas e médias dos dois lados para os tratamentos de secamento parcial da zona radicular da bananeira.

| Lado fileira de planta | T1      | T2      | T3      | T4      | T5      |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Em secamento           | 0,2124a | 0,1949a | 0,1705b | 0,0997b | 0,2091a |
| Irigado                | 0,2424a | 0,2002a | 0,2152a | 0,2252a | 0,2091a |
| Média dos lados        | 0,2274a | 0,1975b | 0,1928b | 0,1675c | 0,2092a |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância.

## 5.2 Crescimento, produtividade e eficiência de uso da água

No caso das variáveis de crescimento, as diferenças significativas ocorreram no segundo ciclo, não havendo diferença entre as médias no primeiro ciclo. No segundo ciclo, as médias de altura de plantas (ALTPLAN), diâmetro do

pseudocaule (DPCAULE) e área foliar (AFOLIAR) dos Tratamentos T1, T2 e T5 não diferiram entre si e foram superiores estatisticamente às médias dos tratamentos T3 e T4 (Tabela 5). No segundo ciclo da cultura no período seco do ano, de maio a setembro-outubro, além da precipitação quase nula no período, o déficit de pressão de vapor mensal foi mais alto, o que pode

ter influenciado no regime de absorção de água do solo das plantas submetidas aos tratamentos com maior redução de 50% da LIC, quando comparado às condições do primeiro ciclo. Esse fato foi agravado nos tratamentos com menor frequência de alternância do lado irrigado da fileira de planta, isto é, no tratamento T3 (21 dias de

frequência de alternância) e no T4, com 50% da LIC de um só lado da fileira de plantas. Nesses tratamentos a redução da absorção de água pelas raízes do lado não irrigado influenciou negativamente a altura de planta, diâmetro de pseudocaule e área foliar (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias das variáveis de crescimento da bananeira ‘Grand Naine’ número de folhas (NFOLHA), altura de planta (ALTPLAN, m), diâmetro do pseudocaule (DPCAULE, m) e área foliar (AFOLIAR, m<sup>2</sup>).

| Tratamentos | NFOLHA  |         | ALTPLAN |         | DPCAULE  |         | AFOLIAR |          |
|-------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|----------|
|             | Ciclo 1 | Ciclo 2 | Ciclo 1 | Ciclo 2 | Ciclo 1  | Ciclo 2 | Ciclo 1 | Ciclo 2  |
| T1          | 13,45 a | 13,88 a | 2,14 a  | 2,81 a  | 0,2060 a | 0,80 a  | 11,04 a | 15,56 a  |
| T2          | 14,09 a | 13,86 a | 2,17 a  | 2,79 a  | 0,2054 a | 0,79 a  | 11,34 a | 14,88 ab |
| T3          | 14,11 a | 13,24 a | 2,11 a  | 2,58 b  | 0,2106 a | 0,73 b  | 11,12 a | 13,88 b  |
| T4          | 13,61 a | 12,15 b | 2,03 a  | 2,46 b  | 0,1970 a | 0,69 b  | 10,12 a | 12,10 c  |
| T5          | 14,28 a | 14,01 a | 2,17 a  | 2,82 a  | 0,2094 a | 0,81 a  | 11,42 a | 15,46 a  |
| Méd. Geral  | 13,91   | 13,43   | 2,12    | 2,69    | 0,2056   | 0,76    | 11      | 14,37    |
| CV (%)      | 4       | 4,08    | 4,57    | 3,21    | 4,14     | 2,83    | 10,04   | 3,77     |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância. T1 - PRD 7 dias; T2 - PRD 14 dias; T3 - PRD 21 dias; T4 - déficit hídrico a 50% e T5 tratamento de controle.

A análise de variância não detectou efeito dos tratamentos para variável número de frutos (NFRUTO), peso médio de frutos (PESOM), comprimento (COMFR) e diâmetro de frutos (DIAMF) no primeiro ciclo (Tabela 6). O efeito dos tratamentos foi detectado apenas para produtividade de frutos (PPENCA), o que foi devido à diferença entre todos os tratamentos que não diferiram entre si e o tratamento 4, que teve a menor produtividade.

A menor produtividade do tratamento T4 no primeiro ciclo se deve ao menor número de frutos e ao menor peso médio de frutos (Tabela 6), possivelmente devido à ausência de alternância do lado irrigado e à redução da lâmina de irrigação de 50%. No segundo ciclo não houve efeito dos tratamentos na produtividade de pencas que variou de 46.80 a 53.28 t ha<sup>-1</sup>. Os tratamentos tiveram efeito apenas no

número e comprimento dos frutos (Tabela 6). As médias dessas variáveis para os tratamentos T5, T2 e T1 não diferiram entre si e foram superiores às médias dos tratamentos T3 e T4, sendo as menores médias verificadas no tratamento T4 (Tabela 6). Esses resultados são coerentes com os resultados das variáveis de crescimento das plantas: altura de plantas, diâmetro de pseudocaule e área foliar, que foram menores para os tratamentos T3 e T4. A redução das produtividades dos tratamentos T3 e T4 estão diretamente relacionadas à menor frequência de alternância do lado irrigado (T3 - 21 dias) e irrigação em apenas um lado da fileira de planta (T4), levando a uma menor disponibilidade hídrica do lado submetido ao secamento e, conseqüentemente, a uma menor taxa de absorção de água pelas raízes (COELHO et al., 2019).



**Tabela 6.** Médias das variáveis de produção da bananeira ‘Grand Naine’ produtividade de penca (PPENCA, t ha<sup>-1</sup>), número de frutos por cachos (NFRUTO), peso médio de frutos (PESOMED, g), comprimento médio de fruto (COMFR, cm) e diâmetro médio de frutos (DIAMFR, cm).

| Trat.  | PPENCA |       | NFRUTO |         | PESOMED |        | COMFR |        | DIAMFR |       |
|--------|--------|-------|--------|---------|---------|--------|-------|--------|--------|-------|
|        | Cic.1  | Cic.2 | Cic.1  | Cic.2   | Cic.1   | Cic.2  | Cic.1 | Cic.2  | Cic.1  | Cic.2 |
| T1     | 43,2a  | 49,1a | 124,0a | 158,0ab | 174,4a  | 169,2a | 23,5a | 24,4ab | 4,2a   | 4,1a  |
| T2     | 43,5a  | 53,3a | 123,6a | 164,8a  | 176,8a  | 169,9a | 23,6a | 24,3ab | 4,3a   | 3,8a  |
| T3     | 42,6a  | 50,2a | 131,0a | 150,0ab | 172,5a  | 165,2a | 23,8a | 23,3ab | 4,2a   | 4,0a  |
| T4     | 35,5b  | 48,2a | 112,8a | 139,2b  | 161,0a  | 161,1a | 22,4a | 22,9b  | 4,1a   | 4,00a |
| T5     | 46,9a  | 46,8a | 132,6a | 165,0a  | 177,0a  | 181,4a | 24,3a | 24,8a  | 4,2a   | 4,1a  |
| CV (%) | 7,26   | 11,06 | 9,36   | 7,47    | 5,94    | 6,37   | 4,64  | 4,1    | 2,71   | 3,39  |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância. T1 - PRD 7 dias; T2 - PRD 14 dias; T3 - PRD 21 dias; T4 - déficit hídrico a 50% e T5 tratamento de controle.

Cic. = Ciclo

Algumas análises de variância em relação à condutância estomática apresentaram efeito significativo dos tratamentos (Tabela 7). A análise de variância (data: 06/07/2014) não apresentou efeito significativo dos tratamentos na condutância estomática (gs) devido ao elevado coeficiente de variação (Tabela 7). As médias de gs foram maiores para o tratamento T5 (sem redução da LIC) e foram menores para os tratamentos T3 e T4 em três das quatro avaliações realizadas (Tabela 7). Santos et al. (2017) ao cultivarem a bananeira ‘BRS Princesa’ em condições semiáridas e sob PRD também observaram maiores reduções da

condutância estomática nas plantas irrigadas com 50% da ETc com irrigação fixa em um dos lados da planta, principalmente no período de maior estresse para a bananeira na região. A redução de 50% da LIC associada à frequência de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 21 dias e sem alternância do lado irrigado resultou em maior estresse hídrico do solo do lado sem irrigação (Tabela 4). Os maiores valores de gs estão relacionados à maior transpiração da cultura. A transpiração tem relação direta com a fotossíntese e esta, por sua vez com a produtividade (SANTOS et al., 2021).

**Tabela 7.** Valores médios da condutância estomática (gs) em mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> da bananeira ‘Grand Naine’ para diferentes períodos sob cinco tratamentos de irrigação.

| Tratamentos | Data       |            |            |            |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
|             | 06/07/2014 | 22/07/2014 | 24/07/2014 | 26/09/2014 |
| T1          | 228,5      | 191,2 bc   | 304,3 a    | 228,0 ab   |
| T2          | 266,2      | 257,0 ab   | 209,7 b    | 232,4 ab   |
| T3          | 164        | 57,0 d     | 48,7 c     | 125,7 b    |
| T4          | 52,7       | 111,8 cd   | 188,0 b    | 123,0 b    |
| T5          | 132        | 314,0 a    | 242,3 ab   | 308,5 a    |
| CV (%)      | 65,16      | 28,8       | 19,5       | 28,5       |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância. T1 - PRD 7 dias; T2 - PRD 14 dias; T3 - PRD 21 dias; T4 - déficit hídrico a 50% e T5 tratamento de controle.

A eficiência de uso da água (EUA) para os tratamentos com redução de 50% LIC e frequências de alternâncias dos lados da fileira irrigados de 7, 14 e 21 dias e com irrigação em um só lado da fileira de plantas não diferiram entre si e foram superiores às médias do tratamento sem redução da LIC (100% LIC). As médias da EUA da bananeira ‘Grand Naine’ nos tratamentos com redução de 50% LIC nos dois ciclos estiveram entre 45,78 kg mm<sup>-1</sup> e 60,9 kg mm<sup>-1</sup>, valores superiores às médias do tratamento sem redução da LIC (T5), que alcançou uma EUA de 41,74 kg mm<sup>-1</sup> no primeiro ciclo e 39,96 kg mm<sup>-1</sup> no

segundo ciclo (Tabela 8). No primeiro ciclo, a média da EUA do tratamento T5 não diferiu dos demais tratamentos e em valores absolutos foi inferior em 30 e 28% às médias de T1 e T2, respectivamente. Já no segundo ciclo as médias das EUA de T1 e T2 foram 28 e 33% maiores que a de T5 (Tabela 8). Essas informações associadas às produtividades médias desses tratamentos indicam que os tratamentos com redução de 50% da lâmina e frequências de alternâncias do lado irrigado da fileira de 7 e 14 dias apresentam os melhores desempenhos agrônômicos.

**Tabela 8.** Eficiência do uso de água (produtividade da água) em kg mm<sup>-1</sup> para os tratamentos de PRD nos dois ciclos da bananeira ‘Grand Naine’.

| Tratamentos               | 2013     | Tratamentos               | 2014     |
|---------------------------|----------|---------------------------|----------|
| T4- 50% LIC- Alt. 0 dias  | 60,90 a  | T4- 50% LIC- Alt. 0 dias  | 57,06 a  |
| T1- 50% LIC- Alt. 7 dias  | 59,46 a  | T1- 50% LIC- Alt. 7 dias  | 53,30 a  |
| T2- 50% LIC- Alt. 14 dias | 57,46 a  | T2- 50% LIC- Alt. 14 dias | 51,46 ab |
| T3- 50% LIC- Alt. 21 dias | 52,48 ab | T3- 50% LIC- Alt. 21 dias | 45,78 ab |
| T5- 100% LIC              | 41,74 b  | T5- 100% LIC              | 39,96 b  |
| CV (%)                    | 11,9     |                           | 12,7     |

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância.

Alt. = alternância

### 5.3 Qualidade de frutos na pós-colheita

Bananas ‘Grande Naine’ produzidas sob redução da lâmina de irrigação calculada em 50% com ou sem alternância do lado irrigado da fileira de plantas ou sob irrigação plena, não diferiram estatisticamente entre si, em relação às variáveis avaliadas no ponto de colheita ou quando maduras. Os valores médios de massa do buquê, da polpa, da casca, cor da casca, relação polpa/casca, sólidos solúveis, firmeza, acidez titulável, comprimento e diâmetro estão apresentados nas Tabelas 9 e 10. A massa do buquê de três frutos no ponto de colheita e maduros foi de 507,30 g e 437,29 g, respectivamente, com redução de 13,8 % do peso inicial (Tabela 9). A perda de massa fresca é comum durante o amadurecimento da banana e é influenciada

pela temperatura e umidade de armazenamento, fatores bióticos e abióticos. Segundo Sarmiento et al. (2015), a perda de massa fresca ocorre pelo consumo de nutrientes no próprio metabolismo e principalmente pela perda de água ocasionada pelos processos de transpiração e devido à diferença de pressão entre a fruta e o meio ambiente. No entanto, o ganho de peso observado na polpa (Tabela 9), deve-se à provável hidratação promovida pela perda de água da casca, não só para a polpa, mas também para o ambiente. De acordo com Matsuura e Folegatti (2001) os açúcares da polpa aumentam mais rapidamente durante o amadurecimento em relação aos da casca, contribuindo para mudança diferencial na pressão osmótica, levando a absorção de água pela polpa.

A massa da casca, por sua vez, foi reduzida em 35,3% nos frutos maduros em relação ao peso da casca dos frutos no ponto de colheita (Tabela 9), evidenciando a desidratação da mesma. A relação polpa/casca reflete a tendência oposta de ganho de massa na polpa e perda na casca, e aumenta nos frutos maduros. Esta relação interfere principalmente no rendimento da fruta para a indústria, sendo conhecida como "coeficiente de amadurecimento",

considerado um índice de maturidade (MATSUURA; FOLEGATTI, 2001). A coloração da casca dos frutos está representada na Tabela 9 pelos parâmetros °hue, L e C. Entre o ponto de colheita até que os frutos estivessem maduros, a redução do °hue indica o desverdecimento, com aumento de luminosidade (L), já que a tonalidade amarela é mais clara que a verde e da intensidade da cor, com maiores valores de croma (C).

**Tabela 9.** Médias das variáveis avaliadas em bananas ‘Grand Naine’ no ponto de colheita e maduras produzidas sob secamento parcial radicular.

| <b>Bananas ‘Grand Naine’ no ponto de colheita</b> |                                       |                                       |          |          |             |                    |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|----------|----------|-------------|--------------------|
| <b>Massa<sup>1</sup> do buquê (g)</b>             | <b>Massa<sup>1</sup> da polpa (g)</b> | <b>Massa<sup>1</sup> da casca (g)</b> | <b>L</b> | <b>C</b> | <b>°hue</b> | <b>Polpa/Casca</b> |
| 507,30  | 288,30                                | 213,99                                | 56,33    | 41,59    | 119,27      | 1,36               |
| <b>Bananas ‘Grand Naine’ maduras</b>              |                                       |                                       |          |          |             |                    |
| 437,29  | 309,06                                | 138,48                                | 68,35    | 50,47    | 95,36       | 2,39               |

<sup>1</sup>Massa de três frutos; L = Luminosidade e C = Croma.

Os valores de sólidos solúveis, firmeza, acidez titulável dos frutos no ponto de colheita e maduros, assim como o comprimento e diâmetro no ponto de colheita estão apresentados na Tabela 10. Tanto os sólidos solúveis quanto a acidez titulável aumentaram nos frutos maduros em relação àqueles no ponto de colheita. O teor de sólidos solúveis dos frutos maduros está próximo àquele verificado por Nobre et al. (2018) para banana ‘Nanica’ que também pertence ao subgrupo Cavendish, como a ‘Grande Naine’, estando na faixa 7,62 a 7,72° Brix, a depender da condição de armazenamento. Segundo os autores o aumento no conteúdo de sólidos solúveis totais durante a maturação é atribuído principalmente à hidrólise dos carboidratos de reserva acumulados durante o crescimento do fruto na planta. A tendência de aumento da acidez titulável com a maturação é comum em bananas, sendo também verificada por Matsuura e Folegatti (2001).

Para a firmeza, ocorreu grande redução nos frutos maduros em relação àqueles no ponto de colheita, conforme apresentado na Tabela 10. No ponto de colheita as bananas apresentaram o valor de 37,94 N e quando maduras a firmeza reduziu para 3,49 N. Naturalmente, ocorre redução da firmeza com o amadurecimento devido à ação de enzimas degradadoras da parede celular que têm sua atividade aumentada ou ativada nesta fase do desenvolvimento. Segundo Mohapatra et al. (2011), o amaciamento de frutas também pode estar associado ao aumento da umidade da polpa devido às trocas osmóticas com a casca, resultando na perda de turgescência. Além da hidrólise do amido e solubilização de substâncias pécticas na parede celular.

Com base nas normas de classificação da CEAGESP (PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 2006), os frutos (Tabela 10) estão na categoria extra,

pois apresentaram diâmetro superior a 32 mm que é exigido para a classificação nesta

categoria, e na classe 18, que compreende comprimento >18 cm até 22 cm.

**Tabela 10.** Médias das variáveis avaliadas em bananas ‘Grand Naine’ no ponto de colheita e maduras produzidas sob secamento parcial do sistema radicular.

| <b>Bananas ‘Grand Naine’ no ponto de colheita</b> |                        |                                    |                             |                          |
|---|------------------------|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| <b>Sólidos solúveis<br/>(°Brix)</b>               | <b>Firmeza<br/>(N)</b> | <b>Acidez (% ácido<br/>málico)</b> | <b>Comprimento<br/>(cm)</b> | <b>Diâmetro<br/>(mm)</b> |
| 0,91  | 37,94                  | 0,19                               | 21,90                       | 39,98                    |
| <b>Bananas ‘Grand Naine’ maduras</b>              |                        |                                    |                             |                          |
| 7,85  | 3,49                   | 0,41                               | -                           | -                        |

## 6 CONCLUSÕES

O uso do manejo da água de irrigação pelo secamento parcial da zona radicular é viável para a bananeira cultivar ‘Grand Naine’ com redução de 50% do volume ou lâmina total de irrigação com frequências de alternância do lado irrigado da fileira de plantas de 7 e 14 dias.

Os tratamentos com redução de 50% da lâmina e frequências de alternâncias do

lado irrigado da fileira de 7 e 14 dias apresentaram os melhores desempenhos agrônômicos.

Os frutos da bananeira ‘Grand Naine’ no ponto de colheita ou maduros não tiveram a qualidade comprometida em função da redução de 50% do volume ou lâmina de irrigação associado às frequências de 7, 14 e 21 dias de mudança do lado irrigado da fileira de plantas durante o ciclo da cultura.

## 7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas irrigação: Uso da água na agricultura irrigada.** Brasília, DF: ANA, 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>. Acessado em 10 out. 2020.

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 root-zone drying irrigation on banana crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 76, n. 5, p. 362-367, 2019.

COELHO, E. F.; SILVA, A. J. P.; MAROUELLI, W. A.; COSTA, S. F. Manejo da água de irrigação. In: COELHO, E. F. (org.). **Irrigação da bananeira.** 1. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. v. 1, p. 196-278.

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.

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.

EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T.; MINX J. C. (ed.). **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2014.

EL-SADEK, A. Water use optimization based on the concept of partial root zone drying. **Ain Shams Engineering Journal**, Cairo, v. 5, n. 1, p. 55-62, 2014.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

FERERES, E. Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. *In*: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE MICROIRRIGACIÓN, 4., 1981, Barquisimeto. **Memorias** [...]. Barquisimeto: IICA, 1981. p. 23-30.

HACKMANN, R. F.; OLIVEIRA, L. C.; BARBIERI, M. G. Banana. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 18, n. 196, p. 33-34, jan. 2020. Edição especial.

MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. **Banana: Pós-Colheita**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2001.

MOHAPATRA, D.; MISHRA, S.; SINGH, C. B.; JAYAS, D. S. Post-harvest processing of banana: opportunities and challenges. **Food and Bioprocess Technology**, New York, v. 4, n. 3, p. 327-339, 2011.

NOBRE, R. C. G. G.; LUCENA, E. M. P.; GOMES, J. P.; ARAÚJO, D. R.; QUIRINO, D. J. G. Post-harvest quality of bananas Prata-anã and Nanica after application of exogenous ethylene in maturation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 5, p. e-904, 2018.

PÉREZ-PÉREZ, J. G.; NAVARROA, J. M.; ROBLES, J. M.; DODD, I. C. Prolonged drying cycles stimulate ABA accumulation in *Citrus Macrophylla* seed lings exposed to partial rootzone drying. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 210, n. 30, p. 271-278, 2018.

PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA E PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).

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**, Amsterdam, v. 243, n. 106421, p. 1-11, 2021.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, P. M. Gas exchange in ‘BRS Princesa’ banana (*Musa* spp.) under partial rootzone drying irrigation in the north of Minas Gerais, Brazil. **Acta Agronômica**, Palmira, v. 66, n. 3, p. 378-384, 2017.

SARMENTO, D. H. A.; SOUZA, P. A.; SARMENTO, J. D. A.; FREITAS, R. V. S.; SALGADO FILHO, M. Armazenamento de banana ‘Prata catarina’ sob temperatura ambiente recobertas com fécula de mandioca e PVC. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 235-241, 2015.

ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (coord.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em:  
[http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016\\_3\\_19/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf). Acesso em: 15 out. 2020.

ZUCOLOTO, M.; LIMA, J. S. S.; COELHO, R. I. Modelo matemático para estimativa de área foliar total de bananeira ‘Prata-anã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 1152-1154, 2008.