



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA - PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

IZAIAS ROMARIO SOARES DO NASCIMENTO

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E POLÍMERO HIDRORETENTOR NO
CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL**

**AREIA – PB
2019**

IZAIAS ROMARIO SOARES DO NASCIMENTO

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E POLÍMERO HIDRORETENTOR NO
CRESCIMENTO E FISIOLOGIA DE ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça

Coorientador: Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante

**AREIA – PB
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N2441 Nascimento, Izaias Romario Soares do.

Lâminas de irrigação e polímero hidroretentor no crescimento e fisiologia de abacaxizeiro cv. Imperial / Izaias Romario Soares do Nascimento. - Areia, 2019.

51 f. : il.

Orientação: Rejane Maria Nunes Mendonça.

Coorientação: Lourival Ferreira Cavalcante.

Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Ananas comosus var. comosus. 2. Estresse hídrico. 3. Trocas gasosas. I. Mendonça, Rejane Maria Nunes. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

IZAIAS ROMARIO SOARES DO NASCIMENTO

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO E POLÍMERO HIDRORETENTOR NO CRESCIMENTO E
FISIOLOGIA DE ABACAXIZEIRO CV. IMPERIAL

Trabalho de graduação apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro
de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da
Paraíba, em cumprimento às exigências para
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 29 / 10 / 2019

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dra. Rejane Maria Nunes Mendonça (Orientadora)
DFCA/CCA/UFPB


Dr. Francisco Thiago Coelho Bezerra
PDJ/CNPq/PPGAgro/UFPB


Msc. Fábio Araújo dos Santos
Msc. Agronomia

DEDICATÓRIA

*Dedico essa conquista aos meus
pais, que sempre me apoiaram e
nunca perderam a fé nos meus
sonhos!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, paciência e coragem para continuar lutando.

Aos meus pais, Francisco João do Nascimento e Maria Aparecida Soares do Nascimento por serem sempre minhas referências de caráter e perseverança.

Aos meus irmãos, Maria do Socorro, Israel Francisco e Irismar Aparecida, pelo companheirismo, cumplicidade e incentivo durante toda minha vida.

A toda minha família, pela atenção, apoio e ensinamentos que levo para toda a vida, em especial a minhas tias Francisca, Joana, Hermina e Cícera (In memoriam).

A minha querida Edileide Natália, por todo apoio, afeto e incentivo nas horas que mais precisei.

Aos amigos/irmãos que fiz durante minha jornada no curso técnico, Igor, Eduardo, Cícero, Guilherme, João Kleber, José Dilson, Joaquim, Betim e tantos outros, foi com vocês que amadureci e tive bons momentos em uma das fases mais importantes para minha vida.

Aos professores que tive durante toda minha trajetória até o ensino técnico, em especial a Luiz Moreira, que foi muito mais que um professor, um pai.

Ao Centro de Ciência Agrárias da UFPB e toda sua equipe de colaboradores pela oportunidade.

A Prof.^a Dr.^a Rejane Maria Nunes Mendonça por toda orientação acadêmica e conselhos, que sem dúvidas contribuíram para a formação do meu profissionalismo. É para mim um exemplo de pessoa e profissional.

Aos membros da Banca Examinadora, Dr. Francisco Thiago e MSc. Fábio Santos, pelas contribuições valiosas para melhoria desse trabalho.

Aos professores, Jacinto Batista, Walter Esfrain, Péricles Farias, Márcia Verônica e Fernanda Melo pela oportunidade de ter recebido suas orientações.

A saudosa turma 2015.1 do curso de Agronomia, que agrega pessoas dos mais diferentes gostos e personalidades, mas com o mesmo intuito de serem grandes profissionais. Edileide, André, Maurício, Paulo, Victor, João, Mateus, Nohana, Verônica, Mariana, Priscila, Bruno, Diego, Felipe, Letícia e Airton, cada um contribuiu para a formação da minha personalidade pessoal e profissional. Obrigado pela cumplicidade, ajuda e boas histórias. Jamais me esquecerei de vocês.

Ao Programa de Educação Tutorial (PET AgroBio), ao qual agradeço na pessoa do professor Jacinto, pela oportunidade de fazer parte dessa equipe que muito me ajudou e contribuiu para minha formação.

Aos colegas petianos e egressos, Paulo, Denis, Maciel, Daniele, Leticia, Victor, Nilmara, Leilson, Tayne, Chico, Davi, David, Uanderson, Pricila, Thais, Manuela, Walber, Laércio e Marcelino. Vocês são espetacular.

A toda equipe do Laboratório de Fruticultura, Jandira, Seu Josa, Wilma, Fábio, Fabiano, Mateus, Rafael e demais, obrigado por toda ajuda.

Aos amigos que fiz no CCA durante toda minha graduação, não ousarei citar nomes para não correr o risco de esquecer algum, mas agradeço a todos vocês que contribuíram com minha trajetória.

A todos aqueles que não foram citados mas que de alguma forma contribuíram com essa conquista.

RESUMO

O abacaxizeiro é uma das frutíferas mais cultivadas no mundo, em que o Brasil se apresenta em destaque no cenário internacional de produção de abacaxi. Uma das etapas mais importantes no cultivo de abacaxizeiro é a produção de mudas, necessitando de pesquisas quanto ao manejo hídrico nessa fase e formas de otimizar o consumo de água, algo buscado em toda atividade agrícola no cenário atual, e o hidrogel pode ser uma forma de se alcançar esse objetivo. Diante do exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o crescimento e aspectos fisiológicos em mudas de abacaxizeiro obtidas por seccionamento de caule submetidas a lâminas de irrigação e volumes de hidrogel no substrato. O experimento foi conduzido em ambiente telado no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba. Os tratamentos foram obtidos do arranjo fatorial 4x4 entre lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação) e volumes de hidrogel (0, 10, 25 e 35 ml), e para as variáveis altura de planta, diâmetro da roseta e número de folhas o arranjo foi 4x4x4, pois além dos fatores anteriormente citados, houve avaliações aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplantio (DAT). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições e duas plantas por parcela. As variáveis de crescimento avaliadas foram: altura de planta, diâmetro da roseta, número de folhas, área foliar, massa seca da raiz e parte aérea e a relação entre essas, em que excetuando as três primeiras que foram feitas avaliações repetidas no tempo, as avaliações foram feitas as 120 DAT. Aspectos fisiológicos: índices de clorofila *a*, *b* e total, fluorescência inicial, máxima e eficiência quântica do fotossistema II, concentração interna de gás carbônico, condutância estomática, transpiração e assimilação líquida de gás carbônico. O aumento da lâmina de irrigação favoreceu as variáveis de crescimento, exceto para massa seca de raiz, pois a lâmina de 66% foi a que permitiu maiores valores para essa variável. O aumento do volume de hidrogel favoreceu a clorofila *a*, enquanto as clorofilas *b* e total não foram influenciadas, mas tiveram aumento com uso da lâmina de 40%. Quanto a fluorescência, apenas a fluorescência máxima foi favorecida pela lâmina de 70% e as demais variáveis não foram significativas. Tanto o hidrogel quanto a lâmina não influenciaram nas trocas gasosas de mudas de abacaxizeiro.

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*; Estresse hídrico; Trocas gasosas.

ABSTRACT

Pineapple is one of the most cultivated fruit in the world, where Brazil stands out in the international scenario of pineapple production. One of the most important steps in the cultivation of pineapple is the production of seedlings, requiring research on water management at this stage and ways to optimize water consumption, something sought in all agricultural activity in the current scenario, and hydrogel can be a form. to achieve this goal. Given the above, the objective of this study was to evaluate the growth and physiological aspects of pineapple seedlings obtained by stem sectioning submitted to irrigation depths and hydrogel volumes in the substrate. The experiment was conducted in a screened environment in the fruit nursery of the Department of Phytotechnics and Environmental Sciences of the Federal University of Paraíba. The treatments were obtained from the 4x4 factorial arrangement between irrigation depths (10, 40, 70 and 100% of evaporation) and hydrogel volumes (0, 10, 25 and 35 ml), and for the variables plant height, rosette diameter. and number of leaves the arrangement was 4x4x4, because in addition to the factors previously mentioned, there were evaluations at 30, 60, 90 and 120 days after transplantation (DAT). The experimental design was a randomized block design with three replications and two plants per plot. The growth variables evaluated were: plant height, rosette diameter, number of leaves, leaf area, root and shoot dry mass and the relationship between them, except for the first three that were repeated in time. Evaluations were made at 120 DAT. Physiological aspects: chlorophyll *a*, *b* and total indices, initial fluorescence, maximum and quantum efficiency of photosystem II, internal carbon dioxide concentration, stomatal conductance, transpiration and liquid carbon dioxide assimilation. The increase of the irrigation depth favored the growth variables, except for root dry mass, because the 66% depth allowed the highest values for this variable. The increase in hydrogel volume favored chlorophyll *a*, while *b* and total chlorophylls were not influenced, but had an increase of 40% with the depth. Regarding fluorescence, only the maximum fluorescence was favored by the 70% depth and the other variables were not significant. Both the hydrogel and the depth did not influence the gas exchange of pineapple seedlings.

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*; Hydrical stress; Gas exchange.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	9
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPÍTULO I	13
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4. CONCLUSÕES	24
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO II	27
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4. CONCLUSÕES	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
CAPÍTULO III	40
1. INTRODUÇÃO.....	43
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4. CONCLUSÕES	48
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

1. INTRODUÇÃO GERAL

O abacaxizeiro (*Ananas comosus*) é originário das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, Norte da Argentina e Paraguai (COLLINS, 1960), cuja domesticação do *A. comosus* var. *comosus*, que é utilizado na fruticultura, parece ter ocorrido a partir de seleção de clones com acidez moderada na Guiana (CRESTANI et al., 2010). Espécie da família Bromeliaceae, é o seu membro mais importante economicamente, principalmente em muitos países tropicais, mesmo havendo na família diversas espécies ornamentais (LEAL, 1995; BE; DEBERGH, 2006).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de abacaxi, com uma área colhida de 71.553 hectares, a quantidade produzida em 2018 foi de 1.766.986 mil frutos, dessa forma a produtividade nacional foi de 24,70 mil frutos por hectare. O estado da Paraíba foi o segundo produtor nacional em 2018 e sua produção foi de 334.880 mil frutos (IBGE, 2018).

A propagação comercial dessa frutífera se dá por meio vegetativo, com mudas convencionais (filhote, filhote-rebentão e rebentão), dessa forma, a qualidade do material influencia de forma preponderante a sanidade, o desenvolvimento e a produtividade das plantas (SOUZA et al., 2013). Uma alternativa para maior qualidade fitossanitária das mudas é a utilização do método de seccionamento de caule (BEZERRA, 2018).

Além da qualidade do material utilizado para a produção de mudas, deve-se dá a importância para o manejo hídrico, pois o déficit ou excesso de água pode limitar o desenvolvimento da muda. A aplicação de água em excesso pode ocasionar lixiviação de nutrientes, prolongar o tempo para desenvolvimento das mudas e é um custo a mais com energia, equipamentos e mão de obra (CARVALHO et al., 2013). Na região Nordeste onde a água é um fator limitante, o estresse hídrico é um dos principais problemas da produção agrícola.

Diversos trabalhos vêm sendo desenvolvidos visando otimizar o manejo hídrico na produção de mudas, o uso de hidrogel tem se mostrado promissor, com o intuito de aumentar a eficiência no consumo de água e diminuir as frequências de irrigação.

Os polímeros hidrogeis, também chamados de polímeros hidroretentores, hidroabsorventes, superabsorventes ou hidrofílicos são capazes de absorver grandes quantidades de água, centenas de vezes à sua massa (FAGUNDES et al., 2014), essa particularidade permite que esses quando adicionados ao solo, absorvam a água, armazenem e forneçam gradativamente as plantas conforme a mudança de umidade do solo, melhorando

assim a capacidade de armazenamento de água no solo e disponibilização para as culturas (NAVAROSKI et al., 2015).

Os polímeros hidrogéis vêm sendo objeto de diversas pesquisas nos últimos anos, visando solucionar problemas relacionados à regularidade da disponibilidade de água no solo (ZONTA et al., 2009; DRANSKI et al., 2013; FERNANDES et al., 2015). Alguns desses trabalhos com resultados satisfatórios, Navaroski et al. (2016) observaram melhoria nos atributos físicos e químicos de substrato para produção de mudas florestais a partir da incorporação de doses acima de 1,5g de hidrogel por litro de substrato; Fagundes et al. (2014) concluíram que a adição de polímero hidrogel ao substrato na dose de 0,4 g por recipiente de 50 ml, favoreceu o crescimento precoce de porta-enxertos de citros. Nascimento Neto (2017) concluiu que o polímero hidroabsorvente na dose de 0,6 g dm⁻³ favoreceu o crescimento e a qualidade das mudas de mamoeiro mesmo com diminuição da frequência de irrigação.

Mendonça et al. (2017) trabalhando incorporação de hidrogel no substrato para a aclimação de mudas de abacaxizeiro micropropagadas concluiu que os cultivares Vitória e Imperial obtiveram maior massa seca de raiz a partir do uso do hidrogel na dose de 2 g por litro de substrato. Diante das propriedades promissoras desses produtos e dos resultados satisfatórios de algumas pesquisas, é necessário pesquisas que busquem a melhor forma de aplicação, doses/volumes e a eficiência para as culturas.

Como o método de seccionamento de caule ainda não é amplamente difundido nas regiões produtoras e como explicitado anteriormente, a sua utilização tem grande potencial para melhoria na qualidade das mudas, é de suma importância pesquisas quanto ao manejo hídrico nesse processo e não há na literatura.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BE, L. V.; DEBERGH, P. C. Potential low-cost micropropagation of pineapple (*Ananas comosus*). **South African Journal of Botany**, v.72, p.191-194, 2006.
- BEZERRA, F. S. **Crescimento de brotações do abacaxizeiro ‘vitória’ pelo método de seccionamento de caule em diferentes ambientes de cultivo**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, 2018.
- CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.2, p.518-526, 2013.
- COLLINS, J. L. **The pineapple, botany, utilization, cultivation**. New York: Interscience Publishers, 294 p., 1960.
- CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; HAWERROTH, F. J.; CARVALHO, F. I. F. D.; OLIVEIRA, A. C. D. Das Américas para o Mundo - origem, domesticação e dispersão do abacaxizeiro. **Ciência Rural**, v.40, n.6, p.1473-1483, 2010.
- DRANSKI, J. A. L.; PINTO JUNIOR, A. S.; CAMPAGNOLO, M. A.; MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537-542, 2013.
- FAGUNDES, M. C. P.; CAMILO, S. S.; SOARES, B. C.; CRUZ, L. I. B.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. E. M. Hydrogel polymer in emergency and early growth of citrus rootstocks. **African Journal of Agricultural Research**, v.9, n.35, p.2681-2686, 2014.
- FERNANDES, D. A.; ARAUJO, M. M. V.; CAMILI, E. C. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. **Revista de Agricultura**, v.90, n.3, p. 229-236, 2015.
- IBGE. Produção agrícola municipal 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 15 maio de 2019.
- LEAL, F. **Pineapple – Ananas comosus (Bromeliaceae)**. In: SMARTT, J.; SIMMONDS, N. W. **Evolution of crop plants**. Nova York: Longman Singapore, p.19-22, 1995.
- NASCIMENTO NETO, E. C. **Morfofisiologia de mamoeiro sob frequência de irrigação com água salina, em substratos com hidrogel**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, 2017.
- NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; PEREIRA, M. O.; FIOR, C. S. Influência do polímero hidroretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. **Interciencia**, v.41, n.5, p.357-361, 2016.
- NAVROSKI, M. C.; ARAUJO, M. M.; REINIGER, L. R. S.; MUNIZ, M. B. M.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, v.45, p.315-328, 2015.

MENDONÇA, V.; MENDONÇA, L. F. M.; PEREIRA, E. C.; LEITE, G. A.; COSTA, J. M.; MEDEIROS, F. M. C. The growth and nutrition of pineapple (*Ananas comosus* L.) plantlets under different water retention regimes and manure. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 21, p. 1852-1860, 2017.

SOUZA, F.V.D.; SOUZA, A.S.; SANTOS-SEREJO, J.A.; SOUZA, E.H.; JUNGHANS, T.G.; SILVA, M.J. **Micropropagação do Abacaxizeiro e Outras Bromeliáceas**. In: JUNGHANS, T.G.; SOUZA, A.S. (Eds.), **Aspectos Práticos da Micropropagação de Plantas** (2 ed.), EMBRAPA, DF, p. 188 -218, 2013.

ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; REIS, E. F. DOS; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* PIERRE). **IDESIA**, v. 27, n.3, p. 29-34, 2009.

CAPÍTULO I

Lâminas de irrigação e hidrogel no crescimento de mudas de abacaxizeiro cv. Imperial

RESUMO

Para expansão da cultura do abacaxizeiro é necessário a disponibilidade de mudas sadias e de qualidade, devendo ser dada importância ao manejo hídrico para obtenção dessas, buscando sempre melhorar a eficiência no uso da água. Diante do exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o crescimento de mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob lâminas de irrigação e volumes de hidrogel. O experimento foi conduzido em ambiente telado no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba. Os tratamentos foram obtidos do arranjo fatorial 4x4 entre lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação) e volumes de hidrogel (0, 10, 25 e 35 ml), e para as variáveis altura de planta, diâmetro da roseta e número de folhas o arranjo foi 4x4x4, pois além dos fatores anteriormente citados, houve avaliações aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplante (DAT). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições e duas plantas por parcela. As variáveis de crescimento avaliadas foram: altura de planta, diâmetro da roseta, número de folhas, área foliar, matéria seca da raiz e parte aérea e a relação entre essas, em que excetuando as três primeiras que foram feitas avaliações repetidas no tempo, as avaliações foram feitas as 120 DAT. O aumento da lâmina de irrigação favoreceu a altura de plantas, o diâmetro da roseta, número de folhas, área foliar e MSPA, para MSR a lâmina de 64% foi a que teve melhor resultado e propiciou ganho de 371,43% em relação a lâmina de 10% de reposição hídrica. A utilização de hidrogel não interferiu nas variáveis de crescimento das mudas de abacaxizeiro cv. Imperial e a diminuição das lâminas de irrigação compromete o desenvolvimento das plantas.

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*; Estresse hídrico; Seccionamento de caule.

ABSTRACT

For the expansion of pineapple crop, the availability of healthy and quality seedlings should be given, and importance should be given to water management to obtain them, always seeking to improve water use efficiency. Given the above, this study aimed to evaluate the growth of pineapple cv. Imperial under irrigation blades and hydrogel volumes. The experiment was conducted in a screened environment in the fruit nursery of the Department of Phytotechnics and Environmental Sciences of the Federal University of Paraíba. The treatments were obtained from the 4x4 factorial arrangement between irrigation depths (10, 40, 70 and 100% of evaporation) and hydrogel volumes (0, 10, 25 and 35 ml), and for the variables plant height, rosette diameter, and number of leaves the arrangement was 4x4x4, because in addition to the factors previously mentioned, there were evaluations at 30, 60, 90 and 120 days after transplantation (DAT). The experimental design was a randomized block design with three replications and two plants per plot. The growth variables evaluated were: plant height, rosette diameter, leaf number, leaf area, root and shoot dry matter and the relationship between them, except for the first three that were repeated in time, evaluations were made at 120 DAT. The increase in irrigation depth favored plant height, rosette diameter, leaf number, leaf area and MSPA, for MSR the 64% depth had the best result and provided 371.43% gain over 10% water replacement depth. The use of hydrogel did not affect the growth variables of pineapple cv. Imperial and the decrease in irrigation depths compromises plant development.

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*; Hydrical stress; Stem sectioning.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de abacaxi, ficando atrás apenas da Costa Rica e Filipinas (FAOFAST, 2017), em 2018 a área colhida no país com a cultura do abacaxizeiro foi de 71.553 hectares, atingindo um volume de produção de 1.766.986 mil frutos e uma produtividade de 24,70 mil frutos por hectare (IBGE, 2018). Para o mesmo ano, a região Nordeste foi a que obteve a segunda maior produção nacional, se destacando nessa, o estado da Paraíba, como segundo maior produtor nacional, com uma produção de 334.880 mil frutos (IBGE, 2018).

As cultivares de abacaxizeiro mais cultivadas no Brasil são a ‘Pérola’ e a ‘Smooth Cayenne’, ambas susceptíveis a fusariose, principal doença para a cultura (CAETANO et al., 2015), o que dificulta a expansão da atividade. Dessa forma, torna-se necessário a implantação de áreas com novas variedades resistentes, como a cultivar Imperial, que possui resistência a fusariose, para plantio em regiões onde a doença é fator limitante para produção e além disso possui ótimas características organolépticas e não apresenta espinhos nas bordas das folhas, facilitando o manejo (CABRAL; MATOS, 2005).

A disponibilidade de genótipos resistentes à fusariose, por si só, não garante a expansão para a abacaxicultura (CAETANO et al., 2015), pois ainda é necessário a disponibilidade de mudas sadias e com padrão de qualidade morfológico. Nesse contexto, a técnica de seccionamento de caule é bastante promissora para a obtenção de mudas, pois permite a produção de mudas o ano todo e é uma alternativa mais barata que a micropropagação (OLIVEIRA, 2016).

Na produção de mudas deve-se dar importância não somente ao material utilizado, mas também para os demais tratamentos culturais; dentre esses, o manejo hídrico é de suma importância, pois se adequado pode garantir a qualidade das mudas e, em alguns casos, melhorar a eficiência no uso da água (CARVALHO et al., 2013), além de reduzir o tempo para obtenção das mudas em padrão comercial. Uma das formas de melhorar a eficiência no uso da água e garantir o desenvolvimento das mudas é o uso de hidrogel, como observado por Carvalho et al. (2013), que com a incorporação de hidrogel no substrato reduziu a frequência de irrigação e antecipou a formação das mudas de maracujazeiro.

Os polímeros hidrogeis, também conhecidos como polímeros hidroabsorventes, hidrorretentores ou superabsorventes, devido a constituição do seu material formado por redes poliméricas hidrofílicas química ou fisicamente reticuladas, são capazes de absorver e reter

grande quantidade de água, que é distribuída gradativamente conforme as condições do substrato em que esses estejam (BRITO et al., 2013).

Diante do exposto, objetivou-se no presente estudo avaliar o crescimento de mudas de abacaxizeiro cv. Imperial submetidas a lâminas de irrigação e volumes de hidrogel no substrato.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias, Campus II da UFPB, localizado no município de Areia – PB, no período de agosto a dezembro de 2018, com temperaturas mínima e máxima durante o experimento de 19 e 44°C, respectivamente.

O solo utilizado como substrato foi coletado nos primeiros 20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), no viveiro de Fruticultura do CCA/UFPB, Areia – PB. Antes da instalação do experimento foram analisadas as características químicas (fertilidade) e físicas do solo utilizado como substrato (Tabela 1), as análises foram feitas conforme Donagema et al. (2011).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo coletado na camada de 0 -20 cm, utilizado como substrato. Areia, PB, 2018

Atributos Químicos	Valores	Atributos Físicos	Valores
pH em água	4,8	Areia (g kg ⁻¹)	705
P (mg dm ⁻³)	1,95	Silte (g kg ⁻¹)	103
K ⁺ (mg dm ⁻³)	48,24	Argila (g kg ⁻¹)	192
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,64	Argila dispersa (g kg ⁻¹)	26
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	1,03	Grau de flocculação (kg dm ⁻³)	865
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05	Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,27
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	6,40	Densidade de partícula (kg dm ⁻³)	2,63
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,80	Porosidade (m ³ m ⁻³)	0,53
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,84	CC 0,33 Mpa (g kg ⁻¹)	134
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,25	PMP 1,50 Mpa (g kg ⁻¹)	96
M.O. (g Kg ⁻¹)	20,69	Classe Textural	Franco Arenosa

SB = Soma de bases, SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺; CTC = Capacidade de troca catiônica, CTC = SB + (H⁺ + Al³⁺); M.O.= Matéria Orgânica.

Antes da instalação do experimento foi feita aplicação de calcário dolomítico no solo utilizado como substrato, deixando reagir por 45 dias, com finalidade de diminuir a acidez do solo e aumento do teor de cálcio.

Os tratamentos foram obtidos do arranjo fatorial 4x4 entre lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação) e volumes de hidrogel (0, 10, 25 e 35 ml), e para as variáveis altura de planta, diâmetro da roseta e número de folhas o arranjo foi 4x4x4, pois além dos fatores anteriormente citados, houve avaliações repetidas no tempo (30, 60, 90 e 120 dias após o

transplântio). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições e duas plantas por parcela.

As mudas de abacaxizeiro da cv. Imperial utilizadas foram obtidas por meio de seccionamento do caule, sendo transplantadas com 10-12 cm, após 30 dias de enraizamento em tubetes e 30 dias de aclimação, para vasos na capacidade de 3 dm³ contendo como substrato apenas o solo anteriormente descrito. Nos vasos em que os tratamentos foram compostos com hidrogel, esse foi colocado no orifício em que as mudas foram transplantadas, adicionando por vaso os volumes dos respectivos tratamentos.

Os níveis de N, P₂O₅ e K₂O do solo foram elevados para 100, 300 e 200 mg.dm⁻³ (NOVAIS et al., 1991), em que a adubação foi feita via fertirrigação, onde a adubação fosfatada foi aplicada em única vez aos 10 DAT e as nitrogenada e potássica foram parceladas em duas vezes, aos 10 e 40 DAT. As fontes utilizadas foram ureia (45%N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e sulfato de potássio (50% K₂O).

Durante os cinco primeiros dias, os vasos foram mantidos próximos a capacidade de campo; após esse período, as plantas receberam as lâminas diárias conforme seus respectivos tratamentos. O cálculo das lâminas de irrigação foi feito com base na evaporação de mini tanque de evaporação elaborado conforme Pereira et al. (2007), com diâmetro de 60 cm e altura de 25 cm. Para obter a lâmina de irrigação de cada tratamento, foi usada a equação a seguir:

$$Lam = Ev \times L / 100 \quad (1)$$

Onde: Lam = Lâmina de irrigação a ser aplicada em cada tratamento (mm); Ev = evaporação no mini tanque (mm); L = Porcentagem da lâmina de irrigação de acordo com cada tratamento.

Aos 30, 60, 90 e 120 DAT foram avaliadas: altura de planta (cm), com régua milimétrica, considerando do colo da planta ao ápice da folha mais desenvolvida; diâmetro da roseta foliar (cm), com régua milimétrica, considerando a maior distância entre folhas opostas; número de folhas, a partir da contagem das folhas fotossinteticamente ativas, considerando aquelas com 50% de seu limbo na cor verde.

Aos 120 dias após o transplântio foi realizada análise de área foliar (cm²), em que as folhas foram escaneadas em uma impressora juntamente com um referencial de área conhecido (1 cm²), após isso foram coloridas com auxílio do programa ImageJ, onde a área das folhas, obtida em byts foi convertida para cm² com auxílio do referencial de área conhecida. Também aos 120 dias após o transplântio, as plantas foram separadas em parte aérea e raiz, para determinação das variáveis matéria seca da raiz, parte aérea (g) e a relação parte aérea/raiz, em

que foram acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa de circulação de ar forçado a 65° C, onde permaneceram até atingirem massa constante, sendo posteriormente, pesadas em balança analítica.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e nos casos de significância foram submetidos a análise de regressão polinomial utilizando o Software R versão 3.6.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 2), verifica-se que houve interação entre lâminas de irrigação (L) e dias após o transplântio (D) para as variáveis altura de planta (AP), diâmetro da roseta (DR) e número de folhas (NF), que foram realizadas análises repetidas no tempo.

Tabela 2. Resumo da análise de variância do efeito de lâminas de irrigação (L) e volumes de hidrogel (H) e dias após o transplântio (D) nas variáveis altura de planta (AP), diâmetro da roseta (DR), número de folhas (NF), em mudas de abacaxizeiro ‘Imperial’

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		AP	DR	NF
Lam (L)	3	111,31**	716,37**	1136,36**
Hidr (H)	3	2,11 ^{ns}	6,25 ^{ns}	9,53 ^{ns}
Dias (D)	3	413,40**	792,03**	1220,53**
LxH	9	10,21 ^{ns}	33,32 ^{ns}	27,45 ^{ns}
LxD	9	79,81**	179,92**	151,50**
HxD	9	5,38 ^{ns}	11,90 ^{ns}	9,94 ^{ns}
LxHxD	27	4,09 ^{ns}	15,74 ^{ns}	23,88 ^{ns}
CV (%)		18,88	20,15	21,92
Média		18,04	25,77	23,24

Para as variáveis área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR) houve apenas efeito isolado para lâminas de irrigação, para a relação da massa seca da parte aérea/raiz (RPAR) não houve efeito significativo para nenhum dos fatores testados, a média dessa variável foi de 12,27 e os dados apresentaram um alto coeficiente de variação (40,69%) (Tabela 3).

Houve uma elevação nos valores de altura de planta com o aumento da lâmina de irrigação e com o decorrer dos dias após o transplântio (Figura 1), onde a altura máxima de 28,19 cm foi constatada aos 120 dias após o transplântio na lâmina de 100% de reposição da evaporação. Aos 30 DAT o incremento em altura da lâmina de 100% em relação a de 10% foi de apenas 11,43%, já aos 120 DAT esse incremento foi de 52,15%, demonstrando que com o

aumento do número de dias, as plantas tem uma maior demanda por água para que tenham seu desenvolvimento.

Tabela 3. Resumo da análise de variância do efeito de lâminas de irrigação (L) e volumes de hidrogel (H) nas variáveis área foliar (AF), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e relação matéria seca parte aérea/raiz (RPAR) em mudas de abacaxizeiro ‘Imperial’

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		AF	MSPA	MSR	RPAR
Lam (L)	3	55674**	159,16**	1,75**	17,71 ^{ns}
Hidr (H)	3	705 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	20,12 ^{ns}
LxH	9	2956 ^{ns}	8,68 ^{ns}	0,41 ^{ns}	31,73 ^{ns}
CV (%)		40,17	23,84	39,84	40,69
Média		123,76	10,55	1,19	12,27

Conforme Mendonça et al. (2017), a altura de mudas de abacaxizeiro é de suma importância para determinação da época de transplante para o campo. Mudas de pequeno tamanho estão mais sujeitas a problemas nos primeiros meses, principalmente nos tratos culturais de capinas e amontoa, devido à dificuldade de evitar que caia terra no ápice e cause morte da gema apical. Sendo que o tamanho ideal para o transplante é quando as plantas alcançarem entre 20 e 30 cm.

$$Y = 12,3218 - 0,0286L + 0,0441D + 0,0016LD - 0,0004D^2$$

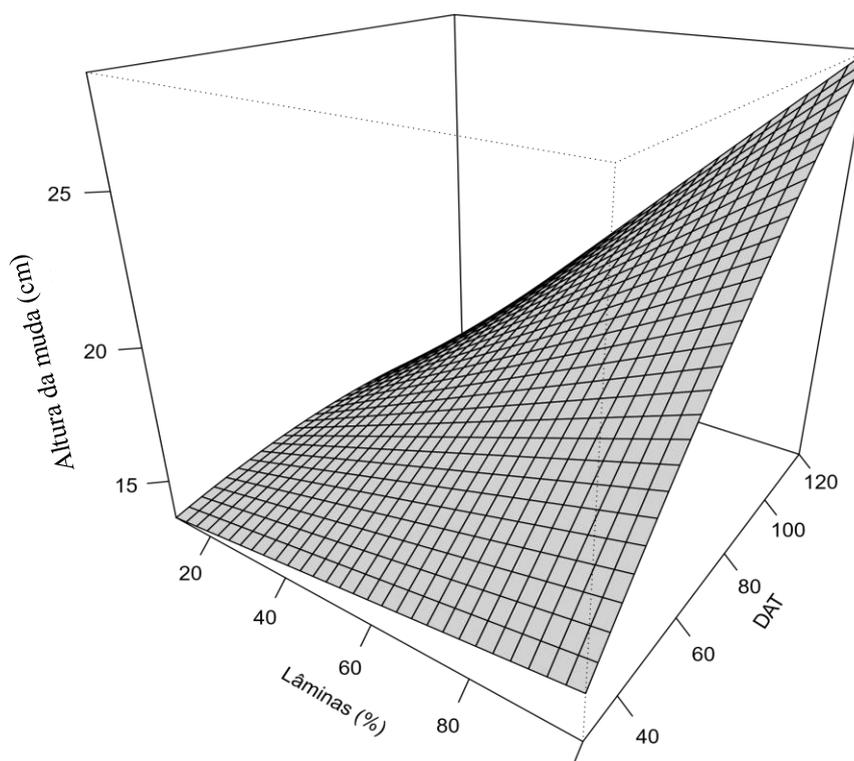


Figura 1. Altura de mudas de abacaxizeiro cv. Imperial em função de lâminas de irrigação e época de avaliação. Areia – PB.

Araujo (2013) avaliando a aclimação de mudas de abacaxizeiro ‘Imperial’ oriundas de micropropagação e após 90 dias de aclimatização em estufa, com uso de diferentes substratos, encontrou altura máxima de 21,87 cm aos 150 dias após o transplântio, valor esse inferior aos encontrados no presente trabalho para a lâmina de 100% (28,19 cm) e de 70% (23,29 cm) aos 120 dias após o transplântio.

O aumento da lâmina de irrigação proporcionou um aumento significativo no diâmetro da roseta foliar (Figura 2), sendo que o maior valor (38,86 cm) foi encontrado aos 120 dias, na lâmina de 100%. Como é possível observar, lâminas menores tiveram diminuição nos valores de diâmetro com o aumento do número de dias.

$$Y = 29,85 + 0,0910L - 0,3301D + 0,0023LD - 0,0014L^2 + 0,0018D^2$$

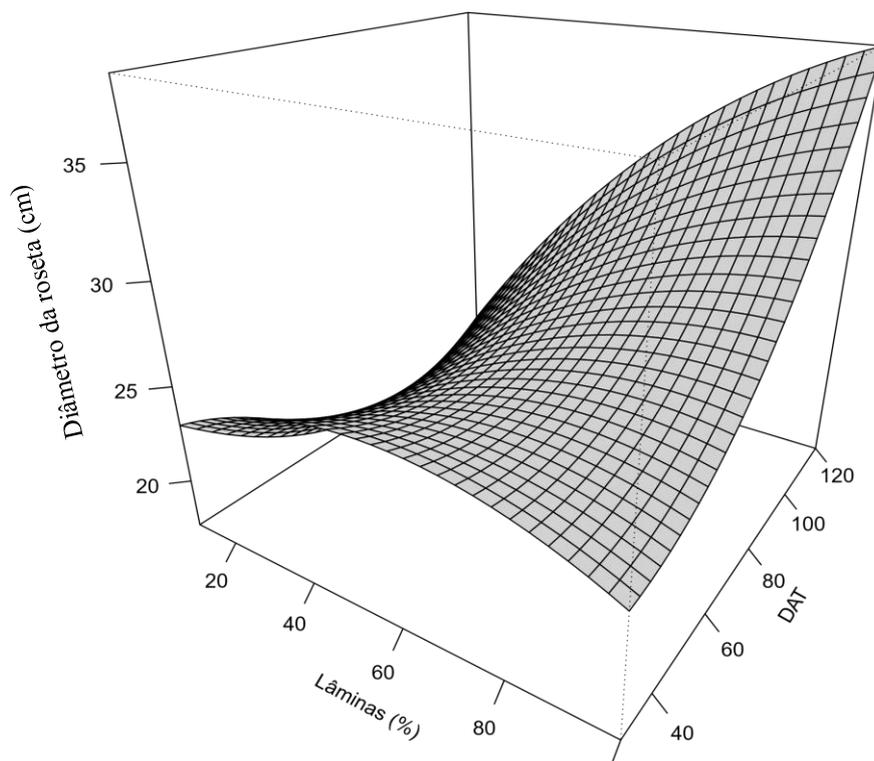


Figura 2. Diâmetro da roseta em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial em função de lâminas de irrigação e época de avaliação. Areia – PB.

Berilli et al. (2011) preconizam que o diâmetro de roseta ideal para que as mudas sejam transplantadas seja de no mínimo 30 cm, dessa forma, as mudas irrigadas com 70 (34,99 cm) e 100% (38,86 cm) de lâmina de reposição da evaporação, aos 120 dias após o transplântio, estão dentro dos padrões para serem transplantadas para o campo, no que se refere ao diâmetro da roseta.

O número de folhas teve efeito significativo tanto para dias após o transplante como para as lâminas de irrigação (Figura 3). No que se refere aos dias após o transplante nota-se que houve uma diminuição a partir dos 110 dias principalmente para as plantas que foram irrigadas com as menores lâminas. É possível verificar que a lâmina de 70% foi a que proporcionou um maior número de folhas nos primeiros dias, mas na lâmina de 100% aos 110 dias que houve o maior número de folhas, com média de 32 folhas.

$$Y = 5,67 + 0,1913L + 0,2952D + 0,0018LD - 0,0020L^2 - 0,0021D^2$$

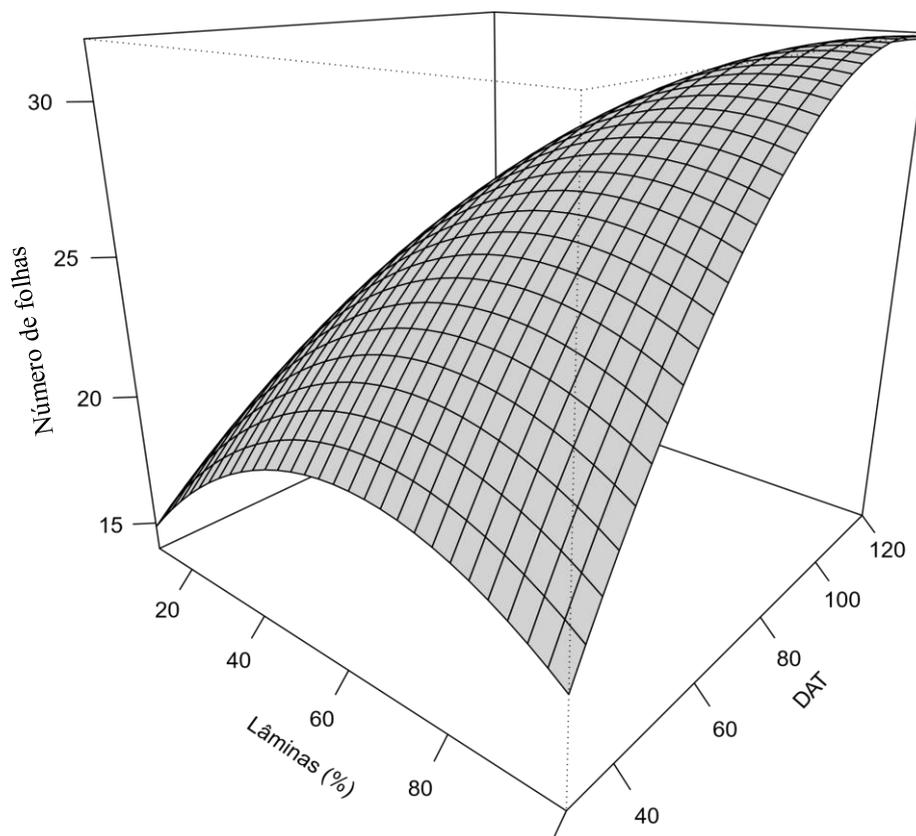


Figura 3. Número de folhas em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial em função de lâminas de irrigação e época de avaliação. Areia – PB.

Moreira et al. (2015) avaliando a interação entre fungos micorrízicos arbusculares e adubação fosfatada encontraram número de folhas variando entre 15 e 26, de acordo com o aumento das doses de fósforo, para mudas obtidas por micropropagação aos 210 após transplante para ambiente estufa depois de 50 dias em aclimatização em laboratório. Os dados obtidos no presente trabalho para as lâminas de 70 e 100% são bem superiores aos encontrados pelos autores acima.

Segundo Berilli et al. (2011) o número de folhas mínimo para que uma muda de abacaxizeiro possa ir para o campo é de 17 folhas, dessa forma, as mudas avaliadas no presente

trabalho irrigadas nas lâminas de 40,70 e 100% de reposição da evaporação encontram-se dentro dos padrões para serem transplantadas no que se refere ao número de folhas.

Quanto a área foliar (Figura 4), houve uma aumento linear dessa variável com o incremento da lâmina de reposição da evaporação na ordem de 1,73 cm² para cada 1% de aumento na reposição hídrica, em que as médias de área foliar observadas para as lâminas de 10, 40, 70 e 100% foram de 35,13; 110,75; 155,51 e 193,66 cm², respectivamente.

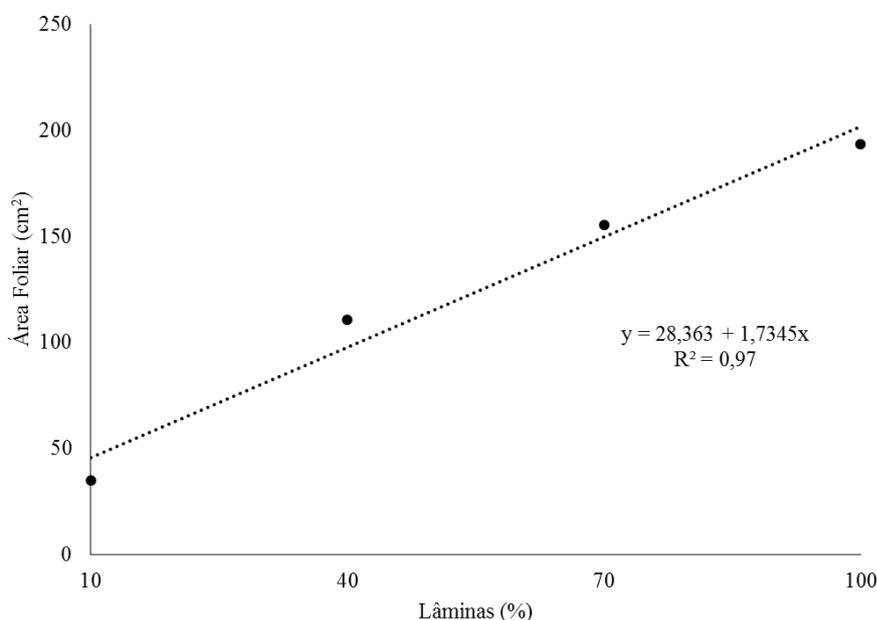


Figura 4. Área foliar de mudas de abacaxizeiro cv. Imperial em função de lâminas de irrigação. Areia – PB.

A diminuição da área foliar em sua situação de estresse é uma estratégia das plantas, pois quanto maior essa, maior a superfície de evapotranspiração e conseqüentemente rápido esgotamento de água no ambiente edáfico. As estratégias de diminuição dessa área foliar podem ser por diminuição da divisão e expansão foliar, alteração das formas foliares ou senescência e abscisão das folhas (TAIZ et al., 2017). Confrontando os dados de menor área foliar nas lâminas menores e de perda de número de folhas com o tempo nas plantas irrigadas com essas lâminas, nota-se que a estratégia utilizada pelas plantas de abacaxizeiro foi a senescência e abscisão foliar.

Para a matéria seca da parte aérea (MSPA) (Figura 5A) com aumento da lâmina, houve aumento da MSPA na ordem de 0,0908 g para cada 1% de aumento na reposição hídrica, sendo que os acréscimos da lâmina de 100%, que teve média de 13,79 g, em detrimento das demais, foram de 142,93; 39,27 e 7,62%, respectivamente para as lâminas de 10, 40 e 70% de reposição hídrica pela evaporação, com médias de 5,68; 9,90 e 12,81 g.

A matéria seca de raiz (MSR) conforme mostra a equação de regressão não teve maior valor na lâmina de 100%, a máxima massa seca de raiz (1,65 g) foi obtida na lâmina de 66% de reposição com base na evaporação, dessa forma o acréscimo da utilização da lâmina de 66% em comparação com a de 10% foi de 371,43%.

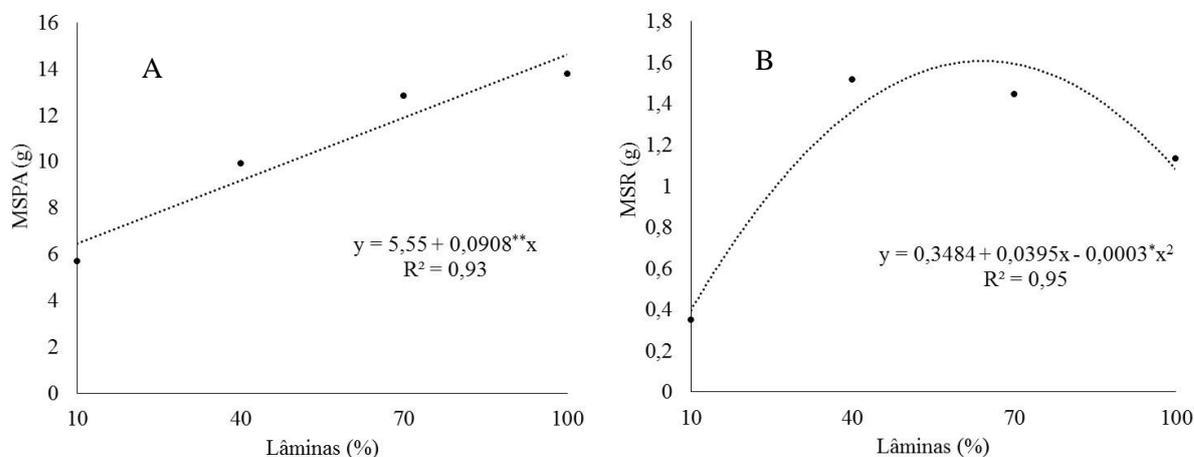


Figura 5. Matéria seca da parte aérea (A) e Matéria seca de raiz (B) de abacaxizeiro cv. Imperial em função de lâminas de irrigação. Areia – PB.

Mendonça et al. (2017) observaram massa seca da parte aérea de mudas de abacaxizeiro cv. Imperial oriundas de micropropagação, variando entre 7 e 10,4 g, a depender da fonte orgânica utilizada na adubação e massa seca da raiz variando entre 1,6 e 3,2 g, esses valores de MSPA são semelhantes aos encontrados no presente trabalho para as mudas irrigadas com 10 e 40% de lâmina de reposição, no entanto são inferiores aos encontrados para as mudas irrigadas com lâminas de 70 e 100%. A massa seca da raiz avaliada no presente trabalho apresentou valores inferiores aos dos referidos autores, mas vale salientar que os autores utilizaram fontes orgânicas no substrato, que pode ter favorecido esses valores maiores.

4. CONCLUSÕES

A diminuição da lâmina de irrigação compromete o crescimento de mudas de abacaxizeiro e dessa forma deve ser utilizada a lâmina de 100% de reposição da evaporação;

O uso de hidrogel, da forma como foi aplicado nesse trabalho, não é recomendado para a produção de mudas de abacaxizeiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, V. L. **Aclimatização e aclimação de mudas de abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. var. *comosus*) cv. Imperial em substratos orgânicos e comercial**. 2013. 117f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.
- BERILLI, S. S. et al. Crescimento de mudas de abacaxizeiro cv. Vitória durante a aclimação em função do seu tamanho inicial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p. 632-637, 2011.
- BRITO, C. W. Q. et al. Síntese e caracterização de hidrogéis compósitos a partir de copolímeros acrilamina-acrilato e caulim: efeito da constituição de diferentes caulins do nordeste brasileiro. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 40-45, 2013.
- CABRAL, J. R. S; MATOS, A. P. **Imperial: nova cultivar de abacaxi**. Comunicado técnico (EMBRAPA), 2005.
- CAETANO, L. C. S.; VENTURA, J. A.; BALBINO, J. M. S. Comportamento de genótipos de abacaxizeiro resistentes à fusariose em comparação a cultivares comerciais suscetíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 404-409, 2015.
- CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.35, n.2, p. 518-526, 2013.
- DONAGEMMA, G. K. et al. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos - Documentos, 2011. 230p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Crops database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 02 de agosto 2019.
- IBGE. **Produção agrícola municipal 2018**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pmc/brasil>> Acesso em: 15 maio de 2019.
- MENDONÇA, V. et al. The growth and nutrition of pineapple (*Ananas comosus* L.) plantlets under different water retention regimes and manure. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 21, p. 1852-1860, 2017.
- MOREIRA, B. C. et al. The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Piriformospora indica* improves the growth and nutrient uptake in micropropagation-derived pineapple plantlets. **Scientia Horticulturae**, v. 197, p. 183-192, 2015.
- NOVAES, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. Método de Pesquisa em Fertilidade do Solo. Brasília: Embrapa Solos, p.189–253, 1991.

OLIVEIRA, I. C. S. **Crescimento inicial de brotações do abacaxizeiro ‘pérola’ a partir de secções de caule**. 2017. 31f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2007. 173 p.

TAIZ, L et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

CAPÍTULO II

Índice de clorofila e fluorescência em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob lâminas de irrigação e volumes de hidrogel

RESUMO

As modificações provocadas pelo déficit ou excesso de água podem ser de ordem fisiológica, como mudanças nos índices de clorofila e fluorescência. Diante do exposto, objetivou-se com presente estudo, avaliar os índices de clorofila e a fluorescência da clorofila em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial submetidas a lâminas de irrigação e volumes de hidrogel. O experimento foi conduzido em ambiente estufa no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e duas plantas por parcela, em esquema fatorial 4x4, sendo os fatores lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação em mini tanque classe A) e volumes de hidrogel FORTH® (0, 10, 25 e 35 mL). Aos 120 dias após o transplântio as mudas foram avaliadas quanto aos aspectos fisiológicos: índices de clorofila *a*, *b* e total, fluorescência inicial, máxima e variável e eficiência quântica do fotossistema II. As lâminas de irrigação influenciaram de forma significativa na clorofila *b* e total e fluorescência máxima, já os volumes de hidrogel influenciaram apenas na clorofila *a*. A lâmina de 40% promoveu melhor índice de clorofila *b* e total, já a lâmina de 70% de reposição hídrica favoreceu a fluorescência máxima.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Fluorescência máxima; Índices de clorofila.

ABSTRACT

Changes caused by water deficit or excess may be physiological, such as changes in chlorophyll and fluorescence indices. Given the above, the aim of this study was to evaluate the chlorophyll indices and chlorophyll fluorescence in pineapple cv. Imperial submitted to irrigation depths and hydrogel volumes. The experiment was conducted in a greenhouse environment in the fruit nursery of the Department of Phytotechnics and Environmental Sciences of the Federal University of Paraíba. The experiment was conducted in a randomized block design with three replications and two plants per plot, in a 4x4 factorial scheme. The factors were irrigation depths (10, 40, 70 and 100% of evaporation in class A mini tank) and FORTH® hydrogel volumes (0, 10, 25 and 35 mL). At 120 days after transplanting the seedlings were evaluated for physiological aspects: chlorophyll a, b and total indexes, initial, maximum and variable fluorescence and quantum efficiency of photosystem II. Irrigation depths significantly influenced chlorophyll b and total and maximum fluorescence, while hydrogel volumes influenced only chlorophyll a. The 40% depth promoted better b and total chlorophyll index, while the 70% water replacement depth favored the maximum fluorescence.

Keywords: Water stress; Maximum fluorescence; Chlorophyll indices.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é uma planta frutífera com importância econômica mundialmente e cujo o Brasil é o terceiro maior produtor (FAOFAST, 2017), no ano de 2018 foram colhidos 71.553 hectares com essa cultura e o volume de produção alcançado foi de 1.766.986 mil frutos. A região Nordeste apresenta-se em destaque na produção de abacaxi, sendo que o estado da Paraíba com uma colheita de 334.880 mil frutos, é o maior produtor nacional (IBGE, 2018).

No estado da Paraíba o cultivar Pérola é o mais cultivado e a forma de propagação utilizada é por meio de mudas convencionais oriundas de partes vegetativas, como filhote-rebentão e rebentão, o que dificulta uma maior expansão dessa atividade no estado, já que esses materiais geram mudas desuniformes em tamanho e vigor e de qualidade sanitária duvidosa, favorecendo a disseminação de pragas e doenças severas à essa cultura, como cochonilhas e a fusariose, principal doença para a cultura (OLIVEIRA-CAUDURO et al., 2016).

A Embrapa mandioca e futeicultura lançou em 2003 a cv. 'Imperial', resistente a fusariose e com ótimas características organolépticas (CABRAL et al., 2010), contudo, embora seja uma cultivar promissora para regiões onde a fusariose é um fator determinante, são incipientes as pesquisas com essa cultivar (RIOS et al., 2018), mais especificamente na produção de mudas e no manejo hídrico durante essa fase.

O manejo hídrico é uma das etapas mais importantes na produção de mudas, pois tanto a falta como o excesso de água são prejudiciais para a planta (MAIA-JUNIOR et al., 2017). Uma planta em situação de déficit hídrico responde de diferentes formas, com alterações no seu metabolismo celular e inibição de processos fisiológicos, como também, uma planta em situação de excesso de água pode apresentar estresse por deficiência de oxigênio nas raízes e redução na absorção de nutrientes e água por falta de energia (TAIZ et al., 2017). Essas situações de estresse podem influenciar no índice de clorofila e na eficiência desses pigmentos em captar luz.

Diante disso, o teor de clorofila nas folhas é um indicador do nível de determinado estresse que uma planta esteja submetida, como também a fluorescência da clorofila, emitida pelas plantas superiores, pode refletir mudanças na organização e função das membranas dos tilacóides e inibição da fotossíntese e da evolução do oxigênio através de interações com componentes do fotossistema II, sendo dessa forma também utilizada para análise mecanismos relacionados em plantas sob estresse biótico ou abiótico (HUSSAIN e REIGOSA, 2011; GAO et al., 2016).

Conforme o conteúdo exposto, objetivou-se no presente trabalho avaliar o teor e a fluorescência da clorofila em mudas de abacaxizeiro cv. ‘Imperial’ submetidas a lâminas de irrigação e volumes de hidrogel no substrato.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias, Campus II da UFPB, localizado no município de Areia – PB, no período de agosto a dezembro de 2018, com temperaturas mínima e máxima durante o experimento de 19 e 44°C, respectivamente.

O solo utilizado como substrato foi coletado nos primeiros 20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), no viveiro de Fruticultura do CCA/UFPB, Areia – PB. Antes da instalação do experimento foram analisadas as características químicas (fertilidade) e físicas do solo utilizado como substrato (Tabela 1), as análises foram feitas conforme Donagema et al. (2011).

Tabela 1. Características químicas e físicas de Latossolo Vermelho coletado na camada de 0 - 20 cm, utilizado como substrato. Areia, PB, 2018

Atributos Químicos	Valores	Atributos Físicos	Valores
pH em água	4,8	Areia (g kg ⁻¹)	705
P (mg dm ⁻³)	1,95	Silte (g kg ⁻¹)	103
K ⁺ (mg dm ⁻³)	48,24	Argila (g kg ⁻¹)	192
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,64	Argila dispersa (g kg ⁻¹)	26
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	1,03	Grau de flocculação (kg dm ⁻³)	865
Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,05	Densidade do solo (g cm ⁻³)	1,27
H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	6,40	Densidade de partícula (kg dm ⁻³)	2,63
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,80	Porosidade (m ³ m ⁻³)	0,53
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,84	CC 0,33 Mpa (g kg ⁻¹)	134
CTC (cmol _c dm ⁻³)	8,25	PMP 1,50 Mpa (g kg ⁻¹)	96
M.O. (g kg ⁻¹)	20,69	Classe Textural	Franco Arenosa

SB = Soma de bases, SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺; CTC = Capacidade de troca catiônica, CTC = SB + (H⁺ + Al³⁺); M.O.= Matéria Orgânica.

Antes da instalação do experimento foi feita aplicação de calcário dolomítico no solo utilizado como substrato, deixando reagir por 45 dias, com finalidade de diminuir a acidez do solo e aumento de cálcio.

Os tratamentos foram obtidos do arranjo fatorial 4x4 entre lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação) e volumes de hidrogel (0, 10, 25 e 35 ml). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições e duas plantas por parcela.

As mudas de abacaxizeiro da cv. Imperial utilizadas foram obtidas por meio de seccionamento do caule, sendo transplantadas com 10-12 cm, após 30 dias de enraizamento em tubetes e 30 dias de aclimatação, para vasos na capacidade de 3 dm³ contendo como substrato apenas o solo anteriormente descrito. Nos vasos em que os tratamentos foram compostos com hidrogel, esse foi colocado no orifício em que as mudas foram transplantadas, adicionando por vaso os volumes dos respectivos tratamentos.

Os níveis de N, P₂O₅ e K₂O do solo foram elevados para 100, 300 e 200 mg.dm⁻³ (NOVAIS et al., 1991), em que a adubação foi feita via fertirrigação, onde a adubação fosfatada foi aplicada em única vez aos 10 DAT e as nitrogenada e potássica foram parceladas em duas vezes, aos 10 e 40 DAT. As fontes utilizadas foram ureia (45%N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e sulfato de potássio (50% K₂O).

Durante os cinco primeiros dias, os vasos foram mantidos próximos a capacidade de campo; após esse período, as plantas receberam as lâminas diárias conforme seus respectivos tratamentos. O cálculo das lâminas de irrigação foi feito com base na evaporação de mini tanque de evaporação elaborado conforme Pereira et al. (2007), com diâmetro de 60 cm e altura de 25 cm. Para obter a lâmina de irrigação de cada tratamento, foi usada a equação a seguir:

$$\text{Lam} = \text{Ev} \times \text{L} / 100 \quad (1)$$

Onde: Lam = Lâmina de irrigação a ser aplicada em cada tratamento (mm); Ev = evaporação no mini tanque (mm); L = Porcentagem da lâmina de irrigação de acordo com cada tratamento.

Aos 120 dias após o transplântio foram selecionadas as folhas mais desenvolvidas de cada planta e realizadas as análises. A determinação dos índices foliares de clorofila *a*, *b* e total foi realizado no terço médio da folha, com medidor portátil clorofiLOG FALKER®. Na mesma folha, após adaptação ao escuro por 30 min utilizando-se presilhas plásticas, foram medidas as fluorescências inicial (Fo) e máxima (Fm), utilizando-se o fluorômetro portátil modelo OS-30p da Opti-Sciences®, após a coleta desses dados calculou-se a fluorescência variável (Fv = Fm - Fo) e a eficiência quântica do fotossistema II ($\Phi = \text{Fv}/\text{Fm}$). As leituras foram realizadas no horário de 9:00 às 11:00hs.

Em alguns tratamentos irrigados com lâminas menores não foi possível fazer a leitura das variáveis com o equipamento, já que as folhas apresentavam tamanho inferior a câmara do clorofiLOG FALKER® e do fluorômetro, dessa forma, houve a perda de parcelas e para viabilizar a análise desses dados, os mesmos foram submetidos as análises estatística do tipo

Wald (WTS) e a estatística do tipo ANOVA (ATS) (não paramétricas) utilizando o Software R versão 3.6.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No índice de clorofila *a* não houve efeito significativo para lâminas de irrigação, com valores médios de 37,2; 39,91; 39,04 e 37,88 Índice de Clorofila Falker (ICF) nos regimes hídricos de 10, 40, 70 e 100% de reposição hídrica conforme evaporação, respectivamente (Figura 1A). Já para aplicação de hidrogel (Figura 1B) foi verificada diferença estatística entre os volumes aplicados, sendo que o de 35 mL foi o que proporcionou maior índice de clorofila *a*, com 40,2 ICF.

Conforme Willadino et al. (2011) a clorofila *a* é fortemente influenciada pela disponibilidade hídrica e os mesmos afirmam que a redução do índice de clorofila é um mecanismo de defesa para reduzir a captura de energia luminosa e, conseqüentemente, reduzir o fluxo de elétrons para a cadeia de transferência de elétrons. Fato que não se concretizou no presente trabalho.

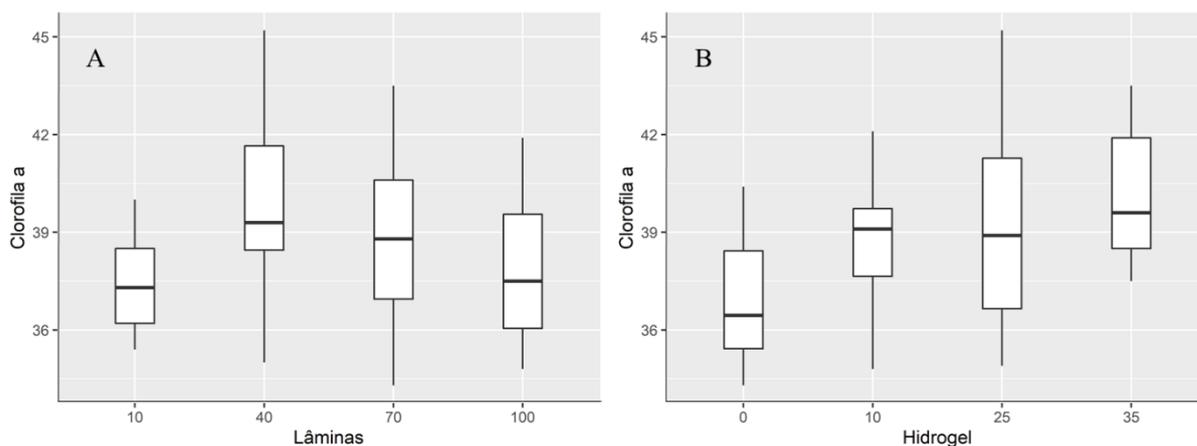


Figura 1. Índices de clorofila *a* em folhas de mudas de abacaxizeiro cv. ‘Imperial’ sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

Para os índices de clorofila *b*, foi observado efeito significativo para lâminas de irrigação e a lâmina de reposição de 40% foi a que proporcionou maior valor médio, de 24,4 ICF (Figura 2A). Todavia, para hidrogel não houve efeito significativo, com valores médios de clorofila *b* de 20,1; 24,0; 20,2 e 20,9 ICF nos volumes de 0; 10; 25 e 35 mL, respectivamente (Figura 2B). Vale salientar que para efeito do hidrogel os dados apresentaram valores discrepantes no volume de 35 mL, valores esses bem superiores aos apresentados pelos demais volumes.

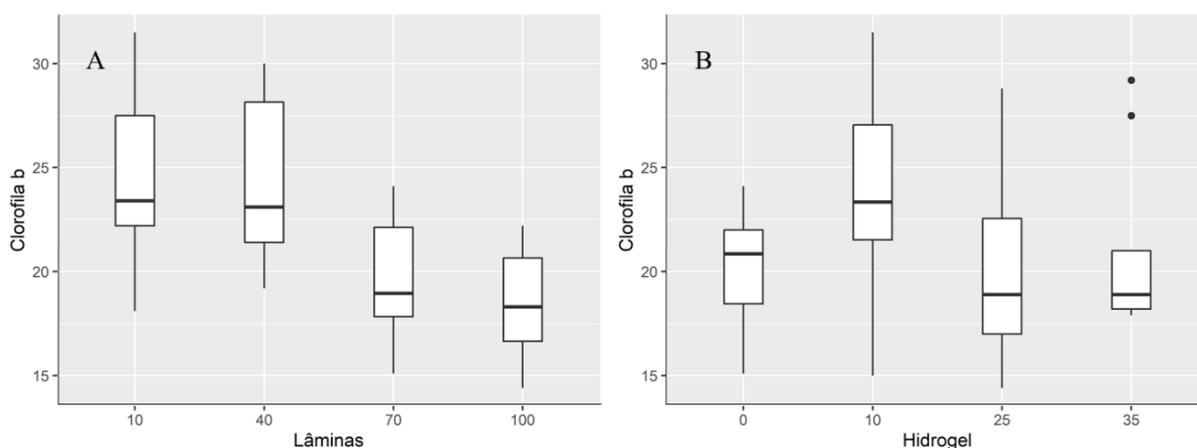


Figura 2. Índices de clorofila *b* em folhas de mudas de abacaxizeiro cv. ‘Imperial’ sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

Brito et al. (2017) ao determinarem as características fisiológicas de abacaxizeiro na região semiárida da Bahia, observaram maiores concentrações de clorofila *a* em relação a clorofila *b* nas folhas de abacaxi. Resultados estes, que corroboram aos observados neste estudo. Taiz et al. (2017) evidenciam que a proporção de clorofila *a* e *b* de 3:1 indica o adequado funcionamento do fotossistema II, uma vez que a clorofila *b* atua como um pigmento acessório, havendo assim maior eficiência na captação de energia luminosa.

No índice de clorofila total houve efeito significativo apenas para as lâminas de irrigação, em que a lâmina de 40% foi a que apresentou maior média, com valor de 64,40 ICF (Figura 3A). Para volumes de hidrogel, os dados apresentaram muitos valores extremos tanto no volume de 10 como no de 35 mL (Figura 3B). Isso pode se dá devido à perda de parcelas que ocorreu em virtude de as folhas de alguns tratamentos estarem com tamanho inferior a câmara do equipamento.

Brito et al. (2017) constataram valores de clorofila total para abacaxizeiro ‘Pérola’ variando entre 38,73 e 66,26 a depender da época de avaliação, esses valores corroboram com os encontrados no presente trabalho para o máximo obtido pelos autores e o encontrado na lâmina de 40% (64,40 ICF), como também os demais valores para as lâminas e volumes de hidrogel.

Para Tabot e Adams (2013), a redução dos índices de clorofila podem ser uma forma de adaptação das plantas a condição de estresse, mediante a conservação da energia e consecutivamente redução da captação de energia luminosa, na tentativa de evitar o estresse foto-oxidativo.

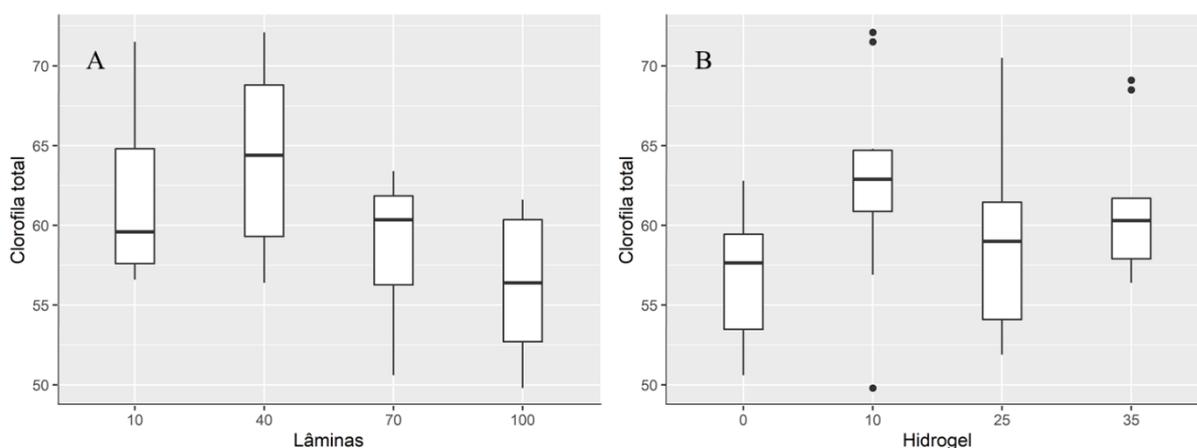


Figura 3. Índices de clorofila total em folhas de mudas de abacaxizeiro cv. 'Imperial' sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

No que diz respeito a fluorescência inicial (F0) não houve efeito significativo para nenhum dos fatores avaliados, sendo que tanto em lâminas de irrigação (Figura 4A) quanto em volumes de hidrogel (Figura 4B) houve valores discrepantes. As médias de F0 para lâminas foram de 153,4; 154,7; 166,25 e 166, respectivamente para as lâminas de 10, 40, 70 e 100%. Para volumes de hidrogel, as médias para os volumes de 0, 10, 25 e 35 mL foram de 166,7; 158; 160,3 e 160, respectivamente.

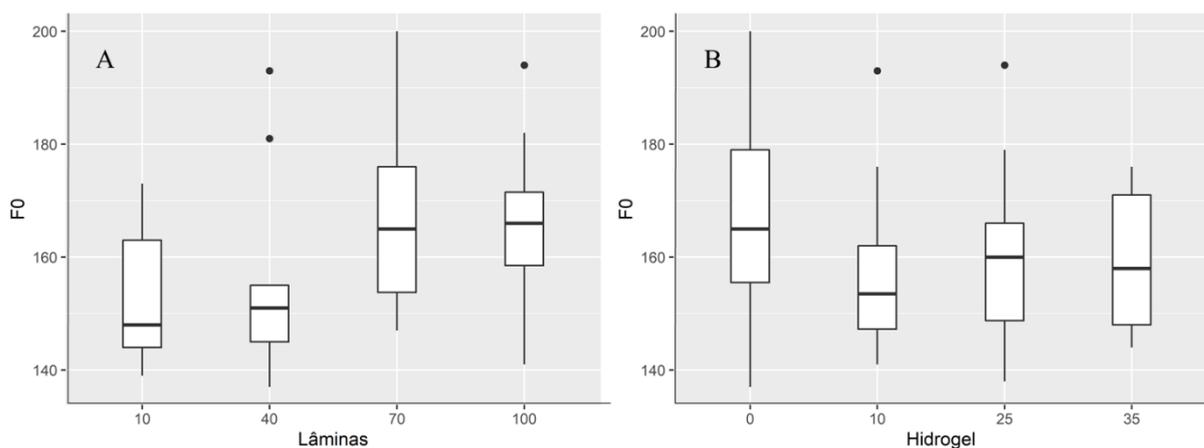


Figura 4. Fluorescência inicial (F0) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

Maia-Junior et al. (2017) contataram que a fluorescência inicial não foi influenciada pelos regimes hídricos avaliados pelos mesmos em diferentes cultivares de girassol. A resposta de fluorescência ao déficit hídrico é ampla e variável, mas tem sido discutida na literatura (DONEVA et al., 2017; BANKS, 2018). A F0 é a fluorescência que ocorre quando os centros

de reação do fotossistema II (PSII) estão todos abertos, e seu aumento indica lesão ao PSII (KITAJIMA e BUTLER, 1975).

A fluorescência máxima (Fm) foi influenciada pelas lâminas de irrigação (Figura 5A), em que as lâminas de 70 e 100% foram as que apresentaram maiores médias, 661,3 e 642,5 respectivamente. No que diz respeito ao uso de hidrogel (Figura 5B), os volumes aplicados não divergiram e as médias apresentadas foram de 654,1; 633,4; 624,4 e 632,3, respectivamente para os volumes de 0, 10, 25 e 35 mL.

Assim como a fluorescência inicial, a fluorescência máxima tem resposta variada ao estresse hídrico, enquanto Maia-Junior et al. (2017) observou resposta não significativa para diferentes regimes hídricos em girassol, Silva et al. (2015) constatou efeito decrescente de forma linear quando as plantas de berinjela foram submetidas a diminuição da lâmina de irrigação, semelhante ao que ocorreu no presente trabalho.

A Fm representa a intensidade máxima da fluorescência, se dá quando praticamente toda a quinona é reduzida e os centros de reação atingem máxima capacidade de reações fotoquímicas (SUASSUNA et al., 2010).

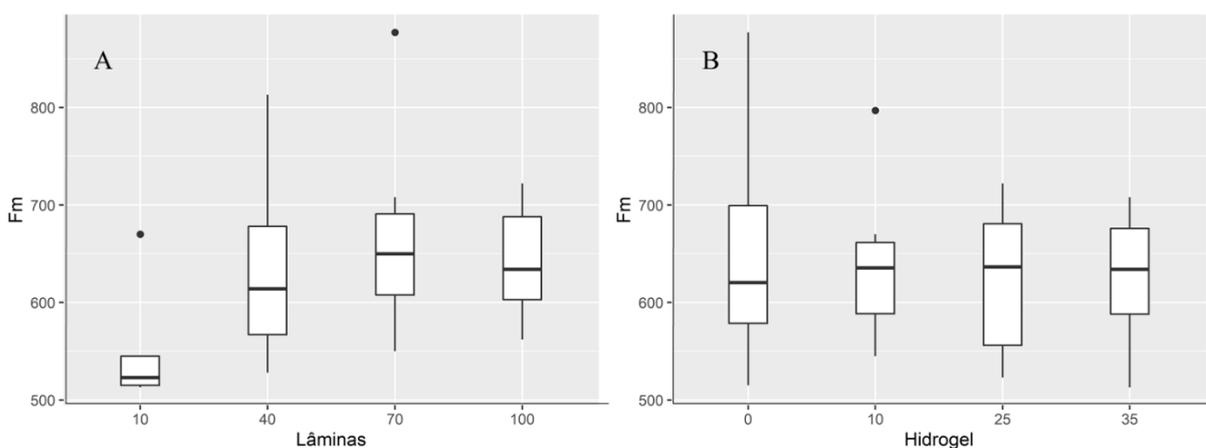


Figura 5. Fluorescência máxima (Fm) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

A eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) não apresentou diferença significativa para nenhum dos fatores avaliados, tanto para lâminas de irrigação (Figura 6A), quanto para volumes de hidrogel (Figura 6B) os dados apresentaram uma pequena amplitude, mas, no entanto, houve alguns valores discrepantes. As médias para lâminas de irrigação foram de 0,72; 0,76; 0,75 e 0,74, respectivamente nas lâminas de 10, 40, 70 e 100%. Para hidrogel, as médias foram 0,74; 0,75; 0,74 e 0,75, respectivamente para os lâminas de 0, 10, 25 e 35 mL.

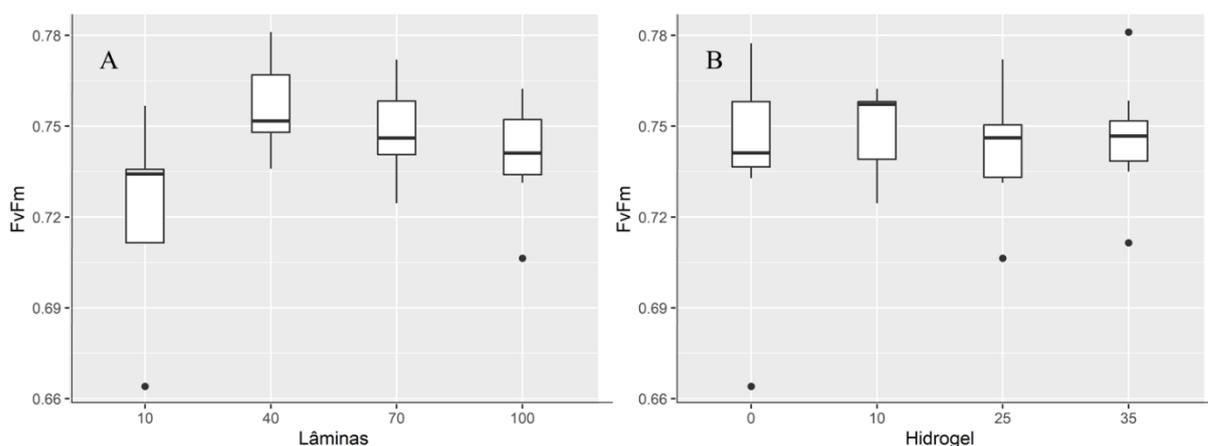


Figura 6. Eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

Brito et al. (2017) encontraram valores de Fv/Fm variando entre 0,48 e 0,61 para abacaxizeiro ‘Pérola’, a depender da época de avaliação e do horário no dia, esses valores são inferiores aos encontrados no presente trabalho. Cruz et al. (2014) constatou valores variando entre 0,63 e 0,83 para mudas de abacaxizeiro ‘Imperial’ em resposta a associação com *Piriformospora indica* e herbicidas, valores semelhantes aos do presente trabalho.

As mudas apresentaram valores de Fv/Fm considerados ideais para a maioria das culturas, pois conforme Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989) essa razão entre fluorescência variável e fluorescência máxima deve se situar entre 0,75 e 0,85. Dessa forma, não houve alteração no aparato fotossintético das plantas.

4. CONCLUSÕES

- O aumento no volume de hidrogel promoveu um aumento na clorofila *a*;
- A lâmina de 40% de reposição hídrica favoreceu os índices de clorofila *b* e total,
- A lâmina de 70% promoveu um aumento na fluorescência máxima.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANKS, J. M. Chlorophyll fluorescence as a tool to identify drought stress in Acer genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 155, p. 118-127, 2018.

BOLHÀR-NORDENKAMPF. et al. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

BRITO, C. F. et al. Physiological characteristics and yield of 'Pérola' pineapple in the semi-arid region. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 12, p. 834-839, 2017.

CABRAL, J. R. S.; MATOS, A. P. de; JUNGHANS, D.T. **Cultivar de abacaxi Imperial**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 2p. folder.

CRUZ, L. I. B. et al. Eficiência quântica do fotossistema II de mudas de abacaxizeiro 'Imperial' em resposta a associação com Piriformospora indica e herbicidas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, 2014.

DONAGEMA, G. K. et al. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos - Documentos, 2011. 230p.

DONEVA, D. et al. The role of isoprene in two arundineae species exposed to progressive drought. **Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences**, v. 70, n. 2, p. 203-212, 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Crops database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 02 de agosto 2019.

GAO, M.; QI, Y.; SONG, W.; XU, H. Effects of di-n-butyl phthalate and di (2-ethylhexyl) phthalate on the growth, photosynthesis, and chlorophyll fluorescence of wheat seedlings. **Chemosphere**, v. 151, p. 76-83, 2016.

HUSSAIN, M. I.; REIGOSA, M. J. A chlorophyll fluorescence analysis of photosynthetic efficiency, quantum yield and photon energy dissipation in PSII antennae of *Lactuca sativa* L. leaves exposed to cinnamic acid. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 11, p. 1290-1298, 2011.

IBGE. **Produção agrícola municipal 2018**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 maio 2019.

KITAJIMA, M. B. W. L.; BUTLER, W. L. Quenching of chlorophyll fluorescence and primary photochemistry in chloroplasts by dibromothymoquinone. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics**, v. 376, n. 1, p. 105-115, 1975.

MAIA JÚNIOR, S. D. O. et al. Teores de pigmentos, fluorescência da clorofila e índice SPAD em cultivares de girassol sob regimes hídricos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 36, p. 105-112, 2017.

NOVAES, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. Método de Pesquisa em Fertilidade do Solo. Brasília: Embrapa Solos, p.189-253, 1991.

OLIVEIRA-CAUDURO Y. et al. Micropropagação de abacaxizeiro com enraizamento in vitro e ex vitro. **Plant Cell Culture & Micropropagation**, v. 12, n. 2, p. 53-60, 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, p. 173, 2007.

RIOS, C. et al. Quality of 'Imperial' pineapple infructescence in function of nitrogen and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, 2018.

SILVA, F. G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, 2015.

SUASSUNA, J. F. et al. Desenvolvimento e eficiência fotoquímica em mudas de híbrido de maracujazeiro sob lâminas de água. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, 2010.

TABOT, P. T.; ADAMS, J. B. Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for different salinity treatments. **South African Journal of Botany**, v. 84, p. 19-29, 2013.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 2017; 888 p.

WILLADINO, L. et al. Estresse salino em duas variedades de cana-de açúcar: enzimas do sistema antioxidativo e fluorescência da clorofila. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, 2011.

CAPÍTULO III

Trocas gasosas em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob lâminas de irrigação e volumes de hidrogel

RESUMO

Quando uma planta é submetida a um déficit hídrico, essa pode apresentar mecanismos adaptativos fisiológicos, como modificações nas trocas gasosas. O monitoramento dessas variáveis pode servir de diagnóstico quanto a situação de um estresse sobre uma planta. Objetivou-se no presente trabalho avaliar as trocas gasosas em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial submetidas a lâminas de irrigação e volumes de hidrogel. O experimento foi conduzido em ambiente estufa no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais da Universidade Federal da Paraíba. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e duas plantas por parcela, em esquema fatorial 4x4, sendo os fatores volumes de hidrogel FORTH® (0, 10, 25 e 35 mL) e lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação em mini tanque classe A). Aos 120 dias após a semeadura as mudas foram avaliadas quanto aos aspectos fisiológicos: concentração interna de gás carbônico, condutância estomática, transpiração e assimilação líquida de gás carbônico. As variáveis avaliadas não foram influenciadas pelas lâminas de irrigação e nem pelos volumes de hidrogel, o que pode ser justificado pelo metabolismo CAM do abacaxizeiro que em condições de estresse é utilizado e é mais eficiente que o metabolismo C3, utilizado em condições normais (planta sem estresse).

Palavras-chave: *Ananas comosus* var. *comosus*; Estresse hídrico; Metabolismo CAM facultativo.

ABSTRACT

When a plant is subjected to water deficit, it may have physiological adaptive mechanisms, such as changes in gas exchange. Monitoring these variables can be used to diagnose stress on a plant. The objective of this study was to evaluate the gas exchange in pineapple cv. Imperial submitted to irrigation depths and hydrogel volumes. The experiment was conducted in a greenhouse environment in the fruit nursery of the Department of Phytotechnics and Environmental Sciences of the Federal University of Paraíba. The experiment was carried out in a randomized block design with three replications and two plants per plot, in a 4x4 factorial scheme FORTH® hydrogel volumes (0, 10, 25 and 35 mL) and irrigation depths (10, 40, 70 and 100% evaporation in mini tank class A). At 120 days after sowing, seedlings were evaluated for physiological aspects: internal concentration of carbon dioxide, stomatal conductance, transpiration and liquid assimilation of carbon dioxide. The variables evaluated were not influenced by irrigation depths or hydrogel volumes, which can be explained by the pineapple CAM metabolism that is used under stress conditions and is more efficient than the C3 metabolism used under normal conditions (plant without stress).

Keywords: *Ananas comosus* var. *comosus*; Hydrical stress; Optional CAM metabolism.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é a terceira frutífera tropical mais importante em termos de produção mundial, ficando atrás apenas da bananeira e da mangueira, sendo cultivado principalmente para comercialização do fruto in natura e para produção de sucos (LÉCHAUDEL et al., 2018). No cenário internacional o Brasil é o terceiro maior produtor (FAOFAST, 2017) e boa parte dessa produção se dá na região Nordeste.

Uma das maiores limitações para expansão de cultivos na região Nordeste é o déficit hídrico que ocorre em boa parte do ano na maioria da região, quando esse déficit chega a provocar estresse hídrico, as plantas podem apresentar mecanismos adaptativos por meio de alterações fisiológicas e moleculares complexas (NOSALEWICZ et al., 2016; FARD et al., 2017), incluindo modificações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (JACOBS e LANDIS, 2009).

As trocas gasosas são influenciadas pelo estresse hídrico, de forma que esse estresse pode causar limitação na condutância estomática e transpiração e conseqüentemente reduz a taxa fotossintética (SILVA et al., 2010). Silva et al. (2015) verificaram que a taxa fotossintética de plantas de berinjela submetidas a diferentes lâminas de irrigação, diminuiu com a diminuição de lâmina de reposição, do mesmo modo, Santos et al. (2016) verificaram redução da condutância estomática de abacaxizeiro quando não foi feita irrigação em comparação a diferentes lâminas de reposição. Com isso, o monitoramento dessas alterações fisiológicas pode servir como forma de diagnóstico se a planta está ou não sob estresse.

O estudo da resposta das plantas em situações de estresse é de grande importância, principalmente em contextos regionais onde o cultivo é afetado por escassez de água e altas temperaturas (AMMAR et al., 2020), tais como o Semiárido brasileiro e uma forma de solucionar problemas relacionados à regularidade da disponibilidade de água no solo é com o uso de polímeros hidroretentores ou hidrogel (DRANSKI et al., 2013; FERNANDES et al., 2015).

O hidrogel tem capacidade de absorver centena de vezes a sua massa em água e fornecer gradativamente para as plantas conforme mudanças de umidade no solo, melhorando assim a capacidade de armazenamento de água no solo e disponibilização para as culturas (NAVAROSKI et al., 2015).

Diante do conteúdo exposto, objetivou-se no presente estudo avaliar as trocas gasosas em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial submetidas a diferentes lâminas de irrigação e diferentes volumes de hidrogel no substrato.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente telado no viveiro de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias, Campus II da UFPB, localizado no município de Areia – PB, no período de agosto a dezembro de 2018, com temperaturas mínima e máxima durante o experimento de 19 e 44°C, respectivamente.

O solo utilizado como substrato foi coletado nos primeiros 20 cm de profundidade de um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), no viveiro de Fruticultura do CCA/UFPB, Areia – PB. Antes da instalação do experimento foram analisadas as características químicas (fertilidade) e físicas do solo utilizado como substrato (Tabela 1), as análises foram feitas conforme Donagema et al. (2011).

Tabela 1. Características químicas e físicas de Latossolo Vermelho coletado na camada de 0 - 20 cm, utilizado como substrato. Areia, PB, 2018

Atributos Químicos	Valores	Atributos Físicos	Valores
pH em água	4,8	Areia (g kg^{-1})	705
P (mg dm^{-3})	1,95	Silte (g kg^{-1})	103
K ⁺ (mg dm^{-3})	48,24	Argila (g kg^{-1})	192
Ca ²⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,64	Argila dispersa (g kg^{-1})	26
Mg ²⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,03	Grau de floculação (kg dm^{-3})	865
Na ⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,05	Densidade do solo (g cm^{-3})	1,27
H ⁺ + Al ³⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	6,40	Densidade de partícula (kg dm^{-3})	2,63
Al ³⁺ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	0,80	Porosidade ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$)	0,53
SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	1,84	CC 0,33 Mpa (g kg^{-1})	134
CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	8,25	PMP 1,50 Mpa (g kg^{-1})	96
M.O. (g kg^{-1})	20,69	Classe Textural	Franco Arenosa

SB = Soma de bases, SB = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺ + Na⁺; CTC = Capacidade de troca catiônica, CTC = SB + (H⁺ + Al³⁺); M.O.= Matéria Orgânica.

Antes da instalação do experimento foi feita aplicação de calcário dolomítico no solo utilizado como substrato, deixando reagir por 45 dias, com finalidade de diminuir a acidez do solo e aumento de cálcio.

Os tratamentos foram obtidos do arranjo fatorial 4x4 entre lâminas de irrigação (10, 40, 70 e 100% da evaporação) e volumes de hidrogel (0, 10, 25 e 35 ml). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições e duas plantas por parcela.

As mudas de abacaxizeiro da cv. Imperial utilizadas foram obtidas por meio de seccionamento do caule, sendo transplantadas com 10-12 cm, após 30 dias de enraizamento em tubetes e 30 dias de aclimação, para vasos na capacidade de 3 dm³ contendo como substrato apenas o solo anteriormente descrito. Nos vasos em que os tratamentos foram compostos com

hidrogel, esse foi colocado no orifício em que as mudas foram transplantadas, adicionando por vaso os volumes dos respectivos tratamentos.

Os níveis de N, P₂O₅ e K₂O do solo foram elevados para 100, 300 e 200 mg.dm⁻³ (NOVAIS et al., 1991), em que a adubação foi feita via fertirrigação, onde a adubação fosfatada foi aplicada em única vez aos 10 DAT e as nitrogenada e potássica foram parceladas em duas vezes, aos 10 e 40 DAT. As fontes utilizadas foram ureia (45%N), superfosfato simples (18% P₂O₅) e sulfato de potássio (50% K₂O).

Durante os cinco primeiros dias, os vasos foram mantidos próximos a capacidade de campo; após esse período, as plantas receberam as lâminas diárias conforme seus respectivos tratamentos. O cálculo das lâminas de irrigação foi feito com base na evaporação de mini tanque de evaporação elaborado conforme Pereira et al. (2007), com diâmetro de 60 cm e altura de 25 cm. Para obter a lâmina de irrigação de cada tratamento, foi usada a equação a seguir:

$$\text{Lam} = \text{Ev} \times \text{L} / 100 \quad (1)$$

Onde: Lam = Lâmina de irrigação a ser aplicada em cada tratamento (mm); Ev = evaporação no mini tanque (mm); L = Porcentagem da lâmina de irrigação de acordo com cada tratamento.

Aos 120 dias após o transplântio foram selecionadas as folhas mais desenvolvidas de cada planta e realizadas as análises, concentração interna de gás carbônico (Ci), condutância estomática (gs), transpiração (E) e assimilação líquida de gás carbônico (A), as leituras foram realizadas entre as 00:00 e 02:00 através do analisador de gás de infravermelho – IRGA (Modelo LI-6400XT, LI-COR®, Nebraska, USA).

Em alguns tratamentos irrigados com lâminas menores não foi possível fazer a leitura das trocas gasosas com o equipamento, já que as folhas apresentavam tamanho inferior a câmara do IRGA, dessa forma, houve a perda de parcelas e para viabilizar a análise desses dados, os mesmos foram submetidos as análises estatística do tipo Wald (WTS) e a estatística do tipo ANOVA (ATS) (não paramétricas) utilizando o Software R versão 3.6.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração interna de CO₂ (Ci) não apresentou diferença estatística para nenhum dos fatores avaliados, sendo que tanto para lâminas (Figura 1A) como para hidrogel (Figura 2A) os dados apresentaram valores discrepantes e com grande oscilação, principalmente nas lâminas de 10 e 100% e nos tratamentos sem hidrogel e nos com volumes de 10 e 25 ml. As médias de Ci para lâminas foram de 279,20; 258,36; 266,40 e 262,37 µmol mol⁻¹, para 10, 40, 70 e 100%

de reposição hídrica, respectivamente. Para hidrogel as médias foram de 280,47; 280,12; 240,62 e 256,54 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, nos volumes de 0, 10, 25 e 35 ml, respectivamente.

Em experimento com plantas de abacaxizeiro sob diferentes doses de nitrogênio e adubação verde no Litoral Norte da Paraíba, os valores de C_i apresentaram média de 312,2 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, variando entre 250 e 400 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ com o aumento das doses de N (SILVA, 2015), a média encontrada pelo autor é superior as médias do presente trabalho, mas vale salientar que no experimento citado acima foram avaliadas plantas adultas, enquanto no presente trabalho as plantas avaliadas estavam na fase de mudas.

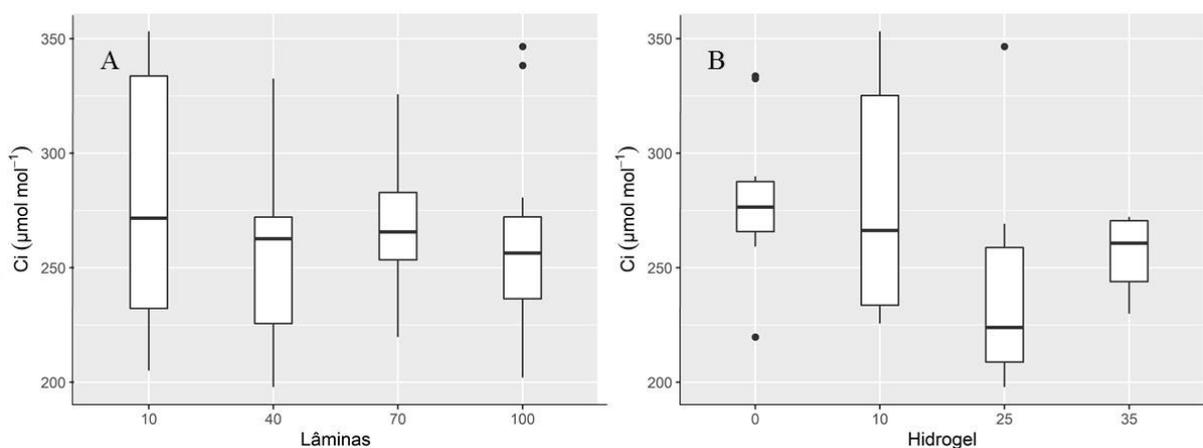


Figura 1. Concentração interna de CO_2 (C_i) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

Em se tratando de condutância estomática (gs) estatisticamente não houve diferença para lâminas e hidrogel. Para essa variável os dados não apresentaram muita oscilação, com valores discrepantes apenas para as lâminas de 10 e 100%, semelhante a concentração interna de CO_2 e para o volume de 25 ml de hidrogel. As médias para lâminas foram de 0,027; 0,032; 0,033 e 0,039 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para 10, 40, 70 e 100% de reposição da evaporação, respectivamente. No que diz respeito ao uso de hidrogel, as médias nos volumes de 0, 10, 25 e 35 ml aplicados, foram de 0,031; 0,035; 0,036 e 0,032 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente.

A condutância estomática é uma ótima variável para observar se as plantas estão sob estresse, pois como forma de reduzir a perda de água em situações de estresse hídrico, essa variável tende a diminuir (COSTA e MARENCO, 2007), no presente trabalho esse fato não se concretizou e os valores obtidos foram semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2016) avaliando plantas de abacaxizeiro nas horas mais frias do dia.

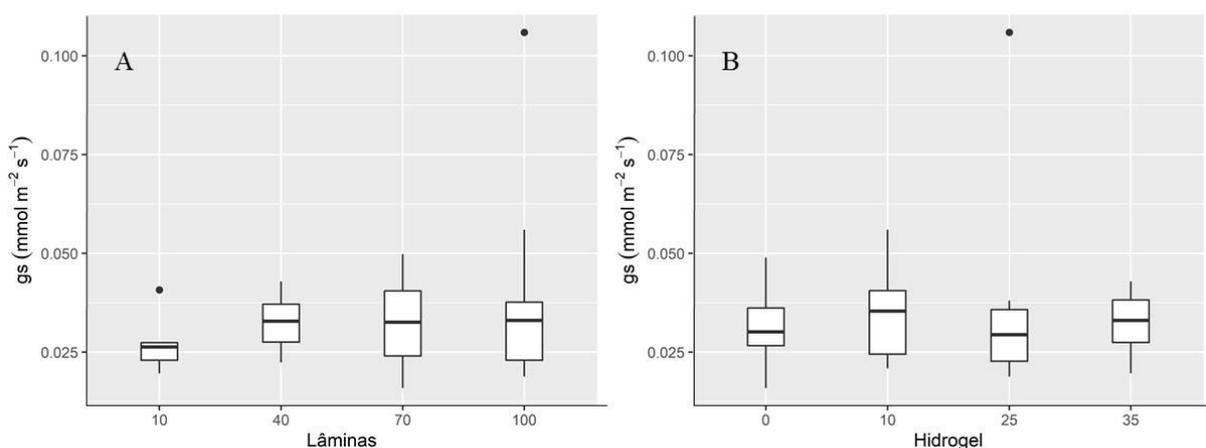


Figura 2. Condutância estomática (gs) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

No que diz respeito a transpiração (E), as mudas não responderam de forma significativa as diferentes lâminas de irrigação (Figura 3A), com médias de 0,64; 0,76; 0,77 e 0,88 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente para as reposições de 10, 40, 70 e 100% da evaporação, com valores discrepantes nas lâminas de 10 e 100%. Assim como para lâminas de irrigação, os diferentes volumes de hidrogel (Figura 3B) não interferiram na transpiração, as médias para os volumes de 0, 10, 25 e 35 ml foram 0,73; 0,82; 0,82 e 0,75 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente.

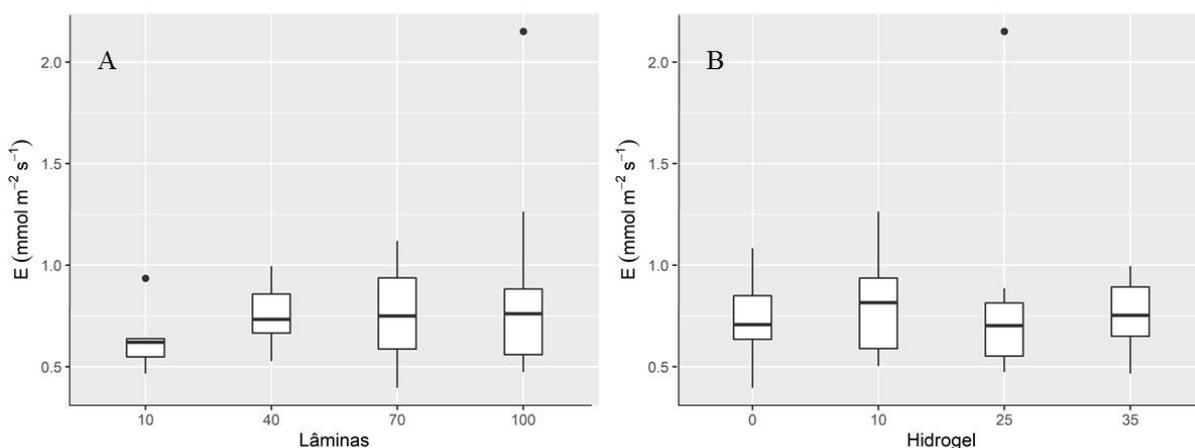


Figura 3. Transpiração (E) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

No que diz respeito a assimilação líquida de CO_2 (A) não houve efeito significativo para nenhum dos fatores avaliados, sendo que tanto em lâminas de irrigação (Figura 4A) quanto em volumes de hidrogel (Figura 4B) houve valores discrepantes. As médias de A para lâminas foram de 1,61; 2,41; 2,25 e 2,36 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente para as lâminas de 10, 40, 70 e

100%. Para volumes de hidrogel, as médias para os volumes de 0, 10, 25 e 35 mL foram de 1,96; 1,93; 2,63 e 2,49 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, respectivamente.

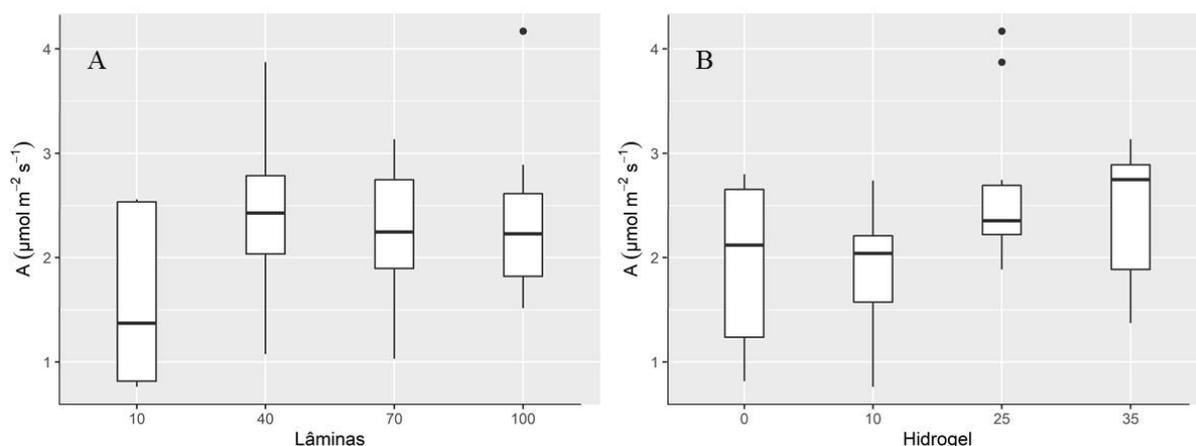


Figura 4. Assimilação líquida de CO₂ (A) em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial sob diferentes lâminas de irrigação (A) e volumes de hidrogel (B).

A não significância dos valores de concentração interna de CO₂, assimilação líquida de CO₂, transpiração e condutância estomática não necessariamente evidencia que as plantas irrigadas com lâminas menores não estavam sob condições de estresse, pois o abacaxizeiro quando submetido a um estresse migra seu metabolismo de C₃ para CAM e em condições normais tende a apresentar metabolismo C₃, sendo que o metabolismo CAM é mais eficiente e pode ter compensado as trocas gasosas em plantas sob estresse hídrico em relação as que não estavam sob estresse (metabolismo C₃) (SILVA, 2015).

4. CONCLUSÕES

A aplicação de hidrogel não influenciou nas trocas gasosas em mudas de abacaxizeiro cv. Imperial;

As trocas gasosas das mudas de abacaxizeiro não foram influenciadas pelas diferentes lâminas de irrigação

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMMAR, A. et al. Comparative physiological behavior of fig (*Ficus carica* L.) cultivars in response to water stress and recovery. **Scientia Horticulturae**, v. 260, p. 108881, 2020.

COSTA, G. F.; MARENCO, R. A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazônica**, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007.

DONAGEMA, G. K. et al. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos - Documentos, 2011. 230p.

DRANSKI, J. A. L. et al. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537–542, 2013.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353p.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Crops database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 02 de agosto 2019.

FARD, E. M. et al. Drought responsive microRNAs in two barley cultivars differing in their level of sensitivity to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 118, p. 121-129, 2017.

FERNANDES, D. A.; ARAUJO, M. M. V.; CAMILI, E. C. Crescimento de plântulas de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação e uso de hidrogel. **Revista de Agricultura**, v.90, n.3, p. 229-236, 2015. URL:

JACOBS, D. F.; LANDIS, T. D. **Fertilization**. In: DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (Eds.). **Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries**. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v.1, 2009. p. 201-215.

LÉCHAUDEL, M. et al. Genotypic and environmental effects on the level of ascorbic acid, phenolic compounds and related gene expression during pineapple fruit development and ripening. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 130, p. 127-138, 2018.

NAVROSKI, M. C. et al. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Floresta**, v.45, p.315-328, 2015.

NOSALEWICZ, A. et al. Transgenerational effects of temporal drought stress on spring barley morphology and functioning. **Environmental and Experimental Botany**, v. 131, p. 120-127, 2016.

NOVAES, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAUJO, J. D.; LOURENÇO, S. Método de Pesquisa em Fertilidade do Solo. Brasília: Embrapa Solos, p.189–253, 1991.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia agrícola**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, p. 173, 2007.

SANTOS, L. F. B. et al. Avaliação da condutância estomática na cultura do abacaxi sob irrigação nas condições da Chapada Diamantina. In: Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Artigo em anais de congresso (ALICE)**, 2016.

SILVA, F. G. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, 2015.

SILVA, J. M. **Fisiologia do abacaxizeiro 'Vitória' cultivado sob diferentes condições de adubação, no litoral norte da Paraíba**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, 2015.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A leitura de variáveis fisiológicas com equipamentos (IRGA, clorofiLOG FALKER® e fluorômetro) em abacaxizeiro é difícil quando as plantas estão jovens devido ao tamanho das folhas, o que pode influenciar nos resultados dessas variáveis;

Para a realização de pesquisas futuras relacionadas a estresse em abacaxizeiro, é recomendado a leitura de trocas gasosas em diferentes horários para observar a mudança no metabolismo, já que a espécie pode apresentar metabolismo C3 ou CAM.

A aplicação de hidrogel, sem que haja homogeneização em todo o substrato não é recomendado para o abacaxizeiro, sendo necessário pesquisas quanto a outras formas de aplicação para essa cultura.