



Universidade Federal  
de São João del-Rei

**ANA CLARA PIMENTA PEREIRA**

**BIOESTIMULANTES E ESTRESSE SALINO EM MUDAS  
MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV. PRATA GORUTUBA**

**SETE LAGOAS/MG  
2020**

**ANA CLARA PIMENTA PEREIRA**

**BIOESTIMULANTES E ESTRESSE SALINO EM MUDAS  
MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV. PRATA GORUTUBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João del-Rei, *campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos M. Rufini  
Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Ferreira B. Júnior; Dra. Miriã Cristina. P. Fagundes

**SETE LAGOAS/MG  
2020**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB) e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P436b Pereira, Ana Clara Pimenta.  
Bioestimulantes e estresse salino em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba / Ana Clara Pimenta Pereira ; orientador José Carlos Moraes Rufini; coorientador João Carlos Ferreira; Miriã Cristina Pereira Fagundes Borges Júnior. -- Sete Lagoas, 2020.  
70 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São João del-Rei, 2020.

1. aclimatização. 2. adaptação. 3. fisiologia. 4. anatomia. 5. conteúdo de nutrientes. I. Rufini, José Carlos

**ANA CLARA PIMENTA PEREIRA**

**BIOESTIMULANTES E ESTRESSE SALINO EM MUDAS  
MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV. PRATA GORUTUBA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João del-Rei, *campus* Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos M. Rufini  
Coorientador: Prof. Dr. João Carlos Ferreira B. Júnior; Dra. Miriã Cristina P. Fagundes

Sete Lagoas, 17 de março de 2020.

Banca examinadora:

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini – UFSJ

Prof. Dra. Aline de Almeida Vasconcelos – UFSJ

Prof. Dra. Leila Sales Pio– UFLA

---

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini (UFSJ)  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, às minhas irmãs e às minhas sobrinhas Alice e Laís, por todo o apoio, carinho e incentivo durante o mestrado.

Ao Cleiton, por me ajudar prontamente em todos os momentos e por todo o apoio.

Ao meu orientador Prof. Rufini, pela oportunidade, por todo o conhecimento transmitido e pela paciência durante a execução do projeto. Obrigada pelos seis anos de parceria.

Ao meu coorientador Prof. João Carlos, por se disponibilizar e por acrescentar tanto conhecimento técnico à minha formação.

À minha coorientadora Prof<sup>a</sup> Miriã, pela amizade e por ajudar incansavelmente em todos os aspectos deste projeto de forma presencial e à distância.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À equipe do GEFrut, pela prontidão em ajudar em qualquer momento e situação, inclusive aos finais de semana, feriados e horários depois do expediente.

Aos amigos da UFSJ, que fizeram parcerias para este projeto e por terem executado tão bem as atividades propostas.

Aos professores e técnicos da UFSJ, em especial aos professores Cléber, Aline, Nádia e Cristiano, e aos técnicos João Paulo, Édipo e Edmilson, pelo empréstimo de equipamentos fundamentais para a execução deste projeto, além da ajuda nas análises laboratoriais e de campo.

À Biocell Clonagem Vegetal e à Multitécnica, pela disponibilização das mudas, do espaço e dos produtos necessários para a execução deste projeto. Obrigada por acompanhar todo o experimento e dar dicas importantes para a melhoria da qualidade da pesquisa.

À administração, aos funcionários de campo e seguranças da UFSJ, por me auxiliarem no trabalho desenvolvido e na resolução de problemas, além da paciência durante os trabalhos realizados durante e depois do horário de aula.

Agradeço a todos que contribuíram imensamente para a realização deste trabalho.

## **BIOESTIMULANTES E ESTRESSE SALINO EM MUDAS MICROPROPAGADAS DE BANANEIRA CV. PRATA GORUTUBA**

**RESUMO** – A utilização de bioestimulantes tem se demonstrado eficiente para o estímulo do crescimento em espécies de interesse agrícola, a partir de mecanismos diretos ou indiretos. Da mesma forma, os bioestimulantes parecem possuir propriedades que atenuam os efeitos causados pelo estresse abiótico, como o salino, o qual é comum nas principais regiões produtoras de banana. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba durante a fase de aclimatização em resposta à aplicação de substâncias húmicas e extrato de alga, bem como a atuação desses bioestimulantes em condições de estresse salino. Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação. O experimento 1 consistiu em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em esquema fatorial 5x5, representado por cinco doses de MultiHumic®, produto à base de substâncias húmicas (0,3; 0,6; 0,9 e 1,2 mL planta<sup>-1</sup>), e cinco doses de MultiTurbo®, produto à base de extrato de alga marinha (0,034; 0,068; 0,102 e 0,136 mL planta<sup>-1</sup>). O experimento 2 foi feito em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas, representado por cinco níveis de salinidade (0, 400, 800, 1200 e 1600  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) como parcela, e bioestimulantes como subparcela, os quais foram MultiHumic®, MultiTurbo® e a associação dos dois. As aplicações dos produtos foram realizadas via substrato em ambos os experimentos. Foram realizadas avaliações biométricas, fisiológicas, anatômicas e nutricionais. Os resultados demonstraram que a aplicação de substâncias húmicas melhora a estrutura interna das folhas e favorece as trocas gasosas em mudas de bananeira cv. Prata Gorutuba durante a fase de aclimatização. A cultivar Prata Gorutuba parece ser capaz de se adaptar a maiores concentrações de sais durante a aclimatização, visto que não apresenta redução de parâmetros de crescimento, fisiológicos e de conteúdo de minerais. A utilização de substâncias húmicas e extrato de algas não reduz os efeitos causados pela alta salinidade da água de irrigação nas condições deste experimento.

Palavras-chave: aclimatização, adaptação, fisiologia, anatomia, conteúdo de nutrientes

## **BIOSTIMULANTS AND SALINE STRESS IN MICROPROPAGATED BANANA TREE CV. PRATA GORUTUBA SEEDLINGS**

**ABSTRACT** – The use of biostimulants has been shown to be efficient for stimulating growth in species of agricultural interest, through direct or indirect mechanisms. Likewise, biostimulants appear to have properties which are able to reduce the abiotic stress effects, like saline, which is common in the main banana producing regions. Therefore, this work aimed to evaluate the micropropagated seedlings of banana cv. Prata Gorutuba during the acclimatization stage in response to the application of humic substances and seaweed extract, as well as the performance of these biostimulants in the saline stress condition. Two experiments were conducted in greenhouse conditions. The first one was consisted of a completely randomized design (CRD), with three replications, in a 5x5 factorial scheme represented by five doses of MultiHumic®, a humic substance-based product (0,3; 0,6; 0,9 and 1,2 mL plant<sup>-1</sup>), and five doses of MultiTurbo®, a seaweed extract-based product (0,034; 0,068; 0,102 and 0,136 mL plant<sup>-1</sup>). The second experiment was conducted in a randomized block design (RBD), in a split-plot scheme, represented by five salinity levels (0, 400, 800, 1200 and 1600  $\mu$ S cm<sup>-1</sup>) as a plot, and biostimulants as a subplot, which were MultiHumic®, MultiTurbo® and both associated. The products applications were conducted via substrate in both experiments. Biometric, physiological, anatomical and nutritional assessments were carried out. The results demonstrated a greater effect with the applications of humic substances, once the internal leaves structure were improved and favored physiological parameters in banana seedlings cv. Prata Gorutuba during the acclimatization phase. The Prata Gorutuba seems to be able to adapt to the saline stress in acclimatization, whereas it did not show a reduction in growth, physiological and mineral content parameters. The use of humic substances and seaweed extract did not reduce the high salinity effects of the irrigation water.

**Keywords:** acclimatization, adaptation, physiology, anatomy, nutrient content

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>2</b>
2.1 Aspectos gerais da cultura da bananeira.....	2
2.2 Salinidade na agricultura .....	5
2.3 Respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas ao estresse salino.....	9
2.4 Utilização de bioestimulantes na agricultura.....	12
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>18</b>
3.1 Experimento 1 – Bioestimulantes .....	18
3.2 Experimento 2 – Salinidade .....	18
3.3 Avaliações biométricas.....	19
3.4 Avaliações fisiológicas .....	19
3.5 Avaliações anatômicas .....	20
3.6 Avaliações minerais.....	20
3.7 Análise estatística .....	21
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>21</b>
4.1 Experimento 1 – Bioestimulantes .....	21
4.2 Experimento 2 – Salinidade .....	32
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A bananeira é uma espécie amplamente cultivada no mundo em escala comercial. No Brasil, a cultura vem crescendo e ocupando lugar de destaque, levando o país à posição de quarto lugar em produção mundial (FAO, 2017). O estado brasileiro com maior produção é a Bahia, com participação de 14,9%. Entretanto, o Nordeste apresenta menor produtividade da bananeira em  $t\ ha^{-1}$ , perdendo para as regiões Sul e Sudeste (IBGE, 2019). Provavelmente, a ocorrência destes dados se deve à baixa tecnologia empregada no cultivo da bananeira na região, além da presença de solos e águas salinizadas e grandes períodos de seca (BORGES et al., 2009; GONDIM et al., 2009).

Fisiologicamente, as espécies frutíferas são classificadas como plantas C3, com altas taxas fotossintéticas e elevada transpiração (TAIZ et al. 2017). Dessa forma, a água é um dos principais fatores limitantes no que se refere à produção vegetal, podendo influenciar o metabolismo e provocar alterações morfológicas e fisiológicas nas espécies vegetais (DAMATTA, 2007 e LISAR et al., 2012). Em vista disso, a qualidade da água de irrigação é um fator importante a ser levado em consideração, visto que a salinidade da água e do solo é alta nas principais regiões produtoras de banana (RIBEIRO, 2010; BERNARDO et al., 2013).

A salinidade presente no ambiente de cultivo é resultado da elevada concentração de íons, o que caracteriza o estresse salino em plantas. Em tais condições, a disponibilidade de água para as plantas é reduzida devido à diminuição do potencial osmótico do solo. Como consequência, a planta demonstra maior dificuldade em captar a água pelas raízes, apresentando respostas similares ao estresse hídrico (WILLADINO & CAMARA, 2011).

Em mudas de bananeira, os fatores ambientais exercem grande influência no crescimento durante a fase de aclimatização e é o que vai influenciar o comportamento das plantas no campo. A obtenção das mudas é realizada a partir de técnicas de micropropagação, nas quais são obtidos clones em laboratório com garantia de sanidade, vigor e material genético. Após o período de formação de mudas em laboratório, as plantas são transferidas para casa de vegetação, onde começa a fase de aclimatização (SOUZA et al., 2000).

Uma alternativa que vem sendo bastante estudada, em condições normais ou em condições de estresse, é a utilização de bioestimulantes, caracterizados por

melhorar a eficiência da nutrição e da captação de água, induzir maior tolerância ao estresse abiótico e/ou melhorar características de qualidade da cultura, como estimular o crescimento de raízes (JARDIN, 2015).

A utilização de extratos de algas marinhas e substâncias húmicas, por exemplo, tem se apresentado como uma alternativa para estimular o crescimento de plantas ou para amenizar os efeitos causados por estresse abiótico (BLUNDEN, 1991; CRAIGIE, 2011). Entretanto, o efeito dos bioestimulantes depende da qualidade da fonte de extração, da concentração e da frequência de aplicação (NARDI et al., 2002) e, portanto, estudos mais aprofundados são importantes para entender os mecanismos envolvidos na ação dessas substâncias nas plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, as trocas gasosas, a anatomia e o conteúdo nutricional de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba durante a fase de aclimatização em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas e extrato de alga, bem como a atuação destes bioestimulantes sobre as mudas em condições de estresse salino na aclimatização.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Aspectos gerais da cultura da bananeira**

A bananeira é uma espécie amplamente cultivada no mundo em escala comercial. De acordo com os dados da FAO de 2017, o Brasil ocupou o quarto lugar em produção mundial, perdendo apenas para Índia, China e Indonésia. No mesmo ano, o estado brasileiro que mais a produziu foi a Bahia, com participação de 14,9% da produção nacional. Minas Gerais ocupou o terceiro lugar, com participação de 12%.

Quase 500 mil hectares de área plantada no Brasil correspondem à cultura da banana. Desta área, 40% está localizada na região Nordeste, com mais de 200 mil hectares plantados. A região Sudeste do país é responsável por 28% da área plantada, com cerca de 140 mil hectares. Já a região do Centro-Oeste do Brasil conta com 4,5% desse total, com algo em torno de 22 mil hectares de plantação (IBGE, 2019).

A região Nordeste é a que possui maior produção de banana, com mais de 2,5 milhões de toneladas, seguida pela região Sudeste, com 2,3 milhões de toneladas (IBGE, 2019). A região do Submédio São Francisco, localizada no oeste de Pernambuco e norte da Bahia, apresenta produtividade média superior à nacional,

sendo 35 t ha<sup>-1</sup> para as bananas do subgrupo Cavendish, 25 t ha<sup>-1</sup> para a Pacovan e 18 t ha<sup>-1</sup> para a Maçã (BORGES et al., 2009). Apesar disso, o Nordeste ocupa o terceiro lugar no quesito rendimento, com média de 14,5 t ha<sup>-1</sup>. A região Sul possui o maior rendimento, com mais de 21 t ha<sup>-1</sup> e o Sudeste possui média em de 17 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019).

As variedades mais cultivadas destinadas ao mercado interno no Brasil são as triploides do grupo genômico AAB, pertencentes ao subgrupo Prata (Prata, Pacovan e Prata Anã) ao subgrupo Terra (Terra e D'Angola), além da Maçã e Mysore. As cultivares Nanica, Nanicão e Grand Naine (AAA), do subgrupo Cavendish, são destinadas à exportação e indústria. As cultivares Ouro (AA), Figo (ABB) e Caru (AAA) são plantadas em menor escala (BORGES et al., 2009).

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, herbácea, monocotiledônea, pertencente à família Musaceae e ao gênero *Musa*. É de origem asiática e evoluiu a partir do cruzamento de espécies selvagens diploides *Musa acuminata* e *Musa balbisiana*, as quais contribuíram com os genomas representados pelas letras A e B e originaram as diversas variedades diploides, triploides e tetraploides de interesse agrônomo (DANTAS & FILHO, 2000).

A morfologia da bananeira é bem característica. Possui um caule subterrâneo denominado de rizoma, no qual estão apoiados todos os seus órgãos: raízes, gemas, rebentos, pseudocaule, folhas e frutos (SOTO BALLESTERO, 2000). O pseudocaule é formado por um conjunto de bainhas foliares e a inflorescência sai do centro da copa, com brácteas ovaladas, cujas flores nascem das axilas. Das axilas formam-se as pencas e os frutos (BORGES et al. 2000).

Durante os ciclos de produção, ocorrem brotações provenientes do rizoma da planta-mãe, as quais são chamadas de rebentos. A planta-mãe é a primeira planta estabelecida no campo a partir do plantio de uma muda. Os rebentos são novas plantas que produzirão frutos após a produção da planta-mãe, podendo ser denominados como filhos e netos. No ponto de ligação entre o rizoma da planta-mãe e do rebento, o córtex e o cilindro central apresentam uma região bastante comprimida por onde ocorrem as trocas, de seiva e hormônios. Portanto, as plantas de uma mesma “família” de bananeiras compõem um único sistema, interligado por seus rizomas (MOREIRA, 1998). O sistema radicular da bananeira encontra-se, em sua maioria, nos primeiros 40 cm do solo, porém, sua distribuição depende da genética da planta, do teor de água e das propriedades físicas do solo, principalmente

textura e estrutura (BORGES et al., 2009; COELHO et al., 2012).

Os solos em que a bananeira é cultivada precisam ser profundos e ter pelo menos 75 cm sem impedimentos, não ultrapassando o limite mínimo de 25 cm. Esses impedimentos envolvem camadas impermeáveis, pedregosas ou endurecidas e lençol freático muito raso. São condições que podem reduzir o desenvolvimento radicular em profundidade e, conseqüentemente, aumentar a possibilidade de tombamento (BORGES et al., 2000). Em relação às exigências nutricionais, a bananeira demanda grande quantidade de nutrientes, principalmente o potássio (K), visto que 41% do total de nutrientes na planta e 35% do total absorvido são exportados para os frutos (BORGES & OLIVEIRA, 2000). O nitrogênio é o segundo nutriente mais importante para a cultura (BORGES et al., 2009).

A condição climática tropical do Nordeste, favorável para o bom desenvolvimento e rendimento da cultura, torna o estado como um dos maiores produtores nacionais de banana (GONDIM et al., 2009). Temperaturas altas e uniformes, na faixa de 15 a 35°C e temperatura ótima de 28°C, resultam em desenvolvimento potencial da cultura. Temperaturas fora dessa faixa provocam distúrbios fisiológicos, inibição do crescimento, danos na inflorescência e redução da produtividade (BORGES et al., 2000).

Nas principais regiões produtoras brasileiras de banana, os índices pluviométricos são, em média, superiores a 1200 mm por ano. Contudo, a distribuição não é homogênea, o que resulta em um período de pelo menos seis meses de déficit hídrico (FIGUEIREDO et al., 2006). Nesses locais, as temperaturas são elevadas, a umidade atmosférica é baixa e a evapotranspiração é alta, principalmente durante o período seco (MARCHETTI & MACHADO, 1980; FERNANDES, 2015).

Além disso, é importante salientar que, fisiologicamente, as espécies frutíferas são classificadas como plantas C3, com altas taxas fotossintéticas e elevada transpiração (TAIZ et al., 2017). Dessa forma, o correto manejo da irrigação é importante para o cultivo de bananeira, principalmente no período crítico da cultura (BERNARDO et al., 2013). Diante desses fatos, é possível observar que a bananeira apresenta elevado e constante consumo de água, necessitando de 1200 a 1800 mm bem distribuídos ao longo do ano, ou, pelo menos, uma média mensal de 100 mm (BORGES et al., 2000; BORGES et al., 2009).

Para obtenção de alta produtividade, a qualidade das mudas utilizadas em plantios de bananeira é fundamental para o sucesso da produção e pode ser obtida a

partir de propagação vegetativa convencional ou por micropropagação, também chamada de propagação “*in vitro*”, que é a mais utilizada em escala comercial (SOUZA et al., 2000).

As mudas micropropagadas são clones obtidos em laboratório em alta densidade em curto espaço de tempo. As plantas apresentam garantia de sanidade, vigor e material genético, ao contrário da propagação convencional, que é lenta e aumenta a possibilidade de disseminação de pragas e doenças (SOUZA et al., 2000). A técnica consiste em utilizar vários pequenos segmentos de plantas, denominados como explantes. Em um ambiente totalmente estéril, para evitar contaminações com fungos e bactérias, os explantes são transferidos para um meio de cultura para formação de brotos. O meio de cultura pode conter reguladores de crescimento, como auxina e citocinina, e nutrientes (SOUZA et al., 2000).

Após o período de formação de mudas em laboratório, as plantas são transferidas para casa de vegetação com condições de umidade favoráveis para aclimatação. Os fatores ambientais exercem grande influência no desenvolvimento das plantas nessa fase e é o que vai predizer o comportamento das plantas no campo (SOUZA et al., 2000).

## **2.2. Salinidade na agricultura**

O estudo das respostas das plantas ao estresse salino possui extrema importância no Brasil, principalmente pelo alto índice de salinização que ocorre em áreas irrigadas do Nordeste. Por isso, é interessante identificar as práticas que objetivam melhor adaptação das culturas ao estresse e conhecer os mecanismos envolvidos nessas respostas. Esses fatores auxiliam, por exemplo, na seleção de genótipos tolerantes ou mais adaptáveis em programas de melhoramento, o que já é realidade no Brasil (GONDIM et al., 2009; SHINOZAKI et al., 2011; SILVA et al., 2013; SONG et al., 2018).

O estresse salino é um tipo de estresse abiótico caracterizado pelo aumento das concentrações de sais no ambiente de cultivo. Isso influencia vários aspectos que envolvem a produção vegetal, podendo torná-la economicamente inviável (BERNARDO et al., 2013). A salinidade na agricultura pode ser proveniente tanto da água, indicando sua qualidade, como do solo ou da associação dos dois, os quais podem conter sais a partir de condições naturais ou por ação antrópica (FERREIRA et al., 2010).

As águas mais salinizadas se concentram em regiões áridas, enquanto as que possuem menores teores de sal estão em regiões mais úmidas (HOLANDA et al., 2010). Cloro, sódio e boro são naturalmente encontrados na água e são os principais elementos que causam toxidez às plantas (SILVA et al., 2011).

A classificação da água quanto à sua salinidade está relacionada com a condutividade elétrica e é dividida em quatro tipos, são eles: C1 ou baixa salinidade (0 a  $250 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), utilizada em irrigação sem danos às culturas; C2 ou média salinidade ( $250$  a  $750 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), necessita de lixiviação moderada de sais ou utilização de culturas moderadamente tolerantes; C3 ou alta salinidade ( $750$  a  $2250 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), necessita de drenagem, irrigação localizada que mantenha o solo continuamente úmido e culturas altamente tolerantes aos sais; C4 ou muito alta salinidade ( $2250$  a  $5000 \mu\text{S cm}^{-1}$ ), não apropriada para irrigação (RICHARDS, 1954).

É difícil estabelecer limites permitidos da salinidade da água para fins agrícolas porque cada cultura tem seu nível de tolerância. Isso significa que água com uma determinada qualidade pode ser considerada como adequada para um tipo de solo e/ou cultura e inadequada para outros. Por isso, estudos com o ajuste de vários níveis de salinidade relacionados à resposta das espécies vegetais são importantes para entender esse nível de tolerância (SILVA et al., 2011).

Para fins comparativos, a espécie *Euhalophyte Salicornia europaea* L. é considerada uma das mais tolerantes ao sal do mundo, podendo tolerar mais de 1000 mM de NaCl (LV, 2012). Já no caso da bananeira, alguns estudos demonstram sensibilidade em concentrações próximas a 100 mM de NaCl, ou seja, dez vezes menor. Plantas sensíveis à salinidade são denominadas como glicofíticas e são capazes de ativar diversas respostas para conseguirem suportar as condições de estresse (TAIZ et al., 2017).

O desenvolvimento e a produtividade da bananeira são afetados quando a água utilizada para irrigação possui condutividade elétrica (CE) superior a  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$  e quando a razão de adsorção de sódio (RAS) é superior a 10,0 (COELHO et al., 2004). O aumento da salinidade afeta o potencial osmótico do solo e diminui a absorção de água pelas raízes das plantas. O aumento da RAS de um solo reduz sua capacidade de infiltração em camadas mais superficiais, que, por sua vez, diminui o suprimento de água para as culturas (SILVA et al., 2011).

Em relação aos solos, aqueles caracterizados pela presença de salinidade são classificados como halomórficos ou solos salinos e sódicos. No Brasil, além de ocorrer

no Rio Grande do Sul e no Pantanal Mato-Grossense, a maioria dos solos halomórficos ocorre no semiárido nordestino, maior região produtora de banana do Brasil, principalmente pela expansão dos cultivos irrigados e pelo uso de água salina na irrigação. Esses solos apresentam sódio trocável e/ou sais solúveis no horizonte ou em camadas mais superficiais, tornando-as impermeáveis (RIBEIRO, 2010; BERNARDO et al., 2013; IBGE, 2019). Netto et al. (2007) observaram maiores concentrações de sais e sódio nos primeiros 20 cm do solo em áreas agrícolas irrigadas em Sergipe, além do aumento de pH relacionado com a alta concentração de sódio trocável (acima de 15) e valores de condutividade elétrica maiores que  $2 \text{ dS m}^{-1}$ .

Os principais sais solúveis encontrados são cloretos, sulfatos e bicarbonatos sódio, cálcio e magnésio, além de potássio, amônio, nitratos e carbonatos (RIBEIRO, 2010). A concentração destes sais varia com a origem do solo e com a presença de matéria orgânica, além de apresentar flutuações de acordo com a época do ano em relação à chuva e à seca. Além disso, o tipo de manejo adotado, principalmente de adubação e irrigação, também influencia fortemente a salinidade (CARMO et al., 2003; MEDEIROS et al., 2008; FERREIRA et al., 2010). Segundo Kodva et al. (1973), a aplicação de água salina num solo sem problema de salinidade transforma-o em salino, mas é possível reduzir o nível de salinidade de um solo se a drenagem for adequada.

Esses tipos de solo são relacionados à restrição de drenagem aliada à baixa eficiência da irrigação em regiões com baixa pluviosidade e evapotranspiração elevada (RIBEIRO, 2010). Tais condições são comumente encontradas em regiões áridas e semiáridas, como o semiárido nordestino, em que a evapotranspiração é maior do que a precipitação em grande parte do ano. Desse modo, há aumento da salinização do solo quando a lâmina de água aplicada é insuficiente, visto que a lixiviação e o transporte de sais solúveis são restritos (HOLANDA et al., 2010; SILVA et al., 2011). Como consequência, ocorre rápida ascensão do lençol freático e um fluxo ascendente dos sais, o que causa desequilíbrio na quantidade de sais presente no solo, principalmente nas camadas mais superficiais (BERNARDO et al., 2013). Outro detalhe que deve ser levado em consideração é a deficiência de fontes de água de boa qualidade na região, principalmente por ser enriquecida com sais (GOMES et al., 2005; HOLANDA et al., 2010; JÚNIOR & SILVA, 2012).

Portanto, o manejo hídrico em regiões salinas deve ser criterioso e alguns aspectos devem ser levados em consideração. Um dos problemas mais comuns relacionados à salinidade da água é a velocidade de infiltração da água no solo, além da

redução do potencial osmótico, que diminui a disponibilidade de água no solo (SILVA et al., 2011). Gondim et al. (2009), em um sistema de irrigação por gotejamento em bananeiras, encontrou maior volume de água aplicado no bulbo molhado para atingir a umidade desejada quando a condutividade elétrica da água foi de  $0,55 \text{ dS m}^{-1}$  em comparação com CE de  $4,00 \text{ dS m}^{-1}$ . No mesmo estudo, a estimativa da evapotranspiração da cultura realizada por balanço hídrico foi menor de acordo com o aumento da concentração de sais, sendo 15% menor em CE de 1,7 a  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ . Também foi observado aumento da salinidade ao longo do perfil do solo após 440 dias do plantio, principalmente em camadas mais superficiais.

Em solos com alta salinidade, uma estratégia que pode ser utilizada é a lixiviação dos sais para retirá-los ou reduzir sua concentração na zona radicular, aplicando uma lâmina maior do que a lâmina necessária. Essa lâmina é determinada de acordo com a salinidade da água de irrigação e o nível crítico de tolerância da cultura. Em vista disso, é necessário também realizar técnicas de drenagem para retirar o excesso de água dos solos e diminuir a concentração de sais nas camadas superficiais (COELHO et al., 2004; COELHO et al., 2012).

O estudo da salinidade relacionado à resposta das plantas em condições de estresse é importante para fins agronômicos, tendo em vista que a cultura é o principal fator a ser levado em consideração para se conhecer os limites toleráveis ao sal e obter níveis satisfatórios na produção vegetal. As frutíferas e as hortaliças são consideradas culturas muito sensíveis à salinidade, enquanto o algodão, por exemplo, é bastante tolerante a sais (HOLANDA et al., 2010).

A fase inicial de crescimento na bananeira é considerada o período de maior sensibilidade da cultura ao estresse salino (WILLADINO et al., 2011). Os sintomas de toxicidade nas plantas aparecem quando os íons são acumulados em altos níveis nos tecidos vegetais a ponto de reduzir o desenvolvimento e o rendimento (SILVA et al., 2011).

### **2.3. Respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas ao estresse salino**

As espécies vegetais são constantemente submetidas a condições ambientais desfavoráveis, as quais podem limitar o crescimento e o desenvolvimento das plantas e influenciar o metabolismo, provocando alterações morfológicas e fisiológicas nas plantas (KOVTON, 2000; DAMATTA, 2007). Tais distúrbios podem ser causados por



fatores bióticos, relacionados a organismos vivos, como patógenos e insetos-praga, e abióticos ou fatores não vivos, ocasionando estresse nas plantas (TAIZ et al., 2017).

Água, luz, temperatura e disponibilidade de nutrientes e presença de toxinas, como sais e metais pesados, são fatores classificados como abióticos. Esses fatores afetam o crescimento e o desenvolvimento vegetal quando estão fora de seus limites normais e desencadeiam respostas bioquímicas e fisiológicas nas plantas para que elas sejam capazes de manter o crescimento e a reprodução (TAIZ et al., 2017). Essas respostas são precedidas por uma combinação de eventos moleculares envolvidos na percepção do estresse, com uma complexa rede de sinalização regulada por diversos genes, proteínas, moléculas reguladoras e compostos químicos que estabelecem diferentes rotas de acordo com as condições e com o nível do estresse (KOVTON, 2000; TAIZ et al., 2017; WILLADINO et al., 2017).

Diferentes tipos de estresses abióticos podem ocasionar respostas similares nas plantas, principalmente os estresses hídrico e salino. A redução da produtividade, por exemplo, é uma resposta comum às espécies de interesse agrônômico mesmo em baixo nível do estresse. Outras respostas mais específicas também podem ser observadas. O aminoácido prolina, a título de exemplo, é encontrado em bananeiras e é acumulado em situações de estresse salino, resultando na redução do potencial hídrico nas células e da turgidez celular (SREEDHARAN et al., 2013; TAIZ et al., 2017).

A bananeira, assim como outras culturas, apresenta dificuldade em extrair água do solo em situações de salinidade devido à redução dos potenciais osmótico e matricial do solo nestas condições, o que ocasiona a seca fisiológica (SILVA et al., 2011; COELHO et al., 2012). A maioria dos estresses abióticos, incluindo seca e salinidade, resultam em desidratação celular (SREEDHARAN et al., 2013). Isto posto, é possível relacionar as respostas das plantas ao estresse salino às respostas ao estresse hídrico.

Em situações ideais de cultivo, a transpiração das plantas é benéfica, pois a abertura dos estômatos permite as trocas gasosas e a perda de água torna-se vantajosa para a obtenção de produtos fotossintéticos essenciais ao crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017). Todavia, quando a planta não consegue extrair a água do solo ocorre o fechamento dos estômatos para evitar perda excessiva de água pela transpiração e desidratação celular. Logo, a fixação e assimilação de CO<sub>2</sub> também são afetadas e, como consequência, ocorre a diminuição da fotossíntese, o que pode explicar a redução do crescimento e da produtividade das culturas (GONDIM et al., 2006; MARTINAZZO et al., 2012).

Além disso, a seca ou salinidade excessiva da água de irrigação levam ao estresse osmótico, o que limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Outras condições, como temperatura muito baixa, seja a ponto de resfriamento ou congelamento, também podem ocasionar estresse osmótico pela redução da absorção de água e a desidratação celular. (ZHU et al., 1997).

As plantas respondem ao estresse osmótico com alterações morfológicas, anatômicas e celulares, além de apresentarem algumas respostas moleculares complexas, como a produção de proteínas do estresse e de osmólitos compatíveis (ZHU et al., 1997). As aquaporinas, por exemplo, são transportadores que promovem o fluxo de água através das membranas (via simplástica) e são reguladas por pH, concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e presença de espécies reativas de oxigênio (EROs), as quais são capazes de alterar a permeabilidade das células vegetais em situação de estresse salino ou hídrico. (TAIZ et al., 2017).

Alguns elementos reguladores referentes a estresse abiótico e a hormônios, como o ácido abscísico (ABA), foram identificados em promotores de genes relacionados à aquaporina em bananeiras (MaAQP). A expressão de outros genes também foi induzida por estresse hídrico e salino, como o MaTIP1;2, expressos em raízes, caules e frutos, com maior expressão em folhas, o que não ocorre em outras condições de estresse, como frio, alagamento ou dano mecânico (SONG et al., 2018). A presença do gene MusaPIP1;2 foi relacionada à rápida recuperação de bananeiras submetidas a estresses fisiológicos quando retornaram às condições normais (SREEDHARAN et al., 2013).

O ABA está relacionado a muitas respostas das plantas a estresses abióticos e pode influenciar na expressão de genes relacionados ao estresse. As expressões gênicas mediadas pelo ABA são controladas por receptores, transportadores secundários, proteínas quinase e fosfatase e cromatina (FUJITA et al, 2011). Os genes da família NAC apresentaram aumento na taxa de transcrição na presença do ABA. Isso demonstra que os genes foram regulados pelo ABA e que os mesmos possuem vários elementos responsivos ao ácido abscísico e, conseqüentemente, responsivos aos estresses abióticos, como seca, salinidade, estresse osmótico e frio (TAK et al., 2017; CHAUDHARI et al., 2019).

A denominação NAC (NAM: No Apical Meristem; ATAF: Arabidopsis transcription activation factor; e CUC: Cup-shaped Cotyledon) diz respeito a uma das maiores famílias de proteínas, caracterizada por regular as respostas a estresses bióticos e abióticos e conferir tolerância nas plantas (NURUZZAMAN et al., 2013). Alguns

genes desse grupo foram considerados sensíveis ao estresse hídrico, como os MaNAC77, 87, 100, 103 e 136, encontrados em bananeiras da cultivar Grand Naine. Nesse sentido, foi possível identificá-los porque a resposta das plantas foi comparativamente mais precoce e os níveis de transcrição aumentaram progressivamente diante das condições de estresse hídrico. Isso significa que esses genes são ativados em situações de estresse em plantas não tolerantes (CHAUDHARI et al., 2019). A identificação desses genes é importante porque eles possuem potencial para melhorar a resistência da bananeira ao estresse abiótico (HU et al., 2015).

A quantidade excessiva de sais causa efeitos na permeabilidade das membranas celulares e em algumas atividades enzimáticas, além de afetar funções do aparelho fotossintético e a absorção de água e nutrientes (ZHU, 2001; PRISCO & FILHO, 2010). As consequências do estresse salino envolvem o desequilíbrio iônico e o estresse osmótico, o que comumente resulta em estresses secundários, como os oxidativos (ZHU, 2001), assim como no estresse hídrico. Em tais condições, além de ocorrer a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs), intermediários provenientes do estresse oxidativo, ocorrem também mudanças no metabolismo, no balanço hormonal e nas trocas gasosas (PRISCO & FILHO, 2010).

Alguns exemplos de espécies reativas de oxigênio produzidas são o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), superóxido ou oxigênio singleto ( $\cdot O_2^-$  e  $\cdot O_2$ ) e radicais de hidroxila ( $\cdot OH$ ). São formas de oxigênio que possuem pelo menos um elétron não pareado em suas orbitais, caracterizando-as como altamente reativas. Quando se acumulam na planta, essas moléculas podem provocar mutações ao reagirem com o DNA e o RNA, além de ocorrer a desnaturação de proteínas, a oxidação de lipídios e membranas, a degradação de organelas e a morte celular (PRISCO & FILHO, 2010; TAIZ et al., 2017).

O baixo teor de água no solo resulta no aumento da resistência ao fluxo da água, principalmente próximo ao ponto de murcha permanente, o que dificulta a absorção de água pelas raízes (TAIZ et al., 2017). À vista disso, alguns processos fisiológicos também são influenciados pela deficiência hídrica, como redução da transpiração e do turgor das células vegetais, desidratação do aparelho fotossintético, diminuição da taxa de expansão das células e indução do fechamento estomático, o que altera as trocas gasosas. Todos esses fatores resultam em alteração das taxas fotossintéticas, desenvolvimento lento das plantas, aumento do comprimento e densidade do sistema

radicular, senescência parcial dos tecidos e redução da área foliar (FILHO, 2006 e LISAR et al., 2012).

A água do solo absorvida pelas raízes é translocada até à folha, perdendo-se na atmosfera por meio da transpiração (KERBAUY, 2008). A transpiração foliar está relacionada com a atividade dos estômatos. Essas estruturas influenciam a resistência à difusão de vapor de água e podem facilitar a perda de água pelas folhas. Apesar disso, as respostas à disponibilidade hídrica do solo também podem ter relação com a síntese de determinadas substâncias, como o Ácido Abscísico (ABA). O ABA, conhecido como hormônio do estresse, também está diretamente relacionado com o déficit hídrico e induz ao fechamento estomático em resposta à indisponibilidade hídrica no solo, sendo considerado um hormônio do estresse. O ácido abscísico estimula o crescimento de raiz e de caule em situações de abundância de água e promove a inibição dos mesmos fatores quando as plantas estão em extremo estresse hídrico (TAIZ et al., 2017).

A condição hídrica também influencia o equilíbrio do fluxo da água no sistema solo-planta-atmosfera. Algumas características inerentes ao caminho do fluxo também influenciam o balanço hídrico e variam de acordo com o potencial osmótico do solo (ELLI et al., 2013).

A resposta da planta à seca depende da espécie, do estágio fenológico, da intensidade, da duração e da frequência do déficit hídrico. As plantas controlam a perda de água a partir de adaptações baseadas em gradientes de concentração de vapor de água, de pressão e de potencial hídrico das células vegetais, os quais atuam no transporte de água intrinsecamente e entre a planta e o ambiente (TAIZ et al., 2017).

Geralmente, as cultivares de bananeira que possuem maior tolerância aos estresses abióticos possuem o genoma B. Este genoma possui diferentes rotas metabólicas e genes envolvidos para garantir a sobrevivência das plantas em situações adversas, inclusive rotas independentes do ABA que podem ser ativadas em situações de estresse, sem a necessidade de expressão da família NAC (CHAUDHARI et al., 2019). Ravi et al. (2013) afirma que as bananeiras pertencentes ao genoma ABB são comparativamente mais tolerantes à seca e a outros tipos de estresses abióticos em relação a outros genótipos.

Dessa forma, ao ocorrer esses danos a níveis moleculares e a interrupção da homeostase, o que está relacionado com o modo em que o organismo trabalha para manter o equilíbrio metabólico, o estresse abiótico compromete a expansão e a divisão das células, ocasionando a redução do crescimento vegetativo e reprodutivo e

acelerando o processo de senescência das folhas, podendo levar a planta a morte (ZHU, 2001; PRISCO & FILHO, 2010; TAIZ et al., 2017).

As plantas são capazes de se aclimatarem ou de se adaptarem às condições de estresse. A aclimação está relacionada a uma mudança fisiológica ou morfológica reversível a partir da exposição repetida ao estresse, visto que a expressão gênica pode ser alterada sem mudar o código genético do organismo. Assim, as plantas respondem às mudanças periódicas do ambiente. Já a adaptação baseia-se em mudanças genéticas provocadas pelo estresse ambiental fixadas em muitas gerações (TAIZ et al., 2017).

Porém, quando submetidas a condições de estresse que provocam grandes alterações em seu metabolismo, algumas espécies vegetais são capazes de restabelecer a homeostase e desintoxicar suas células mesmo em condições de alto estresse. Isso acontece a partir de atributos fisiológicos, estruturais e metabólicos, o que pode conferir, por exemplo, o nível de tolerância da planta. Essas plantas conseguem retomar o crescimento mesmo que a uma taxa reduzida (ZHU, 2001; PRISCO & FILHO, 2010).

O restabelecimento da homeostase consome energia consideravelmente, principalmente para manter a compartimentalização do sódio nas células e nos órgãos, o que influencia nas taxas de crescimento (WILLADINO et al., 2011). A manutenção da área foliar pode ser relacionada com a preferência por expansão foliar ao invés da emissão de novas folhas, visto que uma resposta comum em plantas submetidas a estresse salino é a redução do número de folhas (WILLADINO et al., 2011).

Mais especificamente, as plantas tolerantes ao estresse salino e aquelas que se desenvolvem em ambientes salinos, classificadas como halófitas, apresentam mecanismos de tolerância que envolvem síntese molecular, indução enzimática e transporte de membrana (TAIZ et al., 2017). Nesse seguimento, algumas plantas produzem osmólitos compatíveis e proteínas do estresse que impedem que as espécies reativas de oxigênio danifiquem as estruturas celulares, podendo eliminá-las (ZHU, 2001). Outras plantas podem, ainda, excretar os íons absorvidos ou até mesmo não absorvê-los, descartando-os. Além disso, pode ocorrer o sequestro dos íons do citosol para o armazenamento no vacúolo (TAIZ et al., 2017).

Diversas características podem influenciar a susceptibilidade ou a tolerância das plantas, como a interação com outros tipos de estresses, a duração da exposição ao estresse e o modo com que a planta é submetida a esse estresse, seja de forma abrupta ou escalonada. Além disso, a tolerância ou a susceptibilidade da planta ao estresse

abiótico pode variar com a espécie e até mesmo com o genótipo e com o estágio de desenvolvimento em que se encontra (PRISCO & FILHO, 2010).

A cultivar tetraploide Hill Banana (AAB) possui alta taxa de sobrevivência (80%) mesmo quando submetida a estresse hídrico. Esta cultivar parece não responder ao estresse tanto no campo quanto em condições controladas. Os estudos demonstram que a presença do genoma B é importante para melhor adaptação fisiológica ao estresse abiótico devido a diversos fatores moleculares, metabólicos anatômicos e estruturais. Em contrapartida, as bananeiras Cavendish cv. Grand Naine (AAA) não sobreviveram, o que indica ser, esta última, uma variedade sensível aos estresses impostos (CHAUDHARI et al., 2019).

#### **2.4. Utilização de bioestimulantes na agricultura**

Um bioestimulante vegetal é qualquer substância ou microorganismo, independentemente de seu conteúdo de nutrientes, aplicado às plantas com o objetivo de melhorar a eficiência da nutrição e da captação de água, induzir maior tolerância ao estresse abiótico e/ou melhorar algumas características da cultura, como estimular o crescimento de raízes (JARDIN, 2015). São considerados alternativas aos produtos químicos e são menos tóxicos ao meio ambiente, podendo ser destinados à produção orgânica ou a uma produção mais sustentável, mesmo em cultivos convencionais (ALBRECHT, 2019).

Diversas formulações com diferentes ingredientes ativos e combinações de fertilizantes podem fazer parte da constituição dos bioestimulantes, os quais podem apresentar mais de uma função e podem até mesmo ser um agente de biocontrole (ALBRECHT, 2019), como os inoculantes microbianos que atuam como biofertilizantes (CALVO et al., 2014). Os bioestimulantes mais populares são as substâncias húmicas (ácidos húmicos e fúlvicos), extratos de algas marinhas e bactérias e fungos benéficos. Outros tipos de substâncias também têm sido utilizados, como quitosana, silício e proteínas hidrolisadas (BATTACHARYA et al., 2015; PICHYANGKURA & CHADCHAWAN, 2015; ALBRECHT, 2019).

As substâncias húmicas, constituídas por ácidos húmicos, fúlvicos e humina, são os principais componentes da matéria orgânica do solo e afetam a maioria dos processos metabólicos das plantas (BERBARA & GARCÍA, 2014). A extração dessas substâncias é realizada a partir da decomposição de resíduos vegetais ou animais e do metabolismo de organismos microbianos presentes no solo, o que ajuda a explicar a sua diversidade

química e estrutural. Solos orgânicos, turfa, depósitos minerais de carvão e vermicomposto são boas fontes utilizadas na agricultura (BERBARA & GARCÍA, 2014; ALBRECHT, 2019).

Essas substâncias podem ter efeito indireto, como a redução da compactação do solo, por melhorar as propriedades físico-químicas, o que estimula o desenvolvimento radicular e aumenta a eficiência de absorção de nutrientes e água, ou direto, como a melhoria da biomassa total da planta. Também podem ter efeito sobre a transpiração e fotossíntese, ter atuação semelhante aos fitohormônios giberelina e auxina, além de induzir a modificações no genoma (NARDI et al., 2002; ASLI, 2010; ALBRECHT, 2019).

Diversos estudos demonstraram respostas benéficas das substâncias húmicas em bananeiras, como Gawad (2016), que reduziu em 20% a dose recomendada de NPK para fertirrigação em cultivar Grand Naine e obteve incremento em diâmetro do pseudocaule e área foliar, e Cabanilla et al.(2017), que obteve aumento da altura das plantas, no diâmetro do pseudocaule e na massa seca das plantas na variedade William. Entretanto, alguns estudos também demonstram a ineficiência das substâncias húmicas, em que a aplicação deste bioestimulante em diferentes metodologias não influenciou em parâmetros produtivos e de crescimento em bananeiras (DANTAS et al., 2007; HARTZ & BOTTOMS, 2010; MELO et al., 2016).

Os efeitos das substâncias húmicas dependem da fonte de extração, da concentração, da frequência de aplicação e da massa molecular da fração húmica (ASLI, 2010). As plantas absorvem melhor as substâncias húmicas com massa <3500 Da, visto que conseguem interagir com a membrana plasmática e induzir a respostas, como a melhor absorção de nitrogênio. Uma fração de tamanho molecular alto pode não ser absorvida e a interação pode ocorrer apenas em nível de parede celular (NARDI et al., 2002).

Além da massa molecular, a estrutura química também pode influenciar os efeitos na planta e afetar a qualidade da matéria orgânica. Ácidos graxos, nitrogênio e alguns fragmentos de lignina podem ser encontrados nas substâncias húmicas (BERBARA & GARCÍA, 2014), além da diferença na quantidade de betaínas, ácidos orgânicos, grupos .COOH e estruturas polares, o que determina a hidrofobicidade desses isolados (MUSCOLO et al., 2007). A determinação da hidrofobicidade dessas substâncias é importante por estar relacionada ao teor de carbono orgânico do solo, principalmente aos compostos orgânicos acumulados nas frações física e química da

humina, recobrando a superfície dos agregados e das partículas minerais. Isso interfere na capilaridade e na curva de retenção de água do solo, o que reduz o volume de água retido nos menores potenciais (VOLGEMANN, 2014).

As substâncias húmicas também têm capacidade de interação com íons metálicos, influenciando propriedades químicas do solo e, portanto, a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Isso ocorre porque há vários grupos funcionais oxigenados que, em comparação com o solo, estabelecem ligações mais estáveis com os elementos metálicos, como zinco, ferro, manganês e magnésio. Além disso, quando as substâncias húmicas estão na rizosfera, esse efeito hidrofóbico libera a ação de auxinas que estimula o crescimento das raízes. (ALBRECHT, 2019; BERBARA & GARCÍA, 2014).

A captação de  $\text{NO}_3$  pelas plantas pode ser aumentada a partir da utilização de substâncias húmicas, atuando na inibição da atividade da ATPase e a extrusão de  $\text{H}^+$  pelas raízes, o que demonstra o efeito em proteínas de transporte (NARDI et al., 2002). A influência dessas substâncias na fotossíntese pode ser pela indução dos teores de clorofila, por estímulo de atividades enzimáticas envolvidas no processo fotossintético e no metabolismo de carboidratos. Por fim, as substâncias húmicas parecem ter efeito na abertura estomática, mediada esta por enzimas relacionadas a processos envolvidos pela auxina (NARDI et al., 2002).

Os extratos de algas marinhas também possuem aplicações na agricultura. As espécies mais utilizadas são as marrons, verdes e vermelhas, pertencentes aos gêneros *Ascophyllum*, *Fucus* e *Laminaria*, as quais se apresentam na forma de pó solúvel ou formulações líquidas (ALBRECHT, 2019). Os principais componentes desses extratos são os polissacarídeos complexos, como alginatos e laminarinas, além dos ácidos graxos, vitaminas, fitohormônios (ácido abscísico, auxina, citocinina e giberelina) e nutrientes minerais, os quais são considerados promotores de crescimento e indutores de tolerância a estresse biótico e abiótico. Possuem propriedades condicionantes do solo e quelantes de metais, além de possuir atividade semelhante à de hidrogéis, por aumentar consideravelmente a disponibilidade de água para as plantas (ALBRECHT, 2019; BATTACHARYYA et al., 2015).

Pesquisas têm demonstrado que a utilização desses extratos promove uma maior germinação e o estabelecimento de plântulas, maiores teores de pigmentos fotossintéticos, aumento do crescimento radicular, absorção de nutrientes, resistência a pragas e doenças, bem como a estresses abióticos, principalmente à seca e à salinidade, além de melhorias na produção, na qualidade e na vida útil dos produtos de origem



vegetal (BLUNDEN, 1991; CRAIGIE, 2011). Alguns efeitos de extrato de algas já foram estudados para diferentes genótipos de bananeira. A cultivar Prata-Anã, por exemplo, apresentou maior concentração de clorofila *a*, *b* e *total* nas dosagens de 5,9 a 6,8 mL L<sup>-1</sup> de *Lithothamnium*. Entretanto, o comportamento não foi semelhante para *Hypnea*, em que maiores dosagens resultaram em menores concentrações dos pigmentos. Não houve efeito dos extratos de algas nas trocas gasosas, mas observou-se aumento do acúmulo de N, K, Ca, P, Mg e S nas folhas (BRANT, 2016).

A alga marrom *Ascophyllum nodosum*, uma das mais utilizadas comercialmente, também foi estudada para condições de estresse por congelamento. O extrato possui substâncias que permitem a manutenção da integridade da membrana e menor dano à clorofila durante o estresse, o que foi correlacionado com expressão reduzida dos genes da clorofilase, além dos genes de resposta ao frio, que conferem maior tolerância às baixas temperaturas (RAYIRATH et al., 2009).

Também foram observadas respostas fisiológicas da aplicação de extrato de algas em outras frutíferas submetidas a estresse abiótico, como em laranjeiras cv. Hamlin nos porta-enxertos Carrizo e citrumelo Swingle. As plantas apresentaram crescimento superior, mesmo em situação de restrição hídrica (50% de reposição da evapotranspiração), quando tratadas com extrato de *Ascophyllum nodosum* a 5 e 10 mL L<sup>-1</sup> via substrato e via foliar. O número de brotos, massa seca da parte aérea e área foliar também foram maiores com o extrato. A aplicação via substrato resultou em melhores resultados quando comparada com a aplicação foliar (LITTLE & SPAN, 2010).

No mesmo estudo, foi possível observar que os parâmetros fotossintéticos não se relacionaram positivamente com o uso do bioestimulante, visto ter havido redução da taxa de fotossíntese líquida em todos os tratamentos ao final do experimento. Porém, a aplicação da alga influenciou as relações hídricas ao reduzir o potencial hídrico negativo da folha. Em relação à condutância estomática, as plantas sobre Carrizo com extrato de alga obtiveram aumento desta variável antes do estresse hídrico, mas essa resposta não foi observada no porta-enxerto Swingle. Contudo, as plantas sobre o Swingle e tratadas com o bioestimulante apresentaram eficiência do uso da água similar aos tratamentos controle (LITTLE & SPAN, 2010).

Além disso, alguns componentes encontrados em extratos de algas marinhas têm efeitos na transcrição de genes de *Arapdopsis* e é possível encontrar respostas semelhantes no crescimento de monocotiledôneas (JANNIN et al., 2013). Também foram encontrados estudos que demonstram a ocorrência de efeitos em milho

(MATYSIAK et al., 2011), trigo (NELSON & VAN STADEN, 1986) e capim (ZHANG & EVIN, 2004).

### **3 METODOLOGIA**

Foram conduzidos dois experimentos com mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba durante a fase de aclimatização. As mudas foram obtidas em viveiro comercial e transplantadas para bandejas plásticas de 150 cm<sup>3</sup>, onde o experimento foi conduzido, contendo substrato comercial Carolina Soil®, à base de vermiculita, turfa de esfagno e casca de arroz carbonizada. A adubação foi realizada diariamente via fertirrigação, com 0,2 g L<sup>-1</sup> de sulfato de magnésio, 0,5 g L<sup>-1</sup> de nitrato de cálcio, 0,01 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico e 0,0004 g L<sup>-1</sup> de sulfato de zinco, molibdato de sódio e sulfato de cobre, alternados com PG Mix ® 14-16-18 a 0,3g L<sup>-1</sup> e KristaK ® 12-00-45 a 0,3 g L<sup>-1</sup>.

#### **3.1. Experimento 1 – Bioestimulantes**

O experimento 1 foi conduzido em Casa de Vegetação do viveiro comercial Biocell Clonagem Vegetal, localizado em Sete Lagoas, Minas Gerais. O período experimental foi de 40 dias, o qual compreendeu os meses de setembro e outubro de 2019.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Foi utilizado esquema fatorial 5x5, representado por cinco doses de MultiHumic®, produto à base de substâncias húmicas, sendo elas 0,3; 0,6; 0,9 e 1,2 mL planta<sup>-1</sup>, e cinco doses de MultiTurbo®, produto à base de extrato de alga marinha, sendo elas 0,034; 0,068; 0,102 e 0,136 mL planta<sup>-1</sup>. As doses determinadas foram baseadas na recomendação do fabricante e aplicadas via substrato no início do experimento. Cada parcela experimental foi composta por duas plantas, totalizando 75 parcelas experimentais e 150 unidades amostrais.

#### **3.2. Experimento 2 – Salinidade**

O experimento 2 foi conduzido em Casa de Vegetação, sob controle de temperatura (25°C) e umidade (70%), na Universidade Federal de São João del-Rei, *campus* Sete Lagoas, Minas Gerais. O período experimental foi de 40 dias, o qual compreendeu os meses de outubro a novembro de 2019.

O delineamento experimental adotado consistiu em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Foi utilizado esquema de parcelas subdivididas, representado por cinco níveis de salinidade (0, 400, 800, 1200 e 1600  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) como parcela, e bioestimulantes como subparcela, os quais foram aplicados via substrato e em dose única. Os bioestimulantes utilizados foram substâncias húmicas (SH), na dose de 5 mL  $\text{L}^{-1}$ , extrato de alga marinha (EA), na dose de 1 mL  $\text{L}^{-1}$ , a associação (SH + EA) e ausência de bioestimulantes (controle). As doses foram definidas de acordo com a recomendação do fabricante, seguindo a proporção do volume de substrato por célula da bandeja, e aplicadas no início do experimento. Cada parcela experimental foi composta por duas plantas, totalizando 80 parcelas experimentais e 160 unidades amostrais.

A manutenção da salinidade foi realizada a partir do controle da condutividade elétrica (CE) da água de irrigação, com auxílio de condutivímetro e adição de cloreto de sódio (NaCl) até atingir a CE desejada. Posteriormente, foi adicionada a solução de fertirrigação padronizada para todos os tratamentos, a qual apresentou média de 1400  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . As plantas foram irrigadas com água salina diariamente durante o período experimental.

### **3.3. Avaliações biométricas**

As avaliações biométricas consistiram em altura da parte aérea (APA), em cm, número de folhas (NF), diâmetro do pseudocaule (DP), em mm, comprimento de raiz (CR), em cm, massa verde da parte aérea (MvPA), em g, e massa verde da raiz (MvR), em g. As medições foram realizadas com auxílio de um paquímetro digital 150 mm, marca Lee Tools 684132, uma fita métrica e balança analítica de precisão. A área foliar (AF), em  $\text{cm}^2$ , foi obtida a partir do método de análise de imagem digital, com auxílio de *scanner*, e mensurada no software ImageJ.

A massa seca da parte aérea (MsPA), em g, e a massa seca da raiz (MsR), em g, foram obtidas a partir de secagem do material em estufa a uma temperatura de  $65^\circ\text{C}$  até atingir peso constante. Posteriormente, foram pesadas em balança analítica de precisão.

### **3.4. Avaliações fisiológicas**

As análises fisiológicas foram trocas gasosas, realizadas a partir do analisador de fotossíntese Infra-red Gas Analyzer (IRGA), modelo CID-340 Handheld Photosynthesis System. As variáveis analisadas foram taxa de fotossíntese líquida ( $P_n$ ), em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , taxa de transpiração (E), em  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , condutância estomática (C), em  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

<sup>1</sup> e déficit de pressão de vapor (DPV), em kPa. Os parâmetros fixos utilizados no equipamento foram: taxa de fluxo do analisador (FLOW), em 0,30 L min<sup>-1</sup>, taxa de fluxo de massa (W), em 0,30 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, com variação de + 0,01 e a pressão atmosférica (ATM), em 92,79 kPa. Foram realizadas duas leituras por unidade experimental no período de 9 às 11 horas, considerando a folha do terço médio totalmente expandida e fotossinteticamente ativa. Para índices de clorofila a, b e total, utilizou-se clorofilômetro modelo CFL1030 Falker.

### **3.5. Avaliações anatômicas**

Para o experimento 1 foram realizadas avaliações anatômicas no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de São João del-Rei. Para os cortes anatômicos foi utilizada a porção do terço médio da segunda folha expandida. As amostras foram fixadas em FAA70 (formaldeído, ácido acético glacial, etanol 70%, 1:1:18, v/v) e estocadas em etanol 70% (Johansen, 1940). Posteriormente, foram desidratadas em série etílica e incluídas em metacrilato (Historesin, Leica Instruments, Heidelberg, Alemanha).

Foram realizados cortes transversais a 4-6µm de espessura, obtidos em micrótomo rotativo de avanço automático (Zeiss RM55), com auxílio de navalhas de aço descartáveis. Os cortes foram corados com Azul de Toluidina, pH 4,0 (O'Brien e McCully, 1981). Para contabilização de células epidérmicas foram realizadas montagens de lâminas a partir da técnica de impressão epidérmica segundo Segatto et al. (2004).

Os parâmetros avaliados foram densidade estomática da face abaxial (DeAb) e da face adaxial (DeAd), determinados por número de estômatos/mm<sup>2</sup>, contabilizados com auxílio do StomataCounter, de acordo com Fetter et al. (2018). Também foi realizada espessura de epiderme e hipoderme das faces abaxial e adaxial, além da espessura do parênquima paliádico, em µm, com auxílio do software AxioVision LE64.

### **3.6. Avaliações minerais**

Para o experimento 2 foram determinados os teores de nutrientes da parte aérea (pseudocaule + folhas), com a utilização de material seco em estufa a uma temperatura de 65°C até atingir peso constante. As amostras foram moídas em moinho analítico e

seguidas para digestão nitroperclórica. Posteriormente, foi realizada análise dos teores de sódio (Na), cloreto (Cl), pelo método de Mohr, cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), pelo método turbidimétrico, e zinco (Zn), pelo método de espectrofotometria de absorção atômica, além dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). O conteúdo desses nutrientes foi estimado multiplicando-se os teores de nutrientes pelos respectivos valores de peso da massa seca da parte aérea.

### **3.7. Análise estatística**

A análise estatística foi realizada com auxílio do software R, versão 3.2.1, pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2014). Foram observados os pressupostos de normalidade com o teste de Kolmogorov-Smirnov e, quando atendidos, foi realizada análise de variância para todas as variáveis estudadas. Quando constatada a significância foram realizados o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para os fatores qualitativos e o teste de regressão para os fatores quantitativos.

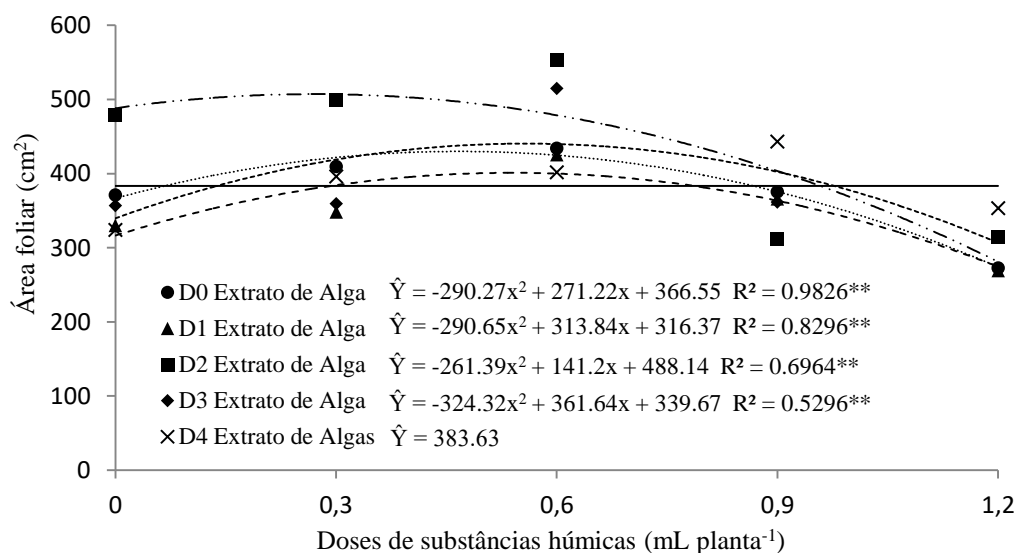
## **4 RESULTADOS E DISSCUSSÃO**

### **4.1. Experimento 1 – Bioestimulantes**

Os resultados das análises biométricas demonstraram que não houve diferença estatística para altura de plantas, diâmetro do pseudocaule, número de folhas e comprimento de raiz, com médias de 11,47 cm; 10,77 mm; 6,1 folhas e 16,22 cm, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados em estudos que relatam a ausência de efeito significativo de substâncias húmicas sobre variáveis de crescimento em diferentes genótipos de bananeira em fase de aclimatização (DANTAS et al., 2007; HARTZ & BOTTOMS, 2010; FERNANDEZ et al., 2016; MELO et al., 2016). Também não foi encontrada diferença para número de folhas, diâmetro do pseudocaule e comprimento de raiz para a Prata-Anã para diferentes de extratos de algas (BRANT, 2016).

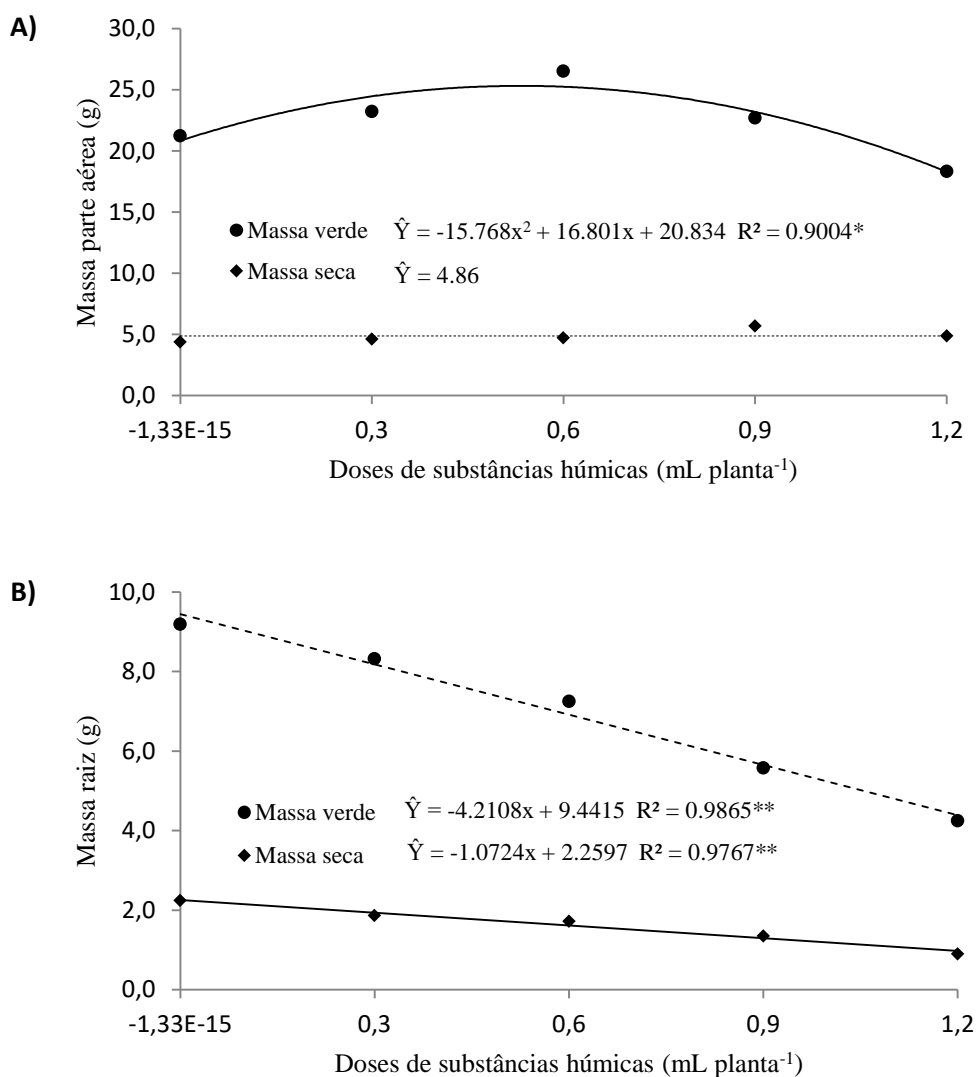
Houve interação significativa entre doses de extrato de alga marinha e substâncias húmicas para a variável Área Foliar (AF). O maior desenvolvimento de AF foi obtido com a dose estimada de 0,27 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas combinado a 0,102 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga, atingindo um valor de 507 cm<sup>2</sup>. Não houve diferença significativa para a dose de 0,136 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga (Figura 1).



**Figura 1** - Área foliar de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas associadas às doses de extrato de alga, referentes a 0 mL planta<sup>-1</sup> (D0), 0,034 mL planta<sup>-1</sup> (D1), 0,068 mL planta<sup>-1</sup> (D2); 0,102 mL planta<sup>-1</sup> (D4) e 0,136 mL planta<sup>-1</sup> (D4).

Altas doses de substâncias húmicas também resultaram em menores respostas nos parâmetros de crescimento da cultivar BRS Princesa (COELHO et al., 2016) e em clones micropropagados de Enano Guantanamero (FERNANDEZ et al., 2016). A bananeira Prata-Anã apresentou comportamento parecido para número de folhas, com redução para maiores doses em resposta à aplicação de extrato de alga (BRANT, 2016).

Não houve diferença significativa para massa verde e seca de raiz e parte aérea para todas as doses estudadas de extrato de alga. Também não houve diferença significativa de massa seca da parte aérea para as doses de substâncias húmicas. Entretanto, houve significância de massa verde e seca de raiz, bem como massa verde de parte aérea para as doses de substâncias húmicas (Figura 2).



**Figura 2** – Massa verde e seca de parte aérea (A) e massa verde e seca de raiz (B) de mudas micropropagadas de bananeira em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas.

A dose que conferiu maior resposta de massa verde de parte aérea foi de 0,53 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas, correspondendo a aproximadamente 25,31 g. Os tratamentos com extrato de alga obtiveram médias de 6,9 g para massa verde de raiz; 1,6 g para massa seca de raiz e 22,4 g para massa verde de parte aérea.

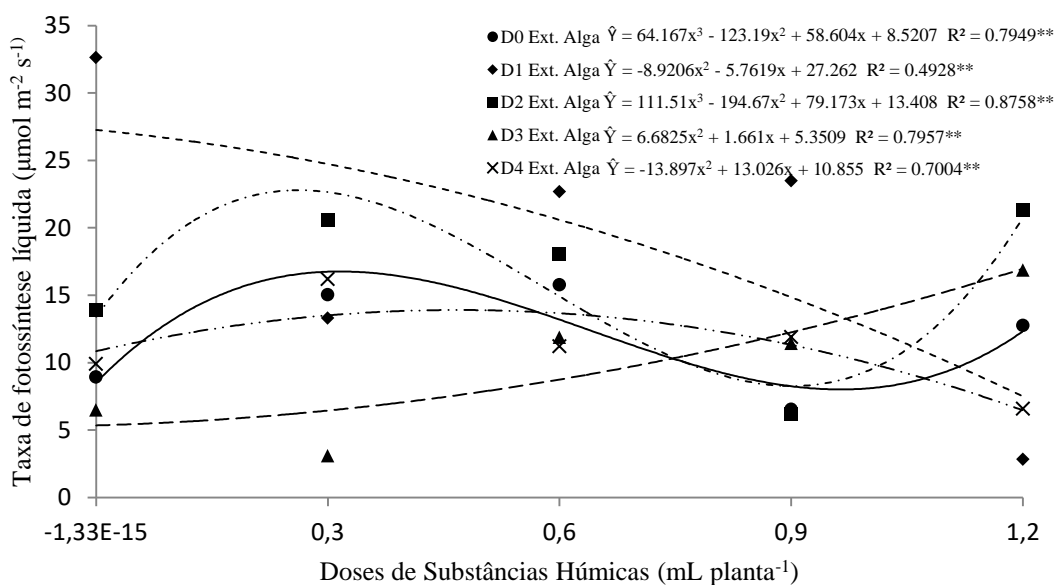
Diversos estudos relatam aumento no número de folhas, altura, diâmetro do pseudocaule, comprimento de raiz, massa verde e seca de parte aérea e raiz em resposta à aplicação de substâncias húmicas em mudas de bananeira em fase de aclimatização ou em fase inicial de crescimento no campo. A exemplo disso, pode-se citar a cultivar Grand Naine (EL-SHENAWI et al., 2008; GAWAD, 2016; SEENIVASAN & SENTHILNATHAN, 2017) e variedade William (CABANILLA et al., 2017).

Entretanto, a utilização de doses muito altas pode prejudicar o crescimento das raízes, como foi descrito por Asli (2010), juntamente com a redução nos parâmetros de crescimento.

A massa seca dos órgãos vegetais está relacionada à energia necessária na realização de processos metabólicos, bioquímicos ou fisiológicos, como a manutenção da permeabilidade da membrana, a qual requer um gasto de energia pelas células da raiz quando as plantas estão em condições desfavoráveis (TAIZ et al., 2017). Dessa forma, a planta direciona a energia para outros processos que não seja o crescimento, o que diminui a massa seca dos órgãos vegetais.

Para índices de clorofila, não houve diferença estatística nos índice de clorofila *a*, *b* e *total* para as doses estudadas, com médias de 56,4; 23,9 e 80,4. Resultado semelhante foi encontrado para mudas de Prata-Anã em aclimatização, em que o extrato da alga *Sargassum* não influenciou o conteúdo de clorofila nas folhas (BRANT, 2016).

Em relação aos parâmetros fisiológicos, houve interação significativa para a taxa de fotossíntese líquida para as doses de substâncias húmicas e extrato de alga (Figura 3).



**Figura 3** – Taxa de fotossíntese líquida de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas e extrato de alga, referentes a 0 mL planta<sup>-1</sup> (D0), 0,034 mL planta<sup>-1</sup> (D1), 0,068 mL planta<sup>-1</sup> (D2); 0,102 mL planta<sup>-1</sup> (D4) e 0,136 mL planta<sup>-1</sup> (D4).

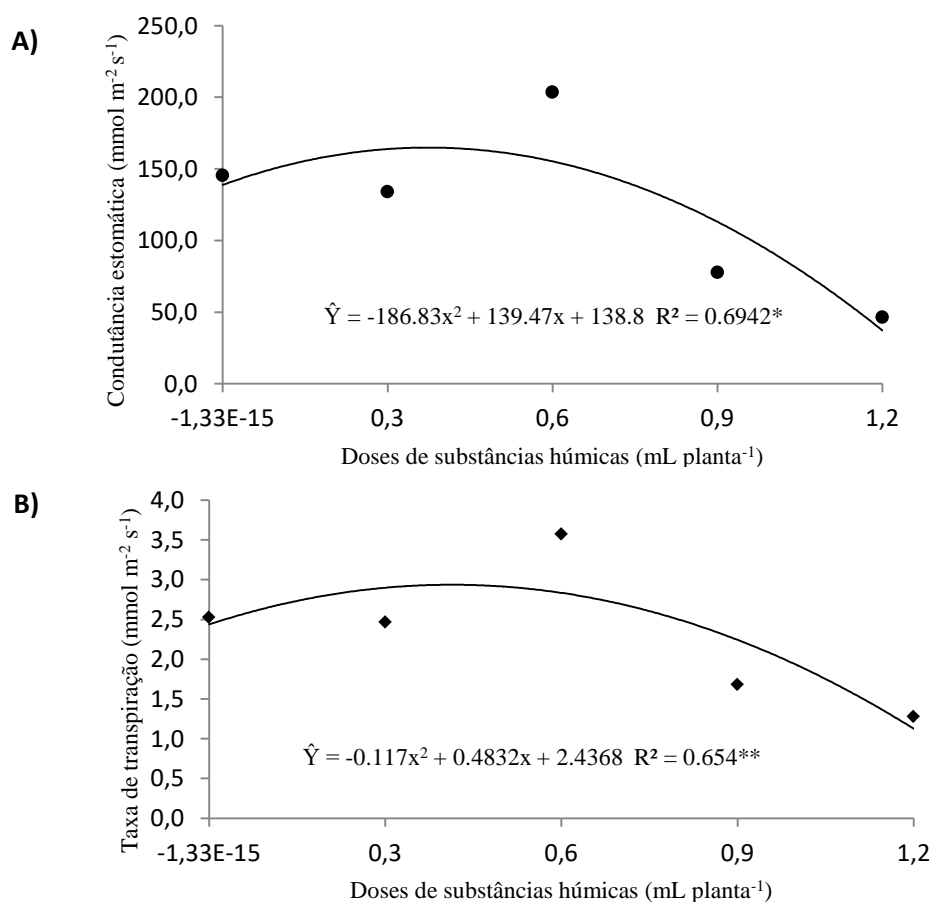
A maior resposta foi obtida na dose estimada de 0,32 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas associada a 0,034 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga, com resposta de 24,47 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. A bananeira Prata-Anã apresentou aumento da taxa fotossintética até



determinada dose de bioestimulantes e, a partir de tal dose, houve diminuição da fotossíntese com o aumento da dose aplicada nas mudas (BRANT, 2016).

A redução de fotossíntese reduz o crescimento das plantas, visto que diminui a assimilação de carbono empregado no crescimento. Isso acontece porque a energia necessária para processos metabólicos é proveniente da respiração, que, por sua vez, utiliza-se de substratos originados na fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Tal fato pode explicar a resposta de alguns parâmetros de crescimento encontrados neste estudo, como redução da área foliar, massa verde da parte aérea e massa verde e seca de raiz em doses elevadas de substâncias húmicas. O crescimento das plantas só é favorecido em doses adequadas dos bioestimulantes, podendo ter efeito negativo quando aplicados em excesso.

A taxa de transpiração (E) e a condutância estomática (C) não apresentaram diferença significativa para as doses de extrato de alga. Todavia, as mesmas variáveis apresentaram diferença para as doses de substâncias húmicas (Figura 4).



**Figura 4**– Condutância estomática (A) e taxa de transpiração (B) de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas.

A taxa de transpiração reduziu com as maiores doses de substâncias húmicas, com melhor resposta obtida na dose de 0,41 mL planta<sup>-1</sup>, a qual atingiu um valor de 2,94 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. A condutância estomática apresentou comportamento similar, com redução nas maiores doses de substâncias húmicas. A resposta máxima foi obtida pela dose estimada de 0,37 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas, com média de 164,83 mmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. Resultados semelhantes foram encontrados em plantas de pepino (OLAETXEA et al., 2015) e milho (ASLI, 2010).

A transpiração das plantas é benéfica, pois a abertura dos estômatos permite as trocas gasosas e a perda de água torna-se vantajosa para obtenção de produtos fotossintéticos essenciais para o crescimento das plantas (TAIZ et al., 2017). Este processo ocorre a partir da absorção da água do solo absorvida pelas raízes, a qual é translocada até à folha, perdendo-se na atmosfera por meio da transpiração (KERBAUY, 2008). Todavia, em situações desfavoráveis ocorre o fechamento dos estômatos para que se evite perda excessiva de água pela transpiração e desidratação celular (TAIZ et al., 2017).

Asli (2010) descreveu que a redução da transpiração em altas doses de substâncias húmicas em plântulas de milho reduz a condutividade hidráulica das raízes. Isso ocorre porque, provavelmente, as substâncias húmicas são absorvidas por fluxo de massa e, em grande quantidade, ocorre acúmulo físico das moléculas na parede de células das raízes. Dessa forma, há diminuição do fluxo de água por um efeito osmótico, por redução de poros da parede celular ou, até mesmo, por uma interação com a parede celular e, como consequência, a planta evita perda de água por transpiração. Esta informação também foi demonstrada por Olaetxa et al. (2015) em plantas de pepino.

A redução da transpiração está relacionada à atividade dos estômatos, porque tais estruturas influenciam a resistência à difusão de vapor de água e a perda de água pelas folhas. Nas situações desfavoráveis, o fitohormônio ácido abscísico (ABA) induz o fechamento estomático para evitar perda de água por transpiração (TAIZ et al., 2017). Em bananeiras, alguns elementos reguladores referentes a estresse abiótico e ao ácido abscísico (ABA) foram identificados em promotores de genes relacionados à aquaporina, os quais apresentaram maior expressão em folhas das plantas submetidas a estresse salino e hídrico. Essas respostas também foram relacionadas a uma rápida recuperação de bananeiras submetidas a estresses fisiológicos quando retornaram às condições normais (SREEDHARAN et al., 2013; SONG et al., 2018).

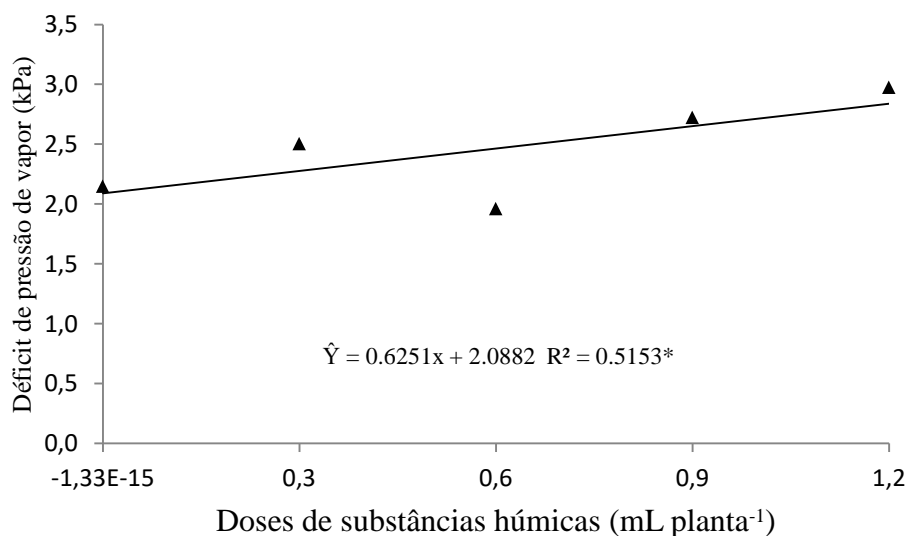
O fechamento estomático, caracterizado por valores mais baixos de condutância estomática, em conjunto com a redução da transpiração, diminui a captação de CO<sub>2</sub> atmosférico e desfavorece a fotossíntese pela redução de CO<sub>2</sub> no sítio ativo da rubisco, enzima responsável pela primeira reação de carboxilação da fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Dessa forma, a redução da transpiração reduz a fixação e a assimilação de CO<sub>2</sub> e, como consequência, ocorre a diminuição da fotossíntese, o que pode explicar a redução do crescimento das plantas (GONDIM et al., 2006; MARTINAZZO et al., 2012), como o obtido no presente experimento (Figura 7).



**Figura 5** – Mudanças micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de substâncias húmicas (MultiHumic®) e extrato de alga (MultiHumic®).

Diante desse fato, a utilização de altas doses de substâncias húmicas pode ser prejudicial às plantas em longo prazo, uma vez que as altas doses não afetaram o crescimento das mudas em maiores proporções durante o período experimental, mas afetou todos os parâmetros fisiológicos. Apesar disso, as trocas gasosas e a área foliar foi favorecida em determinadas doses de substâncias húmicas.

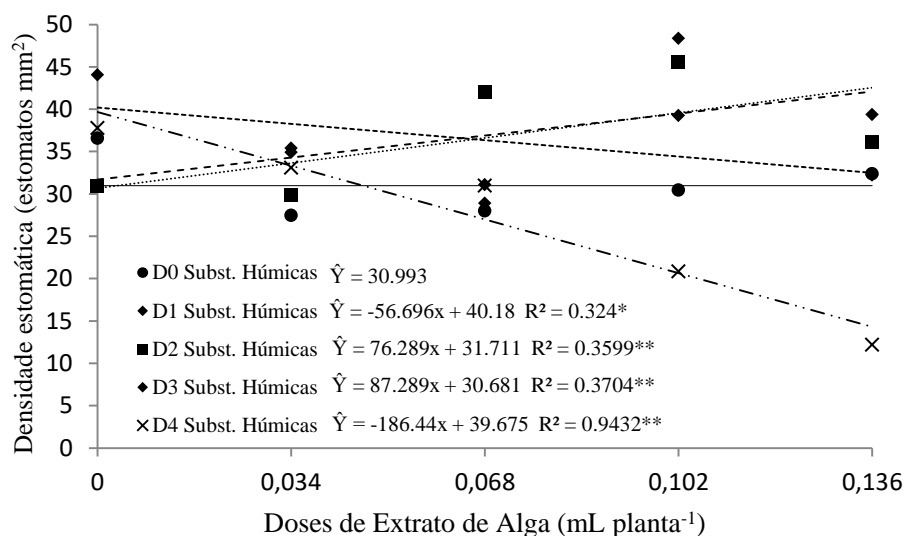
Como consequência, o déficit de pressão de vapor apresentou diferença significativa para as doses de substâncias húmicas, com maior valor nas maiores doses (Figura 6).



**Figura 6** – Déficit de pressão de vapor de mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Gorutuba em diferentes doses de substâncias húmicas.

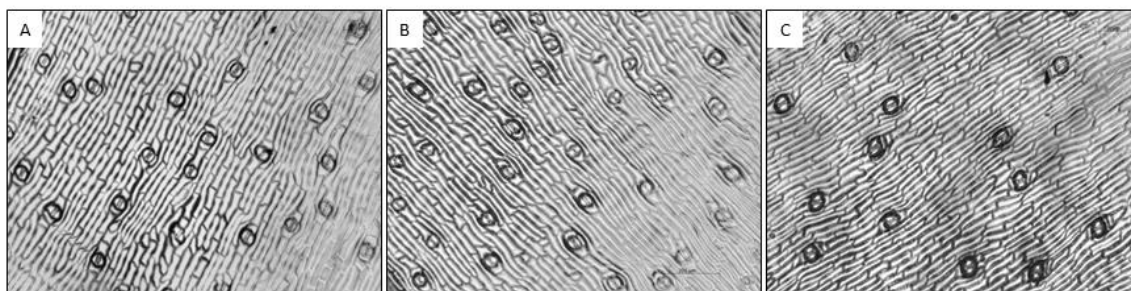
Os maiores valores de déficit de pressão de vapor encontrados nas maiores doses de substâncias húmicas estão condizentes com a redução da transpiração e, consecutivamente, da redução da condutância estomática e da taxa fotossintética. A diferença de pressão de vapor da folha é maior em menores taxas de transpiração, visto que a temperatura foliar fica mais alta. A transpiração reduz a temperatura porque o processo de evaporação da água da folha requer remoção de grande quantidade de calor desse órgão (TAIZ et al., 2017).

Para as avaliações anatômicas, não houve diferença estatística em densidade estomática da face abaxial nos tratamentos estudados, com média de 103,74 estômatos mm<sup>2</sup>. Entretanto, houve interação significativa para a densidade estomática da face adaxial (Figura 7).



**Figura 7** – Densidade estomática da face adaxial em mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Gorutuba em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas, referentes a 0 mL planta<sup>-1</sup> (D0); 0,3 mL planta<sup>-1</sup> (D1); 0,6 mL planta<sup>-1</sup> (D2); 0,9 mL planta<sup>-1</sup> (D3) e 1,2 mL planta<sup>-1</sup> (D4).

As doses de 0,3 e 0,6 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas apresentaram densidade estomática crescente com o aumento das doses de extrato de alga. Já para 0,9 e 1,2 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas, a quantidade de estômatos por mm<sup>2</sup>decreceu com o aumento das doses de extrato de alga, mas, comparativamente, apresentou maior média nos tratamentos sem substâncias húmicas (Figura 8).



**Figura 8** – Fotomicrografias de seções paradermicas da face adaxial de folhas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de 0,3 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas (A), 0,3 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas + 0,136 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga (B) e 1,2 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas + 0,136 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga.

Maior densidade estomática da face adaxial também foi encontrada para banana Maçã tratada com fontes de silício (ASMAR et al., 2013), com resultados próximos aos encontrados no presente estudo. Já para a Prata-Anã, não houve diferença significativa para os estômatos da face abaxial quando estimulada pela aplicação de diferentes doses de extratos de alga (BRANT, 2016), com valores superiores aos encontrados neste

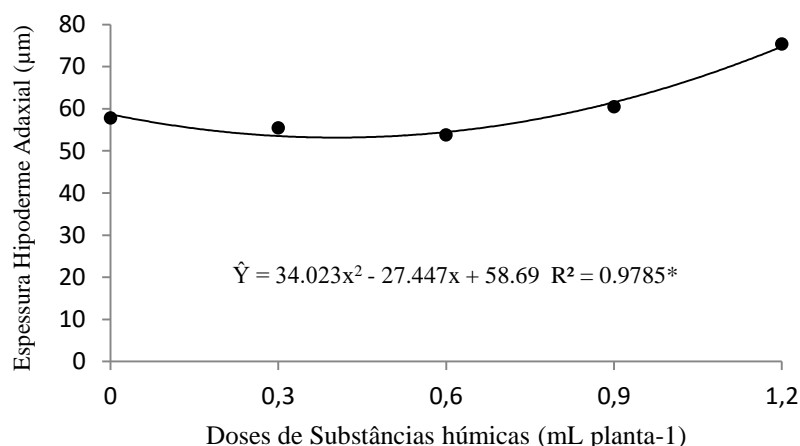
estudo. Entretanto, a face adaxial apresentou melhores resultados nos tratamentos sem os extratos de alga (BRANT, 2016).

Os bioestimulantes podem favorecer o crescimento a partir de adaptações morfológicas que permitem maior captação de CO<sub>2</sub> e melhor utilização de radiação incidente nas folhas (ASMAR et al., 2013). Os estômatos são estruturas responsáveis por trocas gasosas entre os ambientes externo e interno dos órgãos, mediadas pela abertura ou fechamento da fenda estomática, processo que é controlado a partir da variação de turgescência (ALQUINI et al., 2013). O aumento da quantidade de estômatos na superfície foliar pode aumentar taxas fotossintéticas devido à maior captação de CO<sub>2</sub> (ASMAR et al., 2013; TAIZ et al., 2017).

Não houve diferença estatística para a espessura das epidermes adaxial e abaxial. Foi possível observar que a espessura da epiderme adaxial é maior que a espessura da epiderme abaxial, com médias de 12,9 µm e 10,9 µm, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados para o genótipo Japira (COSTA et al., 2009).

A epiderme possui função de revestimento, a qual é capaz de influenciar as trocas gasosas realizadas pelos estômatos e restringir a perda de água, visto serem células perfeitamente justapostas e sem espaços intercelulares (ALQUINI et al., 2013). Ela atua como forma de adaptação mecânica para tolerar estresses ambientais. Entretanto, possui uma estrutura que permite a passagem da radiação fotossinteticamente ativa para alcançar a clorofila e as células subjacentes (CUTLER et al., 2011).

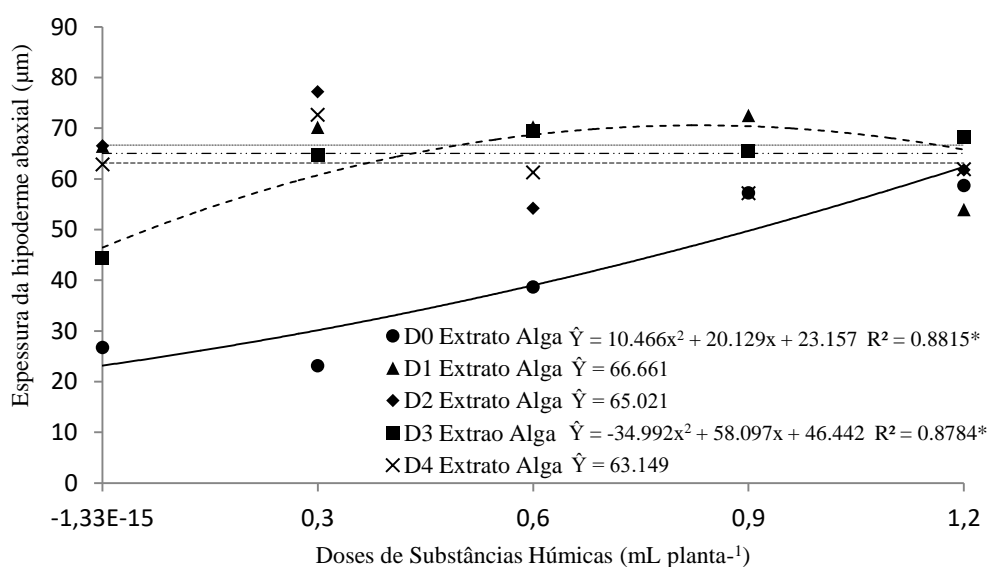
Houve diferença significativa para espessura da hipoderme adaxial apenas para as doses de substâncias húmicas testadas (Figura 9).



**Figura 9** – Espessura da hipoderme adaxial em mudas micropropagadas de bananeira cultivar Prata Gorutuba em diferentes doses de substâncias húmicas.

A dose de 1,2 mL planta<sup>-1</sup> resultou em uma média de espessura da hipoderme adaxial de 75,3 µm, valor 23% maior em relação ao tratamento controle, a qual obteve média de 57,8 µm. Resultados semelhantes foram encontrados para mudas de bananeira Maçã tratadas com diferentes fontes de silício, com aumento de 26% na espessura da hipoderme adaxial (ASMAR et al., 2013). A bananeira Japira (AAAB), aos 42 dias de aclimatização, apresentou espessura da hipoderme adaxial de 87,8 µm (COSTA et al., 2009).

Houve interação significativa para as doses de substâncias húmicas e extrato de alga para o parâmetro de espessura da hipoderme abaxial (Figura 10).

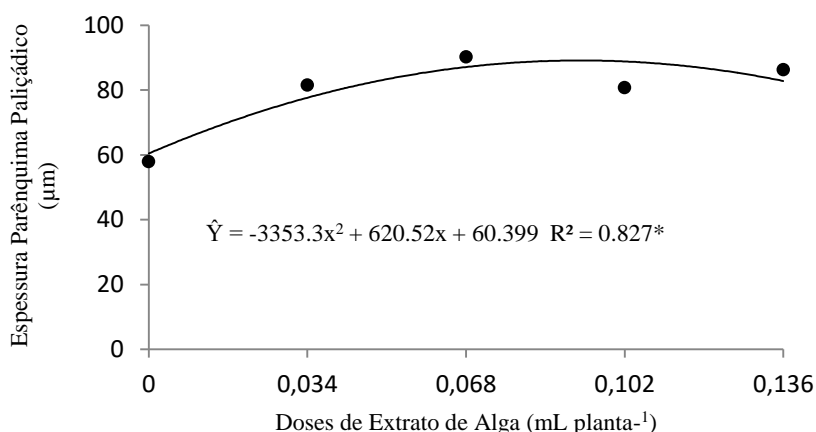


**Figura 10** – Espessura da hipoderme abaxial em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de diferentes doses de substâncias húmicas e extrato de alga, referentes a 0 mL planta<sup>-1</sup> (D0), 0,034 mL planta<sup>-1</sup> (D1), 0,068 mL planta<sup>-1</sup> (D2); 0,102 mL planta<sup>-1</sup> (D3) e 0,136 mL planta<sup>-1</sup> (D4).

A espessura da hipoderme abaxial foi maior na dose estimada de 0,83 mL planta<sup>-1</sup> de substâncias húmicas associada a 1,02 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga, resultando em uma resposta de 70,55 µm. Resultados semelhantes foram encontrados para mudas de bananeira Maçã tratadas com diferentes fontes de silício, com aumento de 18,45% na espessura da hipoderme abaxial (ASMAR et al., 2013). A bananeira Japira (AAAB), aos 42 dias de aclimatização, apresentou espessura da hipoderme abaxial de 60,6 µm (COSTA et al., 2009), com menor média do que a encontrada neste estudo

A hipoderme é formada por divisões periclinais na protoderme e se localiza abaixo da epiderme, esta última formada por divisões anticlinais. Por isso, podem ter a mesma função de impedimento de choques mecânicos e restrição da perda de água. (ALQUIN et al., 2013). A hipoderme pode, ainda, armazenar água ou ser uma barreira à transpiração excessiva (CASTRO et al., 2009), característica importante em condições de estresses ambientais.

Para espessura de parênquima paliçádico, houve diferença significativa apenas para as doses de extrato de alga estudadas (Figura 11).

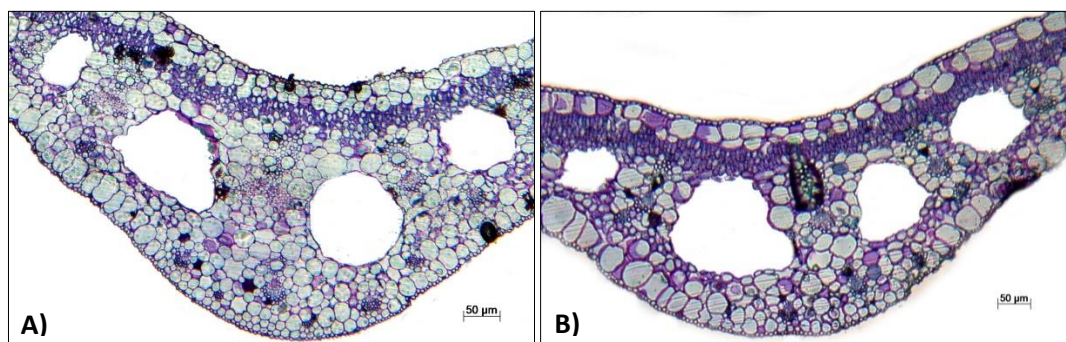


**Figura 11** – Espessura do parênquima paliçádico em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de diferentes doses de extrato de alga.

A dose de 0,092 mL planta<sup>-1</sup> resultou na maior espessura de parênquima paliçádico estimada, a qual foi de 89,1 µm. Esta resposta apresentou valor 35% maior que o tratamento controle (Figura 12). Resultados semelhantes para espessura do parênquima paliçádico foram encontrados para mudas de bananeira Maçã em diferentes fontes de silício, com aumento de 28% no parâmetro (ASMAR et al., 2013). As células mais alongadas do parênquima paliçádico foram encontradas em cv. Caipira, o que foi associado a uma melhor adaptação fisiológica, por ser benéfico para o processo de



fotossíntese (COSTA et al., 2009). Alterações anatômicas também foram observadas em cevada sob aplicação de substâncias húmicas (ÇAVUŞOĞLU & ERGIN, 2015).



**Figura 12** – Secções transversais foliares de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta ao tratamento controle (A) e à aplicação de 0,102 mL planta<sup>-1</sup> de extrato de alga.

A organização de toda a estrutura interna da folha corrobora os resultados encontrados por Costa et al., (2009), Asmar et al. (20) e Brant (2016). O parênquima paliçádico é um tipo de parênquima clorofiliano, classificado como fotossintetizante por possuir cloroplastos que convertem energia luminosa em energia química, armazenada em forma de carboidrato (SCATENA & DIAS, 2013). É essencial para a absorção de luz de forma uniforme por toda a folha. O maior desenvolvimento de parênquima paliçádico significa que a planta investiu energia para melhorar a transmissão da luz incidente para o interior da folha (TAIZ et al., 2017). Essas características podem explicar a variação dos parâmetros fotossintéticos nos tratamentos, mesmo com índices de clorofila iguais.

Dessa forma, a resposta obtida para espessura de parênquima paliçádico sugere que a adição de substâncias húmicas promoveu maior taxa de fotossíntese líquida em conjunto com maior espessamento do parênquima paliçádico, o que pode melhorar a utilização da radiação incidente, corroborando Asmar et al. (2013).

Os resultados encontrados corroboram os estudos que afirmam que o efeito das substâncias húmicas depende de alguns fatores, como concentração, frequência de aplicação e fonte de extração (ASLI, 2010), bem como a espécie e as condições de cultivo (HALPERN et al., 2015). Os benefícios dessas substâncias concentram-se nos efeitos sobre transpiração e fotossíntese e na atuação semelhante aos fitohormônios giberelina e auxina (ALBRECHT, 2019; ASLI, 2010; NARDI et al., 2002). Além disso, quando as substâncias húmicas estão na rizosfera, ocorre um efeito hidrofóbico que libera a ação de auxinas e estimula o crescimento das raízes. (ALBRECHT, 2019;

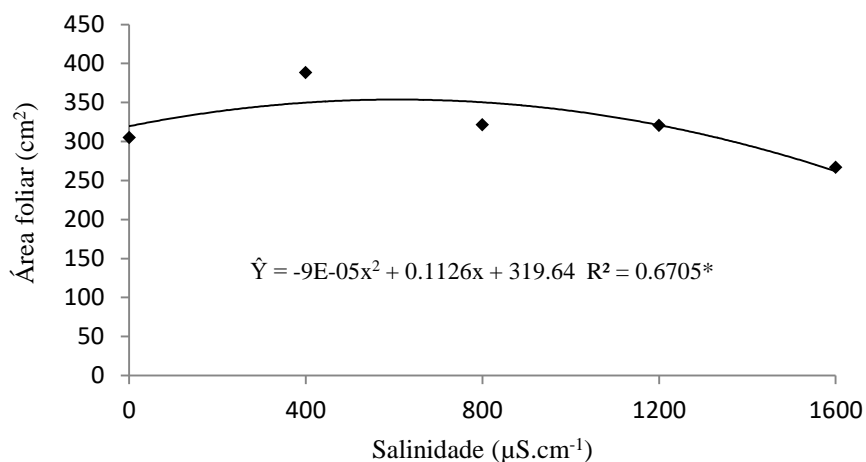
BERBARA & GARCÍA, 2014). Essas substâncias também têm efeito na abertura estomática mediada por enzimas relacionadas a processos envolvidos pela auxina (NARDI et al., 2002).

#### **4.2. Experimento 2– Salinidade**

Não houve diferença estatística para as variáveis altura de plantas (AP), diâmetro do pseudocaule (DP) e número de folhas (NF), com médias de 10,44 cm; 13,1 mm e 6,3 folhas. O comprimento de raiz não apresentou diferença estatística para os tratamentos estudados, com média de 21,8 cm.

Os níveis de salinidade resultaram diferentes respostas em estudos com bananeiras durante a fase de aclimatização. Os genótipos foram considerados sensíveis ou tolerantes ao estresse salino de acordo com os resultados obtidos. Os genótipos sensíveis apresentaram redução dos parâmetros de crescimento em maiores níveis de salinidade, como o Berlim (WILLADINO et al., 2017), Ouro e Calcuttá (JUNIOR et al., 2012), Pacovan e Mysore (FILHO et al., 1995) e o Microcarpa (SILVA et al., 2009). Já os genótipos resistentes apresentaram pouca ou não apresentaram redução nas variáveis de crescimento, como o genótipo Lidi (JUNIOR et al., 2012), Tap Maeo (WILLADINO et al., 2017), Nanica e Nanicão (FILHO et al., 1995), o genótipo diploide 0116-01 (SILVA et al., 2009) e Pacovan (SILVA et al., 2005).

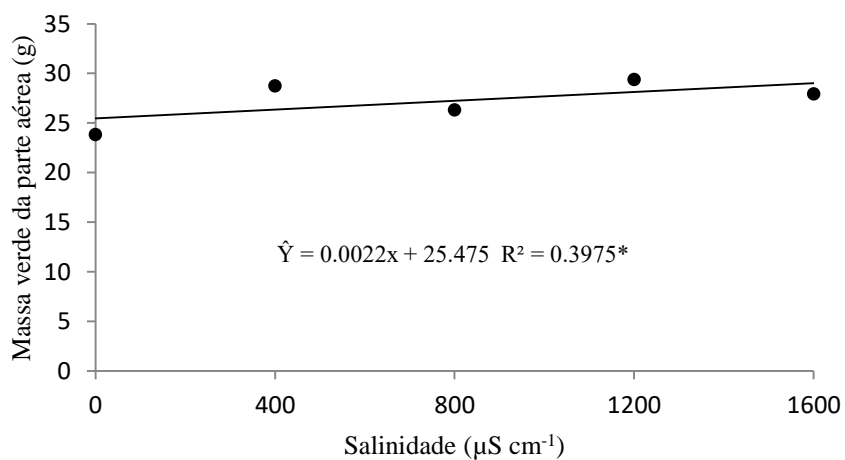
A área foliar não apresentou diferença significativa para os bioestimulantes estudados, com média de 400,46 cm<sup>2</sup>. Apesar disso, houve diferença significativa da área foliar para os níveis de salinidade estudados, com redução de aproximadamente 12% para 1600 µS.cm<sup>-1</sup> em comparação com o tratamento controle (Figura 13).



**Figura 13** – Área foliar em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta a diferentes níveis de salinidade.

Willadino et al.(2011) afirmam que a redução da área foliar é uma resposta comum em plantas submetidas a estresse salino. Entretanto, alguns genótipos possuem maior capacidade de adaptação à salinidade quando apresentam baixa redução de área foliar. O genótipo Lidi, por exemplo, apresentou redução de 24% na área foliar sob a concentração de 100 mmol.m<sup>-3</sup> de NaCl quando comparado ao tratamento controle. Já os genótipos Ouro e Thong Dok Mak, considerados sensíveis ao estresse salino, apresentaram redução acima de 50% no mesmo parâmetro (JUNIOR et al., 2012).

Não houve diferença estatística para a massa verde e seca de raiz em todos os tratamentos estudados, com médias de 14,9 g e 3,43 g, respectivamente. Quanto à massa verde de parte aérea houve diferença significativa no que concerne aos diferentes níveis de salinidade (Figura 14).



**Figura 14** – Massa verde da parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira em resposta a diferentes níveis de salinidade.

A massa verde da parte aérea apresentou tendência a aumento em maiores níveis de salinidade. Os maiores valores encontrados são provenientes da maior concentração de sal, com incremento de aproximadamente 15% em relação ao tratamento controle.

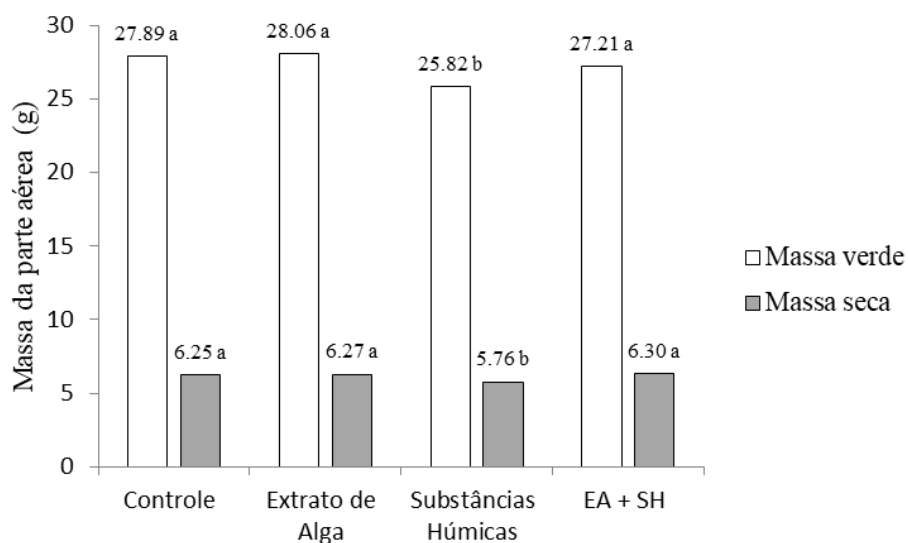
Alguns genótipos não apresentaram redução de massa fresca e seca de raiz, como o Lidi, Berlim e Madu (JUNIOR et al., 2012), o genótipo diploide 0116-01 (SILVA et al., 2009), o Preciosa (WILLADINO et al., 2011). Algumas variedades de morangueiro também não apresentaram diferença para peso seco total (FERREIRA et al., 2019), bem como em mudas de citros (SIMPSON et al., 2015). Da mesma forma, alguns genótipos apresentaram respostas de redução da massa verde e seca, sendo considerados sensíveis ao estresse salino, como a bananeira Tungia (JUNIOR et al., 2012).

Ferreira et al. (2019) afirmam que a produção de novos tecidos pode ajudar a planta a lidar com a salinidade. Além disso, a tendência a aumento da massa verde em maiores níveis de salinidade pode estar relacionado à maior absorção de nutrientes, resposta que foi encontrada no presente estudo. Os nutrientes minerais podem favorecer o crescimento das plantas a partir do fornecimento de elementos essenciais para diversos processos fisiológicos e bioquímicos (TAIZ et al., 2017).

A salinidade excessiva da água de irrigação resulta em estresse osmótico, o que limita o crescimento das plantas (ZHU et al., 1997). Entretanto, a tolerância ou a susceptibilidade da planta ao estresse abiótico pode variar com a espécie e até mesmo com o genótipo e com o estágio de desenvolvimento em que se encontra, além da intensidade, duração e frequência do estresse (PRISCO & FILHO, 2010; TAIZ et al., 2017).

Chaudhari et al. (2019) relata que, geralmente, as cultivares de banana que possuem maior tolerância aos estresses abióticos possuem o genoma B. Este genoma possui diferentes rotas metabólicas e genes envolvidos para garantir a sobrevivência das plantas em situações adversas, inclusive rotas independentes do ABA que podem ser ativadas em situações de estresse. Ravi et al. (2013) afirma que as bananeiras pertencentes ao genoma ABB são comparativamente mais tolerantes à seca e outros tipos de estresses abióticos em relação a outros genótipos. Além disso, a presença do genoma B é importante para uma melhor adaptação fisiológica ao estresse abiótico devido a diversos fatores moleculares, metabólicos anatômicos e estruturais (CHAUDHARI et al., 2019).

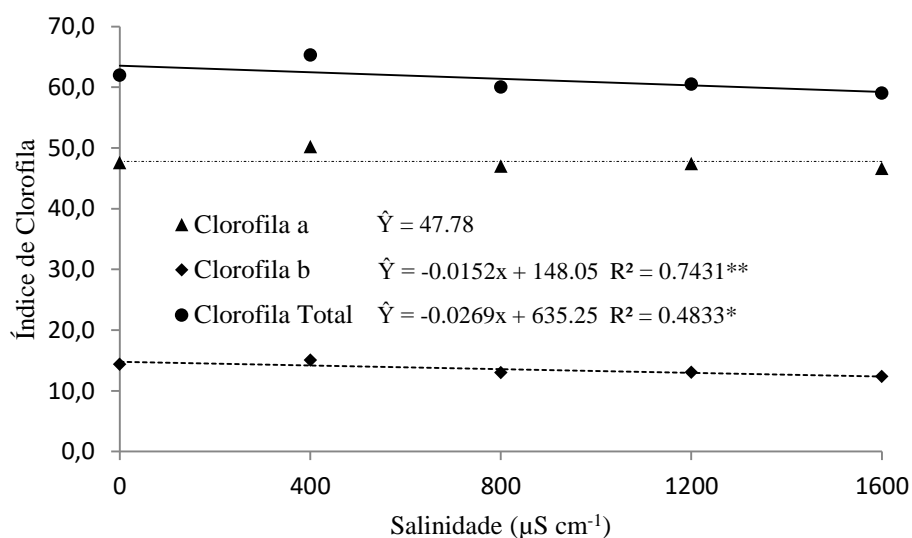
Houve diferença significativa nas massas verde e seca da parte aérea em todos os bioestimulantes, com menor valor atingido nas plantas submetidas à utilização de substâncias húmicas em ambas as variáveis (Figura 15).



**Figura 15** – Massa verde e massa seca da parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira em resposta à aplicação de bioestimulantes. Médias seguidas pela mesma letra minúscula em uma mesma variável não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Diversos estudos, utilizando diferentes concentrações e métodos de aplicação, demonstraram respostas benéficas em bananeiras, como Cabanilla et al. (2017) e Gawad (2016), mas também ineficiência das substâncias húmicas no crescimento, como Dantas et al. (2007); Hartz e Bottoms (2010) e Melo et al. (2016). Esses dados corroboram a informação de que as respostas das plantas à aplicação de substâncias húmicas dependem da fonte de extração, da concentração, da frequência de aplicação e da massa molecular da fração húmica (ASLI, 2010). O efeito dos bioestimulantes também pode ser diferente entre as espécies ou entre cultivares da mesma espécie (JARDIN, 2015).

Não houve diferença estatística para o índice de clorofila *a* para salinidade e bioestimulantes. Entretanto, houve significância para os índices de clorofila *b* e *total* para os diferentes níveis de salinidade (Figura 16).

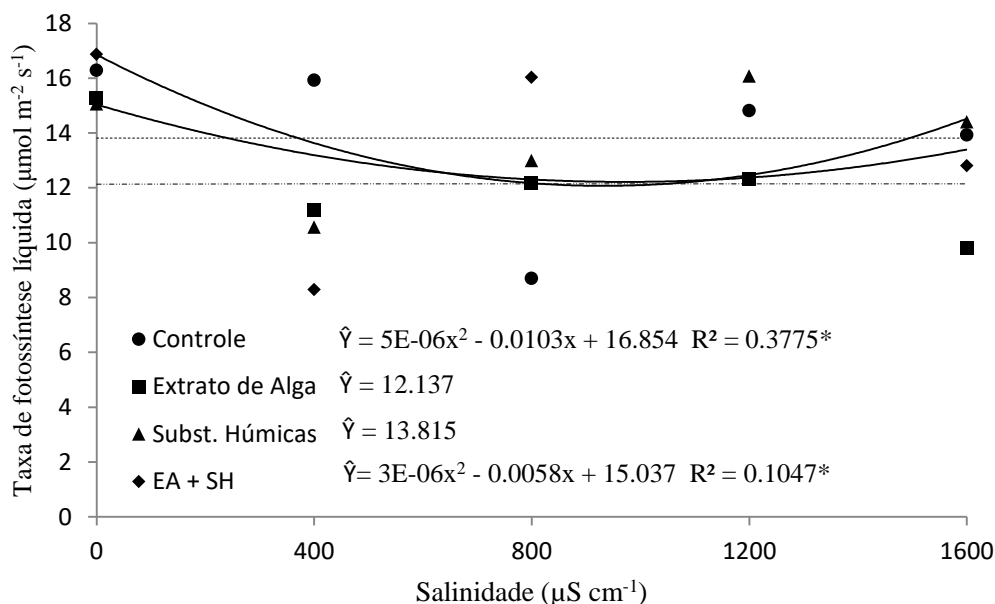


**Figura 16** – Índice de clorofila *a*, *b* e *total* em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

É possível observar que houve redução do índice 14% e 5% de clorofila *b* e *total*, respectivamente, para salinidade referente a 1600 µS cm<sup>-1</sup> em relação ao tratamento controle. A clorofila é um dos pigmentos mais importantes para a fotossíntese. Quando as plantas são cultivadas em condições ideais ocorre o aumento da concentração desse pigmento, como ocorreu na cultivar Grand Naine (GURAV & JADAV, 2013). Em situações de estresse, o conteúdo de clorofila pode reduzir, o que foi observado em plantas de morangueiro (ZAHEDI et al., 2020), em tomateiro (XIAOHUI et al., 2019), citros (SIMPSON et al., 2015) e até mesmo em mudas de bananeira melhoradas para tolerância ao estresse salino (RUSTAGI et al., 2015). A exposição prolongada ao estresse salino pode diminuir gradativamente o conteúdo de clorofila presente na folha (XIAOHUI et al., 2019).

Caracterizada como um pigmento fotossintetizante, a clorofila é excitada pela luz para transferência de elétron e transformação da energia luminosa em energia química. A maior quantidade de clorofila permite maior captura de luz pelas folhas, principalmente no que se refere à quantidade de clorofila *total*. A luz é absorvida pela clorofila *b* e rapidamente transferida para a clorofila *a* que, posteriormente, é transferida para pigmentos-antena ligados ao centro de reação da fotossíntese (TAIZ et al., 2017). A condição ambiental em que a planta se encontra pode influenciar a quantidade de clorofila presente nas folhas, podendo identificar o nível de estresse de uma espécie vegetal (CASAROLI & VAN LIER 2015; WANG et al. 2016).

A taxa de fotossíntese líquida ( $P_n$ ) apresentou interação significativa para níveis de salinidade e bioestimulantes (Figura 17). Não houve diferença estatística para as plantas submetidas à aplicação de extrato de alga e substâncias húmicas.

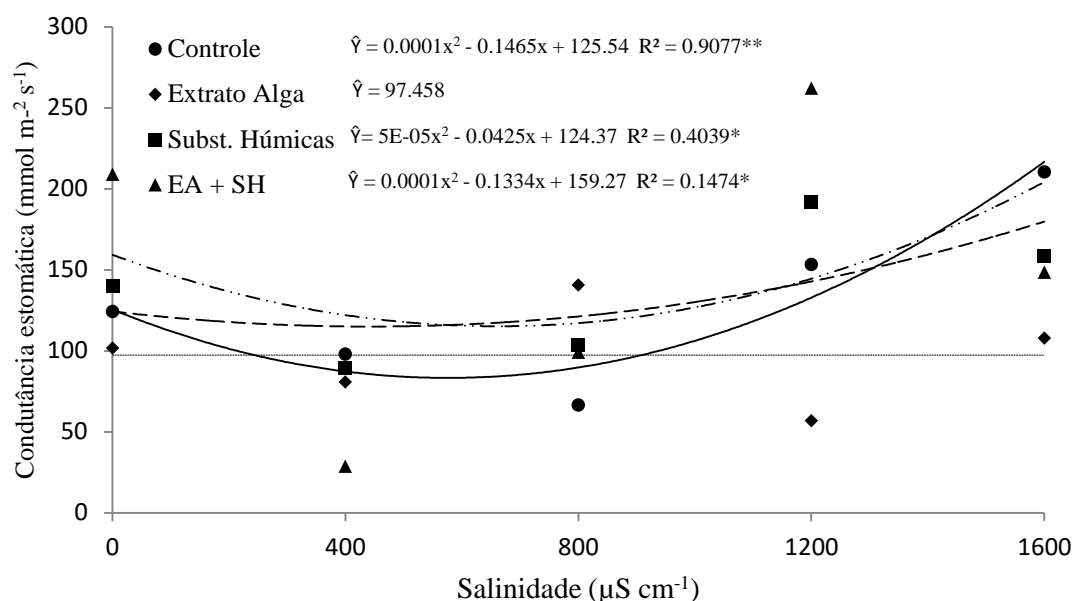


**Figura 17** – Taxa de fotossíntese líquida em mudas micropropagadas de bananeira em resposta à aplicação de extrato de alga e substâncias húmicas SH.

A diferença da taxa fotossintética entre o maior e o menor nível de salinidade foi na faixa de 13%. Estudos com variedades sensíveis demonstram redução abrupta nos parâmetros fotossintéticos, como em maracujazeiro (RIBEIRO et al., 2013; LIMA et al., 2020). Genótipos tolerantes de bananeira apresentaram menor redução na fotossíntese ou ausência de diferença significativa, como encontrado por Neves et al. (2002) e por Mascena (2010). Este último estudo demonstra que o tempo de exposição ao estresse salino afeta as trocas gasosas em maior proporção, já que o período é caracterizado justamente pela aclimação das mudas.

Zhang et al. (2018) demonstrou que a fotossíntese pode ser afetada de diferentes formas em folhas de tomateiro, visto que uma variedade apresentou maior redução das trocas gasosas apenas por fechamento estomático e outra, além de fechamento estomático, por ineficiência da transferência de elétrons na fotossíntese. Em quinoa, a salinidade não afetou a eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII). Dessa forma, a análise somente da abertura estomática pode não ser o suficiente para explicar taxas mais altas de fotossíntese (ADOLF et al., 2012).

A condutância estomática e a taxa de transpiração apresentaram interação significativa para níveis de salinidade e bioestimulantes (Figura 18).



**Figura 18** – Condutância estomática em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba submetidas à aplicação de bioestimulantes em diferentes níveis de salinidade durante a aclimatização.

A aplicação de substâncias húmicas e a associação destas com o extrato de alga promoveram menor variação nos valores de condutância estomática, mas houve tendência de aumento deste parâmetro nos maiores níveis de sal, exceto para o extrato de alga, que permaneceu constante. A abertura estomática enriquece a concentração interna de CO<sub>2</sub>, substrato importante para a fotossíntese. Da mesma forma, a concentração intercelular de CO<sub>2</sub> estimula a abertura dos estômatos quando a demanda por esta molécula aumenta, o que ocorre quando há altas taxas de fotossíntese (TAIZ et al., 2017). Portanto, a atividade estomática apresenta influência sobre a taxa fotossintética. Porém, somente esse parâmetro não é suficiente para afirmar sensibilidade ou tolerância das plantas ao estresse salino.

Em vista disso, esses resultados podem demonstrar a capacidade dos estômatos de controlar a abertura e o fechamento estomático em condições de salinidade. Em folhas de tomateiro estressadas por sal, por exemplo, a velocidade da abertura estomática foi maior do que o tratamento controle durante a indução fotossintética. Além disso, o estresse afetou, em maior proporção, a velocidade de ativação da Rubisco

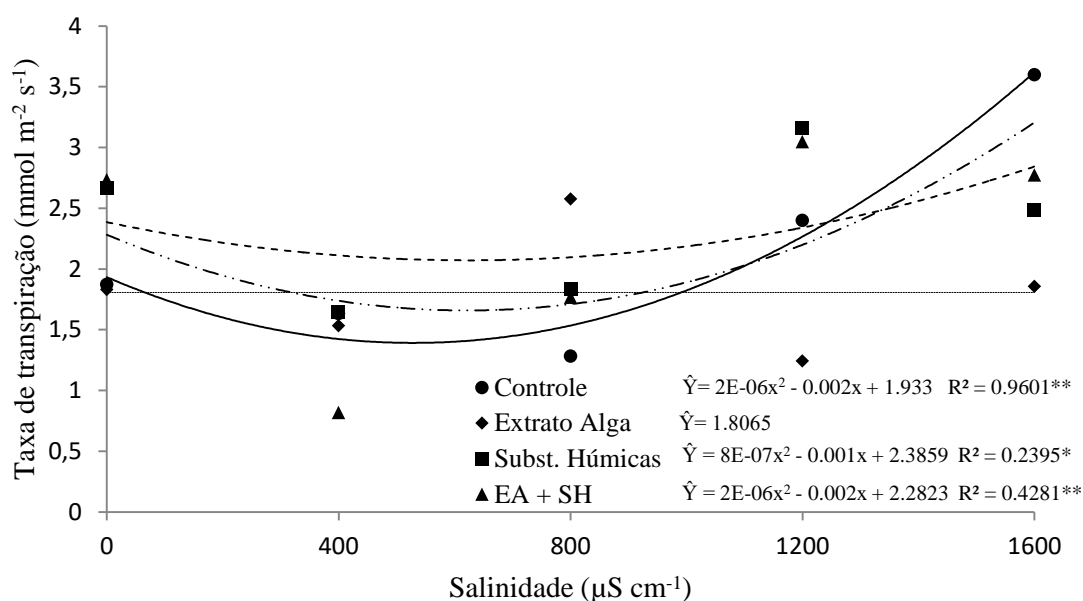


do que regeneração da RuBP (ribulose bifosfato) (ZHANG et al., 2018), que é um dos principais processos que determinam o desempenho fotossintético (TAIZ et al., 2017).

Em bananeiras, Sreedharan et al. (2013) demonstraram maior eficiência fotossintética relacionada ao aumento da produção de prolina em condições de estresse salino, aminoácido que auxilia na redução do potencial hídrico nas células e da turgidez celular (TAIZ et al., 2017). A presença de prolina também foi identificada em citros tolerantes ao estresse salino (ETHADPOUR et al., 2020).

Outro fator que também pode ser levado em consideração foi o descrito por Adolf et al. (2013), em que houve fechamento estomático somente a partir de determinado valor de potencial hídrico foliar em quinoa. Xiaohui et al. (2019) demonstrou que as respostas fotossintéticas de diferentes plantas pode variar e que o fechamento estomático, apesar de reduzir taxas de transpiração, pode possuir ou não relação com a menor eficiência no processo de transferência de elétrons na fotossíntese.

A taxa de transpiração (E) apresentou interação significativa para níveis de salinidade e bioestimulantes (Figura 19).



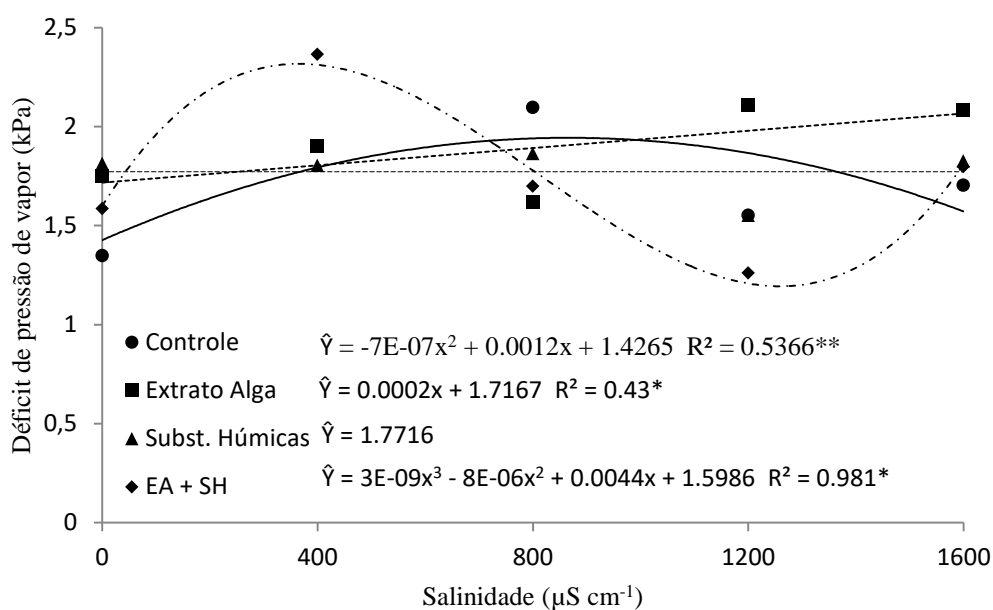
**Figura 19** –Taxa de transpiração em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de bioestimulantes em diferentes níveis de salinidade em fase de aclimatização.

Os resultados demonstram que houve aumento da taxa de transpiração para todos os bioestimulantes, exceto para extrato de alga, o qual permaneceu constante. Neves et al. (2002) demonstrou que as trocas gasosas em mudas de Prata foram favorecidas em menores concentrações de sódio, apresentando valores maiores do que o

tratamento controle. Um estudo com tomateiro revelou ausência de significância para a taxa de transpiração em condições de salinidade, porém, na média geral, as plantas em estresse salino apresentaram um valor maior do que o tratamento controle (XIAOHUI et al, 2019). Adolf et al. (2013) observou que uma determinada variedade de quinoa possui menor necessidade de reduzir perda de água por transpiração em estresse salino.

Menores taxas de transpiração podem ser atribuídas à menor densidade estomática na folha, porém, há influência da capacidade dos estômatos em restringir a perda de água pelo controle da abertura e fechamento estomático (COSTA et al., 2009). Ruiz et al. 2016, demonstraram a relação que a atividade dessas estruturas possuem com a taxa de transpiração em mudas de citros, processo do qual também é descrito por TAIZ et al., 2017.

O déficit de pressão de vapor (DPV) apresentou interação significativa para níveis de salinidade e bioestimulantes (Figura 20).

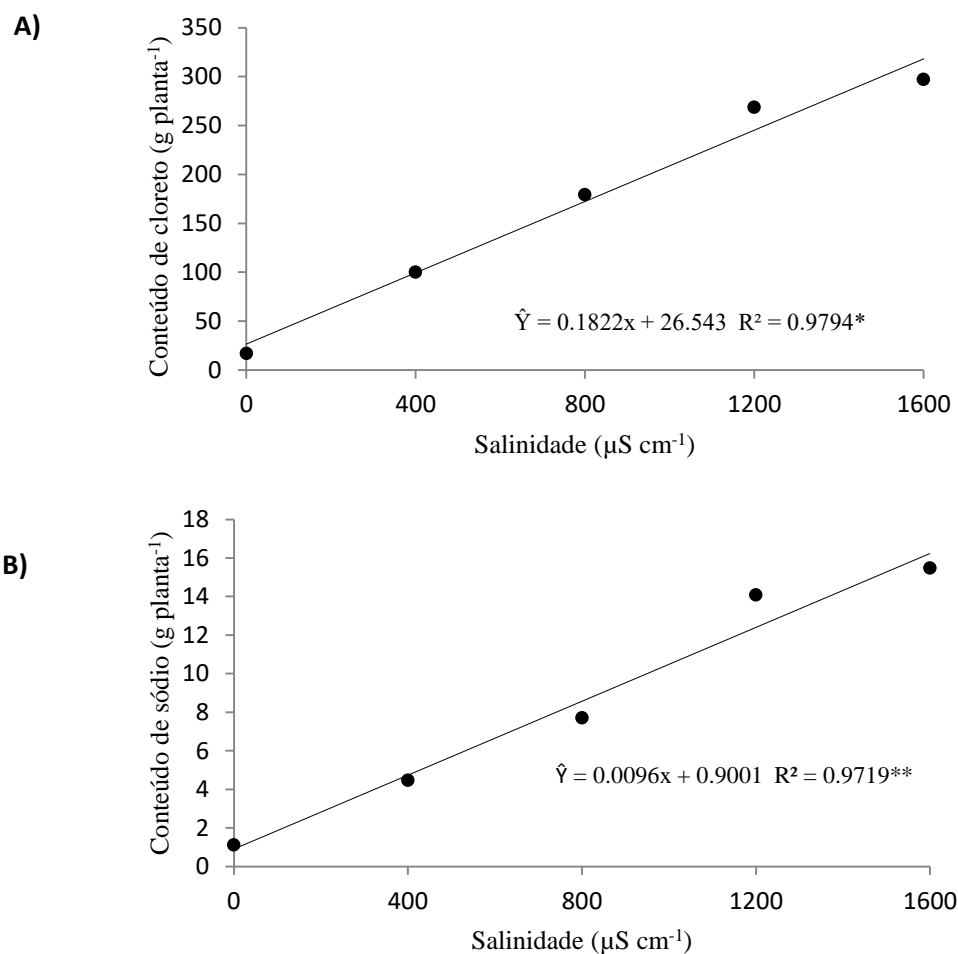


**Figura 20** – Déficit de pressão de vapor em mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta à aplicação de bioestimulantes em diferentes níveis de salinidade durante a aclimatização.

Como demonstrado anteriormente, em condições de elevada salinidade, estudos demonstram que as espécies sensíveis apresentam reduções no crescimento, com forte influência na fisiologia e no estado nutricional das plantas, o que não ocorreu para a Prata Gorutuba nas condições deste experimento. A melhoria do desempenho fotossintético pode auxiliar as plantas na tolerância ao estresse salino, como foi relatado em tomateiro (XIAOHUI et al., 2019). O conteúdo dos nutrientes encontrados na parte

aérea pode ter estimulado as trocas gasosas, principalmente a condutância estomática para os conteúdos de cloreto e potássio.

O conteúdo de cloreto, por exemplo, aumentou nos maiores níveis de salinidade, mas não houve interação significativa entre os tratamentos estudados e os bioestimulantes não exerceram influência sobre esta resposta. Os dados obtidos para conteúdo de sódio apresentaram comportamento semelhante ao de cloreto (Figura 21).



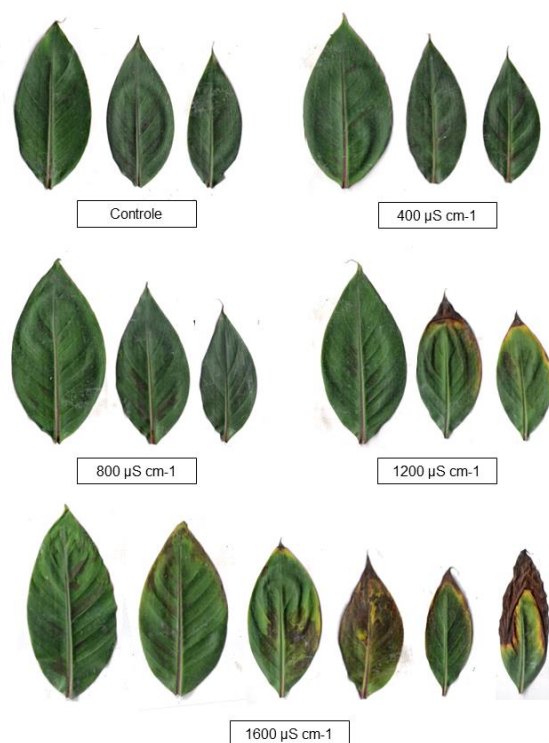
**Figura 21** – Conteúdo de sódio (A) e cloreto (B) na parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Maior quantidade de cloreto foi encontrada nas folhas quando comparado ao teor de sódio. Respostas similares foram encontradas para genótipos tolerantes ao estresse salino. Os genótipos sensíveis tiveram maior incremento em cloreto e sódio nas mesmas proporções, enquanto alguns tolerantes tiveram maior teor de Cl<sup>-</sup> do que Na<sup>+</sup> (MONTE et al., 2004; WILLADINO et al., 2011). Os genótipos Pacovan, Nanicão, FHIA 18 e Caipira (AAA), por exemplo, se adaptam melhor ao estresse salino do que o genótipo

Calcuttá, o qual apresentou teor de sódio e cloro nas folhas oito vezes superior ao tratamento controle, além da presença das cloroses e necroses nas folhas pelo excesso de acumulação dos íons (GOMES et al., 2005).

A concentração de cloreto presente nas folhas pode influenciar a atividade estomática, porque um dos fatores que influenciam a regulação osmótica das células-guarda para controle da abertura dos estômatos é o aumento da concentração de  $\text{Cl}^-$  nestas células. As alterações osmóticas que regulam o turgor das células-guarda ocorrem devido a fluxos de íons potássio, os quais podem ser eletricamente equilibrados por  $\text{Cl}^-$  (TAIZ et al., 2017).

Outro fator importante a ser observado é que os sintomas de toxicidade concentraram-se nas folhas mais velhas (Figura 22). Neste caso, é importante levar em consideração que cloro e sódio são elementos classificados como móveis dentro da planta (TAIZ et al., 2017). Isso significa que, mesmo sendo móveis, a translocação de cloro e sódio para as folhas novas pode não ter ocorrido ou ocorrido em quantidades insuficientes para causar toxicidade. Monte et al. (2004) também observaram sintomas de toxicidade por alta salinidade em folhas mais velhas para mudas de bananeira Maçã e Pacovan e, além disso, demonstraram que a concentração de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  foi maior em folhas velhas do que novas. Em vista disso, a absorção de cloreto pode ter estimulado a abertura estomática nas folhas assintomáticas, ou seja, nas folhas novas, as mesmas em que foram feitas as avaliações de trocas gasosas.



**Figura 22** – Sintomas de toxicidade em folhas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta a diferentes níveis de salinidade.

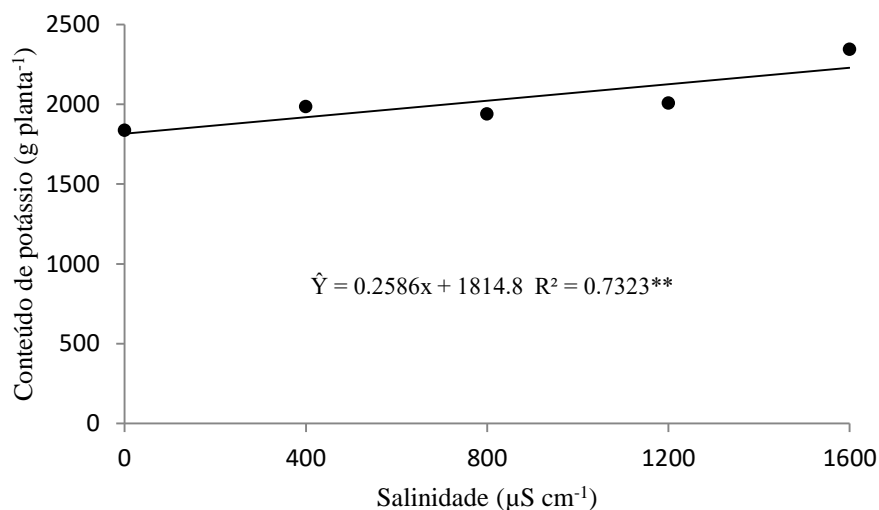
Já para o conteúdo de sódio na parte aérea, as mudas submetidas a uma CE de  $1600 \mu\text{S cm}^{-1}$  apresentaram média de conteúdo de sódio de  $15,47 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto o tratamento controle apresentou média de  $1,12 \text{ g planta}^{-1}$ . Entretanto, esses valores correspondem a teores de sódio até dez vezes mais baixos do que os encontrados na literatura (MONTE et al., 2004; WILLADINO et al., 2011; WILLADINO et al., 2017). Menor conteúdo de sódio na parte aérea também foi encontrado para morangueiros em elevada salinidade (FERREIRA et al., 2019).

Os estudos comprovam que há diferença nos teores foliares para genótipos tolerantes e sensíveis ao estresse. O genótipo Tap Maeo, por exemplo, apresentou média de concentração de  $\text{Na}^+$  na ordem de  $5,9 \text{ g Kg}^{-1}$  em alta salinidade, enquanto o Berlim obteve média de  $16,5 \text{ g Kg}^{-1}$  (WILLADINO et al., 2017). Os autores relatam que, possivelmente, os genótipos tolerantes apresentam menor incremento na concentração de  $\text{Na}^+$  quando comparados aos genótipos sensíveis, provavelmente por uma estratégia de extrusão dos íons de sódio dos tecidos vegetais para a solução do solo ou por uma estratégia de evitar a translocação para a parte aérea.

Em plantas de Tap Maeo, foram identificados genes envolvidos na rota SOS, os quais estão relacionados ao antiporte  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  para restabelecimento da homeostase iônica através da extrusão de  $\text{Na}^+$  do citoplasma para o vacúolo (WILLADINO et al.,

2017). Este é um dos mecanismos envolvidos na tolerância das plantas ao estresse salino, mas os íons também podem não ser absorvidos pelas raízes por um processo de seletividade (TAIZ et al., 2017).

A salinidade influenciou o conteúdo de potássio encontrado na parte aérea, o qual também foi maior nas maiores concentrações de sal (Figura 23).



**Figura 23** – Conteúdo de potássio da parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira em resposta a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

O elemento mais absorvido pela Prata Gorutuba foi o potássio, corroborando com Brant (2016) para banana Prata-Anã. Resultados semelhantes foram encontrados no estudo com doze genótipos de bananeira, em que Willadino et al. (2011) obtiveram maiores teores de potássio no pseudocaule de oito genótipos submetidos a elevadas concentrações de NaCl, dentre os quais destacam-se os genótipos tolerantes Pacovan Ken, Ambrosia e FHIA-21.

O potássio é um nutriente que permanece em sua forma iônica nos tecidos vegetais. Assim como o cloreto, o potássio também influencia a abertura estomática, pois é requerido nas células-guarda quando os estômatos se abrem. Além disso, o potássio é cofator de mais de 40 enzimas e é o principal cátion envolvido no estabelecimento do turgor celular, na regulação de potenciais osmóticos, na manutenção de eletroneutralidade celular e no controle da permeabilidade de membranas (TAIZ et al., 2017).

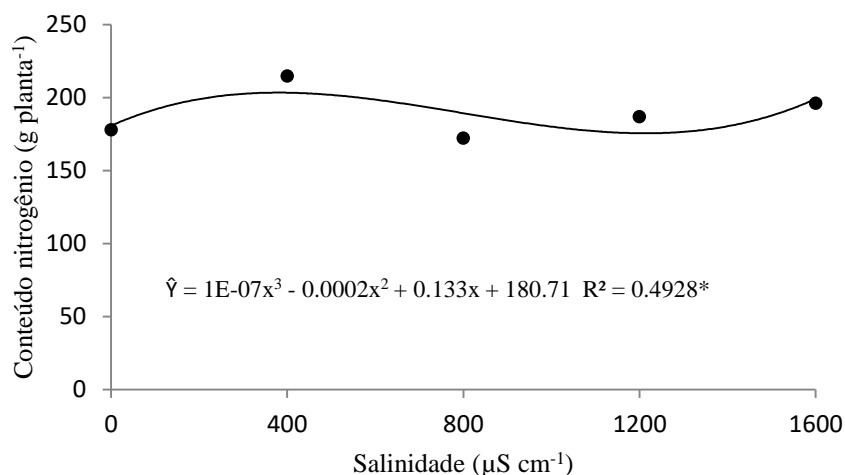
Uma das consequências da elevada presença de sais é o decréscimo do potencial osmótico do solo, o que dificulta a extração de água pelas plantas devido à resistência ao fluxo de água. Diante desta situação, a quantidade excessiva de sais pode causar

efeitos na permeabilidade das membranas pode ocorrer redução do turgor das células vegetais, ocasionando seca fisiológica por desidratação celular. Como consequência, há redução da taxa de expansão celular (ZHU, 2001; FILHO, 2006; PRISCO & FILHO, 2010; SILVA et al., 2011; COELHO et al., 2012; LISAR et al., 2012; SREEDHARAN et al., 2013, TAIZ et al., 2017).

Quando ocorre a absorção desses sais, há decréscimo do potencial osmótico no interior das células devido à presença elevada de íons. Algumas espécies vegetais podem absorver uma grande quantidade de potássio ou transportá-lo de outros órgãos da planta para a raiz para que ocorra o ajuste osmótico (TAIZ et al., 2017). Além disso, a manutenção do equilíbrio iônico, ou seja, o equilíbrio entre ânions e cátions, é importante em situações de estresse. Por exemplo, a alta absorção de cátions, como o  $K^+$ , precisa ser eletricamente equilibrada pela absorção de ânions, como o  $Cl^-$  (TAIZ et al., 2017).

Seguindo tal linha de raciocínio, a absorção em grande quantidade de íons de cloreto, disponíveis pela adição de NaCl à água de irrigação, pode ter estimulado a absorção dos nutrientes que fornecem cátions para que a planta consiga manter o equilíbrio iônico, o que foi comprovado em plantas de quinoa (ADOLF et al., 2013). Um dos fatores que pode ter possibilitado a alta absorção de potássio foi a baixa absorção de sódio. Esta relação pode ser feita porque o  $Na^+$  em grande quantidade compete por sítios no transporte de proteínas necessárias para a absorção de potássio (TAIZ et al., 2017), o que corrobora os dados obtidos para os dois elementos minerais no presente estudo.

Houve diferença significativa para conteúdo de nitrogênio na parte aérea para os diferentes níveis de salinidade, o qual apresentou aumento de 10% para  $1600 \mu S cm^{-1}$  em relação ao tratamento controle (Figura 24).



**Figura 24** – Conteúdo de nitrogênio na parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

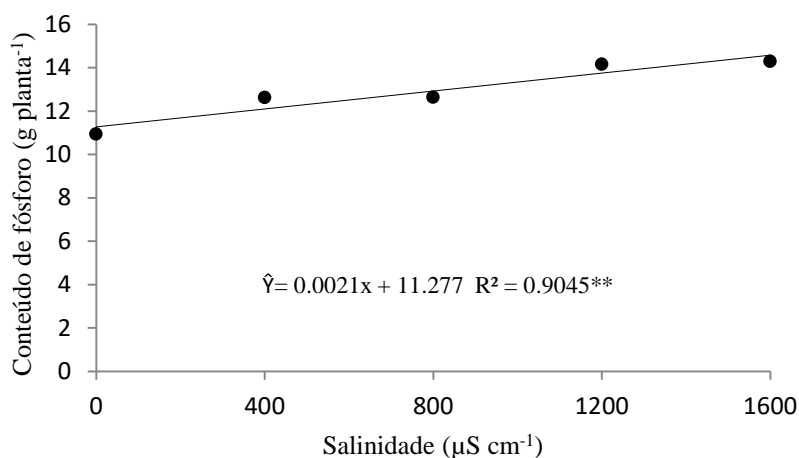
Os teores de nitrogênios relativos ao conteúdo foram superiores aos encontrados por Brant (2016) e inferior aos encontrados por Silva et al. (2011), mas considerados adequados por Silva e Borges (2008).

Para que as plantas apresentem crescimento normal é necessário, além da necessidade de água e energia solar, que estas consigam sintetizar todos os compostos importantes para o metabolismo vegetal, os quais podem ser fornecidos pelos elementos minerais essenciais, como nitrogênio, fósforo e potássio (TAIZ et al., 2017). Na ausência ou no excesso desses elementos, as plantas apresentam redução no crescimento com sintomas foliares visíveis (SILVA et al., 2014). O nitrogênio é o segundo nutriente mais importante para a cultura da bananeira, perdendo apenas para o potássio (BORGES et al., 2009).

Do ponto de vista fisiológico, o nitrogênio faz parte de compostos de carbono, os quais são assimilados por reações bioquímicas de oxidação e redução. Isso permite a ligação covalente com o carbono e cria compostos orgânicos, como proteínas e aminoácidos (TAIZ et al., 2017). Quando a planta absorve o nitrogênio, os aminoácidos sintetizam proteínas importantes para o crescimento das folhas e, portanto, para o aumento da superfície fotossintética. Além disso, o nitrogênio faz parte da molécula de clorofila e sua deficiência impede a utilização da luz solar como fonte de energia durante a fotossíntese (DECHEN & NACHTIGALL, 2007). Dessa forma, o aumento do conteúdo de nitrogênio obtido no presente estudo pode ser uma possível explicação para o aumento dos parâmetros fotossintéticos e de crescimento na mesma condição.



Os teores de fósforo foliar foram influenciados pela salinidade, mas não houve diferença significativa para os bioestimulantes utilizados. O maior conteúdo de fósforo encontrado na parte aérea correspondeu à maior salinidade (Figura 25).

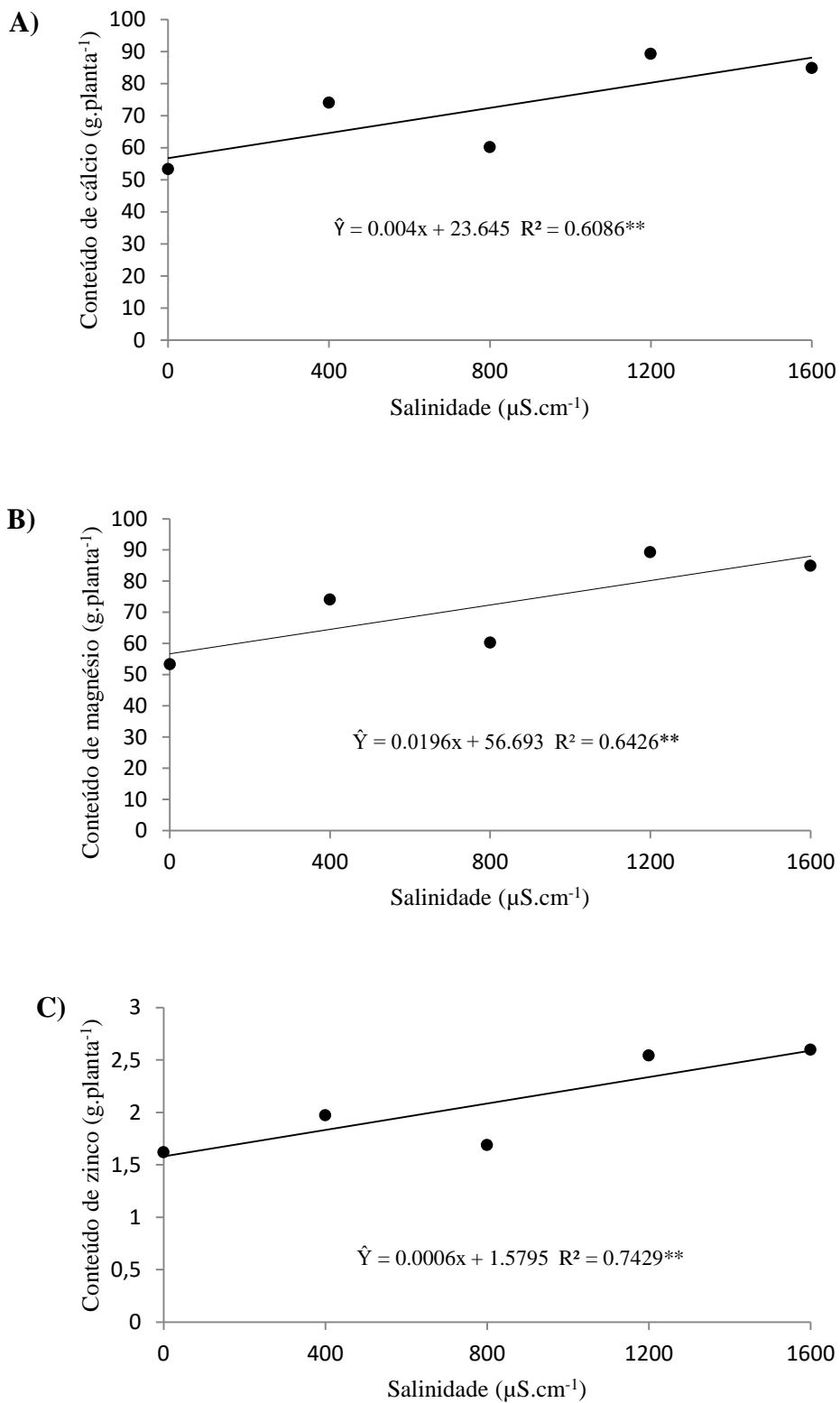


**Figura 25** – Conteúdo de fósforo na parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira em resposta a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

O fósforo é componente do trifosfato de adenosina (ATP) e é responsável por atuar no armazenamento e transferência de energia em processos metabólicos das espécies vegetais (DECHEN & NACHTIGALL, 2007; TAIZ et al., 2017). A disponibilidade de energia é importante em condições de elevada salinidade para o restabelecimento da homeostase nas plantas (WILLADINO et al., 2011), visto que, quando a homeostase é interrompida, o organismo não consegue manter o equilíbrio metabólico e a expansão e a divisão das células é comprometida, ocasionando redução do crescimento vegetativo (ZHU, 2001; PRISCO & FILHO, 2010; TAIZ et al., 2017).

Além disso, as ATPases são essenciais para a atividade de alguns transportadores da rota Salt Overly Sensitive (SOS), relacionados ao antiporte  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  e ao restabelecimento da homeostase iônica através da extrusão de  $\text{Na}^+$  do citoplasma para o vacúolo. Essa relação foi verificada por Willadino et al. (2017) em um genótipo de bananeira tolerante ao estresse salino, o Tap Maeo. Os autores observaram um aumento de 20% na atividade da ATPase e ATPase (bombas de prótons), provavelmente para garantir que o íon saia das células. Este pode ser um mecanismo utilizado também pela Prata Gorutuba em resposta ao estresse salino.

Para o conteúdo de cálcio, magnésio e zinco na parte aérea, houve diferença significativa para os níveis de salinidade estudados (Figura 26).



**Figura 26** – Conteúdo de cálcio (A), magnésio (B) e zinco (C) na parte aérea de mudas micropropagadas de bananeira cv. Prata Gorutuba em resposta a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

O conteúdo de cálcio apresentou maior média nos maiores níveis de salinidade, com incremento de 22% em  $1600 \mu\text{S cm}^{-1}$  quando comparado com o tratamento controle. Em relação ao estado nutricional dos órgãos da parte aérea, o genótipo Tropical apresentou comportamento similar ao encontrado neste estudo, com menor absorção de sódio em relação ao cloreto e maiores teores de potássio e cálcio no pseudocaule e folha (WILLADINO et al., 2011). Para os teores de cálcio, em específico, resultados semelhantes foram encontrados para os genótipos FHIA-21, Calipso e Tropical.

A absorção de cálcio pelas plantas ocorre na forma do cátion  $\text{Ca}^{2+}$  (DECHEN & NACHTIGALL, 2007). O  $\text{Ca}^{2+}$  atua como mensageiro secundário que inicia as respostas das plantas aos estímulos ambientais. Isso é possível porque a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  é um dos parâmetros fisiológicos de regulação da atividade das aquaporinas, proteínas que formam canais seletivos à água através da membrana, capazes de alterar a permeabilidade das células vegetais em situação de estresse salino (TAIZ et al., 2017).

Elementos reguladores referentes a estresse abiótico foram identificados em promotores de genes relacionados à aquaporina em bananeiras (MaAQP). A expressão de outros genes também foi induzida por estresse salino, como o MaTIP1;2, com maior expressão em folhas (SONG et al., 2018). A presença do gene MusaPIP1;2, também relacionado à aquaporina, promoveu a rápida recuperação de bananeiras submetidas a estresses fisiológicos, principalmente quando retornaram às condições normais (SREEDHARAN et al., 2013). Além disso, o  $\text{Ca}^{2+}$  externo pode aumentar a seletividade dos transportadores de  $\text{K}^+$  e minimizar a absorção de  $\text{Na}^+$  (TAIZ et al., 2017).

A concentração de magnésio na folha também aumentou para maiores níveis de salinidade para a Pacovan (MONTE et al., 2004). Assim como o cálcio, o magnésio também atua na modificação da permeabilidade das membranas. Além disso, é constituinte da molécula de clorofila e de enzimas envolvidas na transferência de fosfatos (TAIZ et al., 2017). Assim como o potássio, o zinco permanece em sua forma iônica no citosol ou nos vacúolos e muitas enzimas requerem  $\text{Zn}^{2+}$ , inclusive para a biossíntese de clorofila (TAIZ et al., 2017).

Monte et al. (2004) afirma que a cultivar Pacovan possui tolerância ao estresse salino baseado na manutenção de teores elevados de íons potássio, cálcio, magnésio e enxofre, aliada a baixo acúmulo de íons de sódio em tecidos foliares, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo. Neste estudo, apenas o enxofre não apresentou diferença significativa para os tratamentos, com média de  $9,29 \text{ g planta}^{-1}$ ,

resultado inferior ao encontrado para Prata-Anã (BRANT, 2016), Pacovan e Maçã (MONTE et al., 2004). Ausência de diferença também foi encontrada em morangueiro (FERREIRA et al., 2019).

Diversos estudos relatam que altos níveis de salinidade resultam em menor produção de massa seca, o que está diretamente relacionado com a menor translocação de nutrientes para as folhas à medida em que aumenta o conteúdo de sódio e cloreto nestes órgãos. Entretanto, as respostas obtidas nas condições experimentais realizadas foram contrárias, o que pode sugerir tolerância da cultivar ao estresse salino, visto que o efeito da salinidade foi comparativamente mais brando do que o encontrado na literatura.

## **5 CONCLUSÃO**

A aplicação de substâncias húmicas via substrato melhora a estrutura interna das folhas e favorece parâmetros fisiológicos em mudas de bananeira cv. Prata Gorutuba durante a fase de aclimatização, apresentando melhores respostas que o extrato de alga.

As mudas de bananeira cv. Prata Gorutuba parecem ser capazes de se adaptarem ao estresse salino, visto não terem apresentado redução de parâmetros de crescimento, fisiológicos e do conteúdo de minerais.

A utilização de substâncias húmicas e extrato de algas não reduz os efeitos causados pela alta salinidade da água de irrigação nas condições deste experimento.

## REFERÊNCIAS

ALQUINI, Yedo; BONA, Cleusa; BOEGER, Maria Regina Torres; COSTA, Cecília Gonçalves da; BARROS, Cláudia Franca. Epiderme. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, Beatriz; CARMELLO-GUERREIRA, Sandra Maria (ed.). **Anatomia Vegetal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. cap. 3, p. 85-104.

ADOLF, Varena I.; SHABALA, Sergey; ANDERSEN, Mathias N.; RAZZAGHI, Fatemeh; JACOBSEN, Sven-Erik. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. **Plant Soil**, v. 357, p. 117–129, 2012.

ADOLF, Verena Isabelle; JACOBSEN, Sven-Erik; SHABALA, Sergey. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Environmental and Experimental Botany**, Austrália, v. 92, p. 43-54, ago. 2013.

ALBRECHT, Ute. Plant Biostimulants: Definition and Overview of Categories and Effects. **IFAS Extension**, Flórida, 2019.

ASLI, Sare. Rhizosphere humic acid interacts with root cell walls to reduce hydraulic conductivity and plant development. **Plant and Soil**, v. 336, p. 313-322, nov. 2010.

ASMAR, S. A.; CASTRO, E. M.; PASQUAL, M.; PEREIRA, F. J.; SOARES, J. D. R. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under different silicon sources. **Scientia Horticulturae**, Lavras, MG, v. 161, p. 328-332, 24 set. 2013.

BATTACHARYYA, Dhriti; BABGOHARI, Mahbobeh Zamani; RATHOR, Pramod; PRITHIVIRAJ, Balakrishnan. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 39-48, 28 set. 2015.

BERNARDO, Salassier; SOARES, Antonio Alves; MANTOVANI, Everardo Chartuni. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 625 p. ISBN 85-7269-242-8.

BERBARA, Ricardo L. L.; GARCÍA, Andrés C. Humic substances and plant defense metabolism. In: AHMAD, Parvaiz; WANI, Mohd Rafiq (ed.). **Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment**. Nova York: Springer, 2014. v. 1, cap. 11, p. 298-316.

BLUNDEN, G. Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. In: M. D. GUIRY AND G. BLUNDEN, eds. **Seaweed resources in Europe: uses and potential**. Wiley, Chichester, UK. 1991. 470p.

BORGES, Ana Lúcia *et al.* **Sistema de Produção da Bananeira Irrigada**. Versão Eletrônica. 4. ed. Petrolina, PE, jul. 2009. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital>. Acesso em: 7 nov. 2019.

BORGES, Ana Lúcia; OLIVEIRA, Arlene Maria Gomes. Nutrição, calagem e adubação. In: CORDEIRO, Zilton José Maciel (org.). **Banana: Produção e aspectos técnicos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 8, p. 47-59. ISBN 85-7383-070-0.

BORGES, Ana Lúcia; SOUZA, Luciano da Silva; ALVES, Élio José. Exigências edafoclimáticas. In: CORDEIRO, Zilton José Maciel (org.). **Banana: Produção e aspectos técnicos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 4, p. 17-23. ISBN 85-7383-070-0.

BRANT, Luciana Alves Caldeira. **Extrato de algas marinhas no crescimento de bananeira cv. Prata-anã na fase de aclimatização**. Orientador: Moacir Pasqual. 2016. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.

CABANILLA, Wuellins Dennis Durango; VIVAR, Francisco Mite; ZENTENO, Manuel Carrillo; CHÁVEZ, Jéssica Cargua; MENDOZA, Braulio Lahuathe; MOREIRA, Betty Rivadeneira; ZAMBRANO, Virginia Moreira. Evaluación de enmiendas orgánicas sobre la respiración microbiana del suelo y variables agronómicas en banano. **Revista Ciencia e Investigación**, Ecuador, v. 2, ed. 8, p. 28-32, dez. 2017.

CALVO, Pamela; NELSON, Louise; KLOEPPER, Joseph W. Agricultural uses of plant biostimulants. **Plant and Soil**, v. 383, ed. 1-2, p. 3-41, out. 2014.

CARMO, Gilcimar Alves do; MEDEIROS, José Francismar de; TAVARES, José Celesmário; GHEYI, Hans Raj; SOUZA, Ana Maria de; PALÁCIO, Elba Araújo de Queiroz. Crescimento de bananeiras sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 25, ed. 3, p. 513-518, dez. 2003.

CASAROLI, D.; VAN LIER, Q. J. Resposta fotossintética do feijoeiro em função da intensidade de radiação e do teor de água no solo. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, ed. 1, p. 69-75, 2015.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função dos órgãos vegetativos**. Lavras, UFLA, p. 234, 2009.

CHAUDHARI, Rakesh Shashikant; JANGALE, Bhavesh Liladhar; AZEEZ, Abdul; KRISHNA, Bal; SANE, Prafullachandra Vishnu; SANE, Aniruddha Prafullachandra. Differential regulation of the banana stress NAC family by individual and combined stresses of drought and heat in susceptible and resistant genotypes. **Plant Physiology and Biochemistry**, França, v. 145, p. 184-194, dez. 2019.

COELHO, Eugênio Ferreira; MELO, Diego Magalhães de; PEREIRA, Bruno Laécio da Silva; SANTOS, Djalma Barbosa dos; ROSA, Raul Castro Carriello. Roots of 'BRS Princesa' banana fertigated with humic substances and saponin-based plant extracts. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 38, ed. 4, p. 521-528, out./dez. 2016.

COELHO, Eugênio Ferreira; COSTA, Édio Luiz; TEIXEIRA, Antônio Heriberto de Castro. Irrigação. In: BORGES, Ana Lúcia; SOUZA, Luciano da Silva. **O cultivo da bananeira**. 1. ed. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p. ISBN 85-7158-010-3.

COELHO, Eugênio Ferreira; SILVA, Alisson Jadavi Pereira da; MAROUELLI, Waldir Aparecido; COSTA, Flavio da Silva. Manejo da água de irrigação. In: COELHO,

Eugênio Ferreira. **Irrigação na bananeira**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2012. cap. 4, p. 193-278. ISBN 978-85-7035-106-7.

COELHO, Eugênio Ferreira; OLIVEIRA, Ranone Cotrim de; PAMPONEL, Arthur José Mendes. Necessidades hídricas de bananeira tipo Terra em condições de tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Cruz das Almas, BA, v. 48, ed. 9, p. 1260-1268, set. 2013.

COSTA, Frederico Henrique da Silva; PASQUAL, Moacir; PEREIRA, Jonny Everson Scherwinski; CASTRO, Evaristo Mauro de. Anatomical and physiological modifications of micropropagated 'Caipira' banana plants under natural lighy. **Sci. agri.**, Piracicaba, SP, v. 66, n. 3, jun. 2009.

COSTA, Frederico Henrique da Silva; PEREIRA, Jonny Everson Scherwinski; CASTRO, Moacir Pasqual Evaristo Mauro de; SANTOS, Adriene Matos. Perda de água e modificações anatômicas em folhas de plantas de bananeiras micropropagadas durante a aclimatização. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 3, p. 742-748, jun. 2009.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, p. 371-393, 2011.

CUTLER , David F.; BOTHA, Ted; STEVENSON, Dennis Wm. **Anatomia Vegetal: Uma abordagem aplicada**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 304 p.

ÇAVUŞOĞLU, Kürşat; ERGIN, Hatice Güneş. Effects of humic acid pretreatment on some physiological and anatomical parameters of barley (*hordeum vulgare* L.) Exposed to salt stress. **J. Bot.** , Bangladesh, v. 44, n. 4, p. 591-598, dez. 2015.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: An introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, p. 239-224. 2007.

DANTAS, Bárbara França; PEREIRA, Maiane Santos; RIBEIRO, Luciana de Sá; MAIA, Joselanne Luiza Trajno; BASSOI, Luiz Henrique. Effect of humic substances and weather condition on leaf biochemical changes of fertigated guava tree, during orchard establishment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 20, n. 3, ed. 5, p. 632-638, dez. 2007.

DANTAS , Jorge Luiz Loyola; FILHO, Walter dos Santos Soares. Classificação botânica, origem e evolução. *In*: CORDEIRO, Zilton José Maciel (org.). **Banana: Produção e aspectos técnicos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 3, p. 12-16. ISBN 85-7383-070-0.

DECHEN, Antonio Roque; NACHTIGALL, Gilmar Ribeiro. Elementos requeridos à nutrição de plantas. *In*: NOVAIS, Roberto Ferreira; ALVAREZ, Víctor Hugo; BARROS , Nairam Félix de; FONTES, Renildes Lúcio F.; CANTARUTTI, Reinaldo Bertola; NEVES, Júlio César Lima (ed.). **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap. 3, p. 65-90.

ELLI, E. F. et al. Osmocote® no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, RS, v. 4, n. 4, p. 377-384, out. 2013.

EL-SHENAWI, Mohamed Ragab; BADRAN, Hoda S.H. Aly and; MOHAMED, A. F. Response of "Grandnain" Bananato Humic Acid, Potassium and Magnesium Fertilization. **Alexandria Science Exchange Journal**, Egito, v. 29, ed. 4, p. 244-251, out./dez. 2008.

ETEHADPOUR, Marzieh; FATAHI, Reza; ZAMANI, Zabihollah; GOLEIN, Behrooz; NAGHAVI, Mohammad-Reza; GMITTER, Frederick. Evaluation of the salinity tolerance of Iranian citrus rootstocks using morph-physiological and molecular methods. **Scientia Horticulturae**, Iran, v. 261, 5 fev. 2020.

FERNANDES, F. B. P. et al. Effect of soil management on water deficit, gas exchange and cowpea yield in the semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 46, n. 3, p. 506-515, set. 2015.

FERNANDEZ, Marcia Beatriz Moya; CHÁVEZ, Esteban Sánchez; MONTERO, Daniel Cabezas; GARCÍA, Andrés Calderín; LÓPEZ, Dany Marrero López; ARDISANA, Eduardo F. Héctor; ÁLVAREZ, Sandra Pérez. Influence of vermicompost humic acid on chlorophyll content and acclimatization in banana clone, Enano Guantanamero. **African Journal of Biotechnology**, África, v. 15, ed. 47, p. 2659-2670, 23 nov. 2016.

FERREIRA, Eric Batista, CAVALCANTI, Portya Piscitelli; NOGUEIRA, Denismar Alves. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Appl Math* 5:2952-2958. doi:10.4236/am.2014.519280. 2014.

FERREIRA, Jorge F. S.; LIU, Xuan; SUAREZ, DONALD L. Fruit yield and survival of five commercial strawberry cultivars under field cultivation and salinity stress. **Scientia Horticulturae**, United States, v. 243, p. 401-410, 3 jan. 2019.

FERREIRA, Paulo A.; SILVA, João B. L.; RUIZ, Hugo A. Aspectos físicos e químicos de solos em regiões áridas e semiáridas. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1. ed. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. cap. 3, p. 22-41. ISBN 978-85-7563-489-9.

FETTER, K., EBERHARDT, S., BARCLAY, R.S., WING, S. and KELLER, S.R., 2018. StomataCounter: a deep learning method applied to automatic stomatal identification and counting. *BioRxiv*, p.327494.

FIGUEIREDO, Flávio P. et al. Produtividade e qualidade de banana prata anã, influencia por lâminas de água, cultivada no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, 2006.

FILHO, José Bezerra de Araújo; GHEYI, Hans Raj; AZEVEDO, Norma Cesar de. Tolerância da bananeira à salinidade em fase inicial de desenvolvimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, ed. 7, p. 989-997, jul. 1995.

FILHO, M. B. D. **A fotossíntese e o aquecimento global**. 1ª. ed. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Faostat Crops. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: fev. 2020.



FUJITA, Yasunari; FUJITA, Miki; SHINOZAKI, Kazuo; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, Kazuko. ABA-mediated transcriptional regulation in response to osmotic stress in plants. **Journal of Plant Research**, Japão, v. 124, ed. 4, p. 509-525, jul. 2011.

GAWAD, Nehad M. A. Abdel. Effect of organic compost tea and humic acid to reduce dose of NPK fertigation of banana plants cv. "Grand Nain". **Journal Horticulturae**, Egito, v. 43, ed. 2, p. 195-210, 2016.

GOMES, Eline W. F.; WILLADINO, Lilia; MARTINS, Luiza S. S.; SILVA, Sebastião de O. e; CÂMARA, Terezinha R. Variabilidade genética de genótipos de bananeira (*Musa* spp) submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, ed. 2, p. 171-177, 2005.

GONDIM, Ancélio R. de O.; MEDEIROS, José F. de; CARMO, Gilcimar A. do; PEREIRA, Francisco H. F.; GHEYI, Hans R.; TAVARES, José C. Produtividade da banana submetida a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação: segundo ciclo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, ed. 1, p. 38-42, mar. 2006.

GONDIM, Ancélio Ricardo de Oliveira; MEDEIROS, José Francismar de; LEVIEN, Sérgio Luís Aguilar; CARMO, Gilcimar Alves do; SENHOR, Rosemberg Ferreira. Balanço hídrico e da salinidade do solo na bananeira irrigada com água de diferentes salinidades. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, PR, v. 31, ed. 1, jan./mar. 2009.

GURAV, Ranjit G.; JADHAV, Jyoti P. A novel source of biofertilizer from feather biomass for banana cultivation. **Environmental Science and Pollution Research**, India, v. 20, p. 4532-4539, 2013.

HALPERN, Moshe; BAR-TAL, Asher; MINZ, Dror; MULLER, Torsten. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. **Advances in Agronomy**, p. 141-174, 2015.

HARTZ, Timothy K.; BOTTOM, Thomas G. Humic substances generally ineffective in improving vegetable crop nutrient uptake or productivity. **Hort Science**, California, v. 45, ed. 6, p. 906-910, 2010.

HOLANDA, José S. de; AMORIM, Julio R. A. de; NETO, Miguel F.; HOLANDA, Alan C. de. Qualidade da água para irrigação. In: **MANEJO da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1. ed. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. cap. 4, p. 44-61. ISBN 978-85-7563-489-9.

HU, Wei; HOU, Xiaowan; HUANG, Chao; YAN, Yan; TIE, Weiwei; DING, Zehong; WEI, Yunxie; LIU, Juhua; MIAO, Hongxia; LU, Zhiwei; LI, Meiyang; XU, Biyu; JIN, Zhiqiang. Genome-wide identification and expression analyses of aquaporin gene family during development and abiotic stress in banana. **International Journal of Molecular Sciences**, China, v. 16, p. 19728-19751, 2015. DOI 10.3390/ijms160819728. Disponível em: [www.mdpi.com/journal/ijms](http://www.mdpi.com/journal/ijms). Acesso em: 12 nov. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201->

levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=o-que-e. Acesso em: fev. 2020.

JANNIN, Laetita, et al. *Brassica napus* growth is promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) le jol. Seaweed extract: microarray analysis and physiological characterization of N, C, and S metabolisms. **Journal of Planta Growth Regulation**, v. 32, n. 1, p. 31-52, mar. 2013.

JARDIN, Patrick. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, n. 196, p. 3-14. 2015.

JOHANSEN, D. A. Plant Microtechnique. **McGraw Hill**, Nova York, p. 523, 1940.

JUNIOR, Gilberto de S. E S.; MORAIS, Marciana B. de; CAMARA, Terezinha R.; WILLADINO, Lilia. Crescimento de genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 16, n. 11, p. 1145-1151, nov. 2012.

JÚNIOR, Raimundo Nonato de Assis; SILVA, Edison Fernandes da. Efeito da qualidade da água de irrigação sobre atributos físicos de um neossolo flúvico do município de Quixeré, CE - Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Ceará, v. 36, 2012.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431p.

KODVA, V. A.; PASCAUD, G.; MINART, P. Irrigation, Drainage and Salinity. In: **Chemistry of Saline and Alkali Soils of Arid Zones**. Paris: Huitchinson & Co., FAO/UNESCO, p. 122-154, 1973.

KOVTUN, Yelena; CHIU, Wan-Ling; TENA, Guillaume; SHEEN, Jen. Functional analysis of oxidative stress--activated mitogen-activated protein kinase cascade in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, USA, v. 97, ed. 6, p. 2940-2945, 14 mar. 2000.

LIMA, Lucas Kennedy da Silva; JESUS, Onildo Nunes de; SOARES, Taliane Leila; SANTOS, Idalia Souza dos; OLIVEIRA, Eder Jorge de; FILHO, Maurício Antônio Coelho. Growth, physiological, anatomical and nutritional responses of two phenotypically distinct passion fruit species (*Passiflora* L.) and their hybrid under saline conditions. **Scientia Horticulturae**, Cruz das Almas, BA, v. 263, mar. 2020.

LISAR, S. Y. S. et al. Water stress in plants: Causes, Effects and Responses. In: RAHMAN, I. M. M.; HASEGAWA, H. **Water Stress**. Bangladesh: Intech, 2012.

LITTLE, H. A.; SPANN, T. M. Commercial extracts of *Ascophyllum nodosum* increase growth and improve water status of potted citrus rootstocks under deficit irrigation. **Hortscience**, Florida, v. 45. 2010.

LV, Sulian; CHEN, Xianyang; FAN, Pengxiang; WANG, Xuchu; LI, Yinxin. Multiple compartmentalization of sodium conferred salt tolerance in *Salicornia europaea*. **Plant Physiology and Biochemistry**, França, v. 51, p. 47-52, fev. 2012.

MARCHETTI, D.; MACHADO, A. D. (Org.). **Cerrado: Uso e Manejo**. Brasília, DF: Editerra, 1980. 760 p.

MARTINAZZO, E. G. et al. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS. 2012.

MASCENA, Alenilde Mendes. **Desenvolvimento inicial da bananeira micorrizada e atividade microbiana em neossolo quartzarênico irrigado com água salina**. Orientadora: Vânia Felipe Freire Gomes. 88 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2010.

MATYSIAK, K.; KACZMAREK, S.; KRAWCZYK, R. Influence of seaweed extracts and mixture of humic and fluvic acids on germination and growth of *Zea mays* L. **Acta Scientiarum Polonorum Agricultura**, v. 10, n. 1, 2010.

MEDEIROS, José Francismar de; CARMO, Gilcimar Alves do; GONDIM, Ancélio Ricardo de Oliveira; GHEYI, Hans Raj; TAVARES, José Celesmário. Produção de duas cultivares de bananeiras submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 39, ed. 3, p. 362-368, jul./set. 2008.

MELO, Diego Magalhães de; COELHO, Eugênio Ferreira; BORGES, Ana Lúcia; PEREIRA, Bruno Laecio da Silva; CAMPOS, Marcos Sousa. Agronomic performance and soil chemical attributes in a banana tree orchard fertigated with humic substances. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, GO, v. 46, ed. 4, p. 421-428, out./dez. 2016.

MONTE, Wânia Braga; HERNANDEZ, Fernando Felipe Ferreyra; LACERDA, Claudivan Feitosa de; NESS, Ricardo Luiz Lange. Crescimento e teores de minerais em plantas jovens de duas cultivares de bananeira submetidas a estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 35, p. 157-164, out. 2004.

MOREIRA, R. S. Adubação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 4., 1998, Campo Grande. Anais. Jaboticabal: UNESP, 2001. p. 252-325.

MUSCOLO, Adele; SIDARI, Maria; ATTINÀ, Emilio; FRANCIOSO, Ornella; TUGNOLI, Vitaliano; NARDI, Serenella. Biological activity of Humic Substances is related to their chemical structure. **Soil Science Society of America Journal**, Italia, v. 71, ed. 1, p. 75-85, jan. 2007.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology and Biochemistry**, volume 34, edição 11, novembro, 2002.

NELSON, W. R.; VAN-STADEN, J. Effect of seaweed concentrate on the growth of wheat. **South Africa Journal Science**, v. 82, p. 199–200, 1986.

NETTO, Antenor de Oliveira Aguiar; GOMES, Carlos Clériston Santana; LINS, Carla Cristina Valois; BARROS, Allan Cunha; CAMPECHE, Luis Fernando de Souza Magno; BLANCO, Flávio Favaro. Características químicas e salino-sodicidade dos solos do Perímetro Irrigado Califórnia, SE, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, ed. 6, p. 1640-1645, nov./dez. 2007.

NEVES, L. L. de M.; SIQUEIRA, D. L. de; PAULO, R. C.; MARTINEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C. Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira

prata submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 24, p. 524-529, 2002.

NURUZZAMAN, Mohammed; SHARONI, Akhter M.; KIKUCHI, Shoshi. Roles of NAC transcription factors in the regulation of biotic and abiotic stress responses in plants. **Frontiers in Microbiology**, Japão, v. 4, set. 2013.

O'BRIEN, T. P.; McCULLY, M. E. The study of plant structure principles and select methods. Melbourne: **Termarcarphi Pty**, 45p, 1981.

OLAETXA, Maite et al. Abscisic acid regulation of root hydraulic conductivity and aquaporin gene expression is crucial to the plant shoot growth enhancement caused by rhizosphere humic acids. **Plant Physiology**, [s. l.], v. 169, n. 4, p. 2587-2569, 8 ago. 2015.

PICHYANGKURA, Rath; CHADCHAWAN, Supachitra. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. **Scientia Horticulturae**, Tailândia, v. 196, p. 49-65, 28 nov. 2015.

PRISCO, José T.; FILHO, Enéas Gomes. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1. ed. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. cap. 10, p. 144-159. ISBN 978-85-7563-489-9.

RAYIRATH, Prasanth; BENKEL, Bernhard; HODGES, D. Mark; ALLAN-WOJTAS, Paula; MACKINNON, Shawna; CRITCHLEY, Alan T.; PRITHIVIRAJ, Balakrishnan. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, Canada, v. 230, p. 135-147, 2009.

RAVI, Iyyakkutty; UMA, Subbaraya; VAGANAN, Muthu Mayil; MUSTAFFA, Mohamed M. Phenotyping bananas for drought resistance. **Frontiers in Physiology**, Índia, v. 4, 7 fev. 2013.

RIBEIRO, Aureliano de Albuquerque; FILHO, Marconi Sabra; MOREIRA, Francisco José Carvalho; SOUZA, Maria Cristina Martins Ribeiro de; MENEZES, Ademir Silva. Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo irrigado com água salina em dois substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, RN, v. 8, n. 3, p. 133-242, 2013.

RIBEIRO, Mateus R. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 1. ed. Fortaleza, CE: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. cap. 2, p. 12-19. ISBN 978-85-7563-489-9.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington D.C., U.S. **Salinity Laboratory**, 1954. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).

RUIZ, Marta; QUIÑONES, Ana; MARTÍNEZ-ALCÁNTARA, Belén; ALEZA, Pablo; MORILLON, Raphael; NAVARRO, Luis; PRIMO-MILLO, Eduardo; MARTÍNEZ-CUENCA, Mary-Rus. Effects of salinity on diploid (2x) and doubled diploid (4x) *Citrus macrophylla* genotypes. **Scientia Horticulturae**, Espanha, v. 207, p. 33-40, 5 ago. 2016.

RUSTAGI, Anjana; JAIN, Shalu; KUMAR, Deepak; SHEKBAR, Shashi; JAIN, Mukesh; BHAT, Vishmu; SARIN, Neera Bhalla. High Efficiency Transformation of

Banana [*Musa acuminata* L. cv. Matti (AA)] for Enhanced Tolerance to Salt and Drought Stress Through Overexpression of a Peanut Salinity-Induced Pathogenesis-Related Class 10 Protein. **Mol. Biotechnol.**, India, v. 57, p. 27-35, 2015.

SCATENA, Vera Lúcia; SCREMIN-DIAS, Edna. Parênquima, Colênquima e Esclerênquima. In: APEZZATO-DA-GLÓRIA, Beatriz; CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria (ed.). **Anatomia Vegetal**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. cap. 4, p. 105-122.

SEENIVASAN, N.; SENTHILNATHAN, S. Effect of humic acid on *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood infecting banana (*Musa* spp.). **International Journal of Pest Management**, India, v. 64, ed. 2, p. 110-118, 28 jun. 2017.

SEGATTO, Fernanda Bastos; BISOGNIN, Dilson Antônio; BENEDETTI, Marlova; COSTA, Liege Camargo da; RAMPELOTTO, Marcos Vicente; NICOLOSO, Fernando Teixeira. Técnica para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1597-1601, out. 2004.

SHINOZAKI, Kazuo; QIN, Feng; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, Kazuko. Achievements and challenges in understanding plant abiotic stress responses and tolerance. **Plant & Cell Physiology**, Japão, v. 52, ed. 9, p. 1569-1582, 9 ago. 2011.

SILVA, E. B. et al. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional de mudas de bananeira tipo prata. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 82-92, 2014.

SILVA, Ítalo Nunes; FONTES, Larissa de Oliveira; TAVELLA, Leonardo Barreto; OLIVEIRA, Joaquim Branco de; OLIVEIRA, Alysson Cavalcante de. Qualidade de água na irrigação. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, Campina Grande, PB, v. 7, ed. 3, p. 01-15, jul./set. 2011.

SILVA, Luciana Borges e; NASCIMENTO, Jorge Luiz do; NAVES, Ronaldo Veloso; FERREIRA, Paulo Henrique. Comportamento vegetativo de cultivares de banana sob diferentes lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 34, ed. 4, p. 93-98, 2004.

SILVA, Maria J. G. da; HERNANDEZ, Fernando F. F.; COSTA, Raimundo N. T.; LACERDA, Claudivan F. de; CRISÓSTOMO, Lindenbergue A. Qualidade de água e níveis de irrigação sobre o desenvolvimento da bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 76-80, 2005.

SILVA, Roberta Lane de Oliveira; MARTINS, Luiza Suely Semen; GOMES, Eline Waked Ferreira; FERRAZ, Gabriela de Moraes Guerra; SILVA, Sebastião de Oliveira e; WILLADINO, Lilia. Avaliação de diploides de bananeira (*Musa* spp.) quanto à tolerância a salinidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 31, ed. 4, p. 1084-1091, dez. 2009.

SILVA, Sebastião de Oliveira e; AMORIM, Edson Perito; SANTOS-SEREJO, Janay Almeida dos; FERREIRA, Cláudia Fortes; RODRIGUEZ, Miguel Angel Dita. Melhoramento genético da bananeira:: estratégias e tecnologias disponíveis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 35, ed. 3, p. 919-931, set. 2013.

SIMPSON, Catherine R.; NELSON, Shad D.; MELGAR, Juan C.; JIFON, John; SCHUSTER, Greta; VOLDER, Astrid. Effects of salinity on physiological parameters

of grafted and ungrafted citrus trees. **Scientia Horticulturae**, United States of America, v. 197, p. 483-489, dez. 2015.

SONG, Shun; XU, Yi; HUANG, Dongmei; MIAO, Hongxia; LIU, Juhua; JIA, Caihong; HU, Wei; VALAREZO, Ana Valeria; XU, Biyu; JIN, Zhiqiang. Identification of a novel promoter from banana aquaporin family gene (MaTIP1;2) with responses Arabidopsis thaliana. **Plant Physiology and Biochemistry**, China, v. 128, p. 163-169, jul. 2018.

SOTO BALLESTERO, M. Bananos: cultivo y comercialización. 2nd ed. San José: Imprenta Lil, 2000. 1 CD-ROM.

SOUZA, Antônio da Silva; CORDEIRO, Zilton José Maciel; TRINDADE, Aldo Vilar. Produção de mudas. In: CORDEIRO, Zilton José Maciel (org.). **Banana: Produção e aspectos técnicos**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. cap. 7, p. 39-46. ISBN 85-7383-070-0.

SREEDHARAN, Shareena; SHEKHAWAT, Upendra K. S.; GANAPATHI, Thumballi R. Transgenic banana plants overexpressing a native plasma membrane aquaporin MusaPIP1;2 display high tolerance levels to different abiotic stresses. **Plant Biotechnology Journal**, Índia, v. 11, ed. 8, p. 942-952, 2013

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MOLLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Brasil: Artmed, 2017. 858 p. ISBN 978-85-8271-367-9.

TAK, Himanshu; NEGI, Sanjana; GANAPATHI, T. R. Banana NAC transcription factor MusaNAC042 is positively associated with drought and salinity tolerance. **Springer-Verlag Wien**, Índia, p. 804-816, 2017.

TURNER, D. W.; BARKUS, B. Long-term nutrient absorption rates and competition between ions in banana in relation to supply of K, Mg and Mn. **Fertilizer Research**, Australia, v. 4, p. 127-134, 1983.

VOLGEMANN, Eduardo Saldanha. **Relações da matéria orgânica com a hidrofobicidade do solo**. Orientador: José Miguel Reichert. 2014. 126 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

WANG, J. Y.; GONG, W.; BAO, X. L.; TANG, H. L.; HU, W.; GOU, G. J. Coupling effects of water and fertilizer on diurnal variation of photosynthesis of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim “hanyuan” seedling leaf. **Acta Ecol Sin** v. 36, ed. 5, p. 1321-1330, 2016.

WILLADINO, Lilia; GOMES, Eline W. F.; SILVA, Ênio F. de F. e; MARTINS, Luiza S. S.; CAMARA, Terezinha R. Efeito do estresse salino em genótipos tetraplóides de bananeira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 15, ed. 1, p. 53-59, 2011.

WILLADINO, Lillia; CAMARA, Terezinha Rangel; RIBEIRO, Marta Barbosa; AMARAL, Daniel Oliveira Jordão do; SUASSUNA, Flavia; SILVA, Márcia Vanusa da. Mechanisms of tolerance to salinity in banana: Physiological, biochemical, and

molecular aspects. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 39, ed. 2, 22 maio 2017.

XIAOHUI, Feng; KAI, Guo; CE, Yang; JINSONG, Li; HUANYU, Chen; XIAOJING, Liu. Growth and fruit production of tomato grafted onto wolfberry (*Lycium chinense*) rootstock in saline soil. **Scientia Horticulturae**, China, v. 255, p. 298-305, 20 set. 2019.

ZAHEDI, Seyed Morteza; HOSSEINI, Marjan Sadat; ABADÍA, Javier; MARJANI, Mina. Melatonin foliar sprays elicit salinity stress tolerance and enhance fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). **Plant Physiology and Biochemistry**, Espanha, v. 149, p. 313-323, abr. 2020.

ZHANG, Xunzhong; ERVIN, E. H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. **Crop Science**. Estados Unidos, v. 44, set./out. 2004.

ZHANG, Yuqi; KAISER, Elias; ZHANG, Yating; YANG, Qichang; LI, Tao. Short-term salt stress strongly affects dynamic photosynthesis, but not steady-state photosynthesis, in tomato (*Solanum lycopersicum*). **Environmental and Experimental Botany**, China, v. 149, p. 109-119, mai. 2018.

ZHU, Jian-Kang. Plant salt tolerance. **Trends in Plant Science**, Cambridge, USA, v. 6, ed. 2, p. 66-71, fev., 2001.

ZHU, Jian-Kang; HASEGAWA, Paul M.; BRESSAN, Ray A. Molecular Aspects of Osmotic Stress in Plants. **Critical Reviews in Plant Sciences**, USA, v. 16, n. 3, p. 253-277, 1997.