



**Universidade Federal de Sergipe**  
**Campus do Sertão**  
**Núcleo de Graduação de Agronomia**



TAINÁ ALVES DA SILVA

**INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE SALINO EM LIMEIRA ÁCIDA  
'TAHITI' SOBRE PORTA-ENXERTOS EM DOIS ANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso

Nossa Senhora da Glória  
Julho, 2021

TAINÁ ALVES DA SILVA

**INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE SALINO EM LIMEIRA ÁCIDA  
'TAHITI' SOBRE PORTA-ENXERTOS EM DOIS ANOS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação apresentado ao núcleo de graduação de Agronomia da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Dr. Marcos Eric Barbosa Brito

Nossa Senhora da Glória  
Julho, 2021

TAINÁ ALVES DA SILVA

**INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE SALINO EM LIMEIRA ÁCIDA  
'TAHITI' SOBRE PORTA-ENXERTOS EM DOIS ANOS**

Este documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_/

Banca examinadora:

---

Marcos Eric Barbosa Brito, Dr. Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Sergipe

---

Maiana Reis Pimenta, Dra. Fisiologia de Plantas  
Universidade Federal de Sergipe

---

Jose Jairo Florentino Cordeiro Junior, Dr. Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Sergipe

## Índice

Resumo.....	5
Abstract .....	5
<b>1. Introdução.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Metodologia.....</b>	<b>8</b>
2.1 Localização e clima .....	8
2.2 Material vegetal .....	9
2.3 Delineamento estatístico e tratamentos .....	10
2.4 Águas de irrigação.....	11
2.5 Manejo.....	11
2.6 Aspectos avaliados .....	12
2.6.1 Trocas gasosas.....	12
2.6.2 Fluorescência da clorofila <i>a</i> .....	13
2.7 Análises estatísticas .....	14
<b>3. Resultados e Discussão.....</b>	<b>15</b>
3.1 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila <i>a</i> 2019.....	15
3.2 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila <i>a</i> 2020.....	19
<b>4. Conclusões.....</b>	<b>24</b>
<b>5. Referências bibliográficas.....</b>	<b>24</b>
<b>6. Agradecimentos .....</b>	<b>28</b>

## INDICADORES FISIOLÓGICOS DO ESTRESSE SALINO EM LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' SOBRE PORTA-ENXERTOS EM DOIS ANOS

Tainá Alves da Silva<sup>1</sup>, Marcos Eric Barbosa Brito<sup>2</sup>

### Resumo

Os citros são cultivados em todas as regiões do Brasil, é um importante segmento de produção do país. Entretanto, a sua produtividade é baixa em comparação ao seu potencial. Isso pode estar associado ao uso de porta-enxertos pouco produtivos, ou ainda, aos impactos negativos da salinidade da água e solo. Diante disso, este trabalho objetivou-se identificar, por meio de aspectos fisiológicos, indicadores de tolerância ao estresse salino na limeira ácida 'Tahiti' enxertada em diferentes porta-enxertos oriundos de progênies durante o período de produção. Para tal, foi montado um experimento na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, a qual fica localizada no município de Nossa Senhora da Glória- Sergipe, este foi disposto em quatro blocos casualizados com parcelas subdivididas, onde na parcela tinha-se 13 porta-enxertos de citros, correspondentes ao limoeiro 'Cravo Santa Cruz', três 'Citrandarins', a tangerineira 'Sunki Tropical' e oito híbridos de citros gerados pelo Programa de Melhoramento Genético de Citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura, todos enxertados com a limeira ácida 'Tahiti', e na subparcela três condutividades elétricas da água de irrigação (0,14; 2,4 e 4,8 dS m<sup>-1</sup>). O efeito da salinidade foi avaliado mediante as trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, ficando evidente que o estresse salino causa efeitos deletérios na fisiologia das plantas, levando-as a dissipar energia para manter suas atividades bioquímicas dentro da normalidade, os genótipos 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] e o 5 Tangerineira 'Sunki Tropical' apresentaram maior tolerância aos ambientes com as maiores salinidades.

**Palavras-chave:** *Citrus* spp.; Fluorescência; Salinidade.

### Abstract

---

<sup>1</sup>Graduanda em Eng. Agrônoma, Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil.

<sup>2</sup>Doutor em Eng. Agrícola, professor do Núcleo de Graduação de Agronomia, Campus do Sertão/Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, SE, Brasil.

## PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF SALINO STRESS IN 'TAHITI' ACID LIME ON ROOTSTOCKS IN TWO YEARS

Citrus is cultivated in all regions of Brazil, it is an important segment of production in the country. However, its productivity is low compared to its potential. This may be associated with the use of unproductive rootstocks, or even to the negative impacts of water and soil salinity. Therefore, the aim of this study was to identify, through physiological aspects, indicators of tolerance to saline stress in the 'Tahiti' acid lime grafted on different rootstocks derived from progenies during the production period. To this end, an experiment was carried out on Embrapa Semiárido experimental farm, which is located in the municipality of Nossa Senhora da Glória- Sergipe, this was arranged in four randomized blocks with subdivided plots, where in the plot there were 13 citrus rootstocks, corresponding to the 'Santa Cruz Rangpur' lime, three 'Citrandarins', the 'Tropical Sunki' mandarin and eight citrus hybrids generated by the Citrus Breeding Program of Embrapa Mandioca e Fruticultura, all grafted with the 'Tahiti' acid lime, and in the subplot three electrical conductivities of irrigation water (0.14; 2.4 and 4.8 dS m<sup>-1</sup>). The effect of salinity was evaluated by gas exchange and chlorophyll a fluorescence, becoming evident that salt stress causes deleterious effects on plant physiology, causing them to dissipate energy to keep their biochemical activities within the normal range, genotypes 12 [TSKC x (LCR x TR) - 059], 11 [TSKC x (LCR x TR) - 040] and 5 'Tropical Sunki' mandarin showed higher tolerance to the environment with the highest salinities.

**Keywords:** *Citrus* spp.; Fluorescence; Salinity.

## 1. Introdução

As plantas cítricas de interesse econômico fazem parte do gênero *Citrus* (L.) e gêneros afins, tais como *Fortunella* (Swing.), *Poncirus* (Raf.) e híbridos, os quais estão inclusos na família Rutaceae, sendo originários do sudeste asiático, áreas da Austrália e África (WU et al., 2018). As plantas comerciais, em sua maioria, são constituídas pela associação entre dois indivíduos, a copa e o porta-enxerto, onde as suas interações influenciam na tolerância as propriedades fitopatológicas, estresses abióticos e, ainda, na precocidade da planta e maturação de frutos (ALMEIDA et al., 2018).

No Brasil, os cultivos são representados, principalmente, pelas laranjeiras doces [*C. sinensis* (L.) Osbeck], fato que garante ao país ocupar o ranking mundial de maior exportador de suco concentrado e pasteurizado de laranja, além de ser considerado o segundo maior produtor mundial de frutas cítricas, estando essa produção concentrada, principalmente, nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, embora os cultivos estejam distribuídos em todas as regiões do país (IBGE, 2020). Estes cultivos incluem a limeira ácida ‘Tahiti’ [*C. x latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka], a qual tem uma boa aceitação no mercado nacional e internacional por apresentar características como sabor, acidez, ausência de sementes e casca de cor verde (JUNQUEIRA, 2013).

A região Nordeste brasileira tem a citricultura como um véis na geração de empregos e renda, contribuindo para o desenvolvimento social da região. No entanto, a produtividade da cultura é considerada baixa, em torno de 11,9 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2020), visto ao seu potencial, o qual pode atingir 40 t ha<sup>-1</sup> (PANTA & SANTOS SOBRINHO, 2019). Esse valor, muito inferior ao potencial da cultura, pode ser devido ao uso de porta-enxertos pouco produtivos ou, ainda, ao déficit hídrico natural existente na região (ZANELLA, 2014), o que se faz necessário a utilização de materiais produtivos associados a prática da irrigação para se obter produções economicamente viáveis (LIMA et al., 2020).

Entretanto, a maior parte da água disponível na região, principalmente àquela disposta no subsolo, possui alto teor de sais (SANTOS et al., 2020), o que limita o seu uso na irrigação, já que a salinidade pode ocasionar, nas plantas, distúrbios de natureza osmótica, restringindo a disponibilidade de água, e de natureza iônica, em especial pelo acúmulo de íons Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> em níveis tóxicos, ou ainda acarretar em distúrbios nutricionais (AZEVEDO NETO et al., 2020; RADY et al., 2019; CECCARINI et al., 2019).

A salinidade pode afetar o crescimento e a fisiologia das plantas, alterando, por exemplo, as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila (BARBOSA et al., 2017; BRITO et al., 2018). Estes efeitos são ainda mais notórios em genótipos de citros considerados sensíveis ou moderadamente sensíveis (BRITO et al., 2014; ALMEIDA, 2019). Entretanto, em trabalhos desenvolvidos por

alguns autores, a exemplo de BRITO et al. (2015) e BARBOSA et al. (2017), a severidade dos efeitos causados pela salinidade é variável em função da duração do estresse, do material genético e/ou, ainda, da fase fenológica da planta, o que torna importante se estudar a salinidade na fase de prefloração e produção em campo.

Visto isto, objetivou-se identificar, por meio de aspectos fisiológicos, indicadores de tolerância ao estresse salino na limeira ácida ‘Tahiti’ enxertada em diferentes porta-enxertos oriundos de progênies durante os dois primeiros anos de produção.

## 2. Metodologia

### 2.1 Localização e clima

O experimento foi implantado em campo aberto, em dezembro de 2018, na fazenda experimental da Embrapa Semiárido, localizada no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, (10°12’18” de latitude S e 37°19’39” de longitude W e altitude de 294 m). O clima da região é classificado como Aw, o qual possui uma média de 750 milímetros ‘mm’ anual e temperatura média anual entre 24 °C (ALVARES et al., 2013).

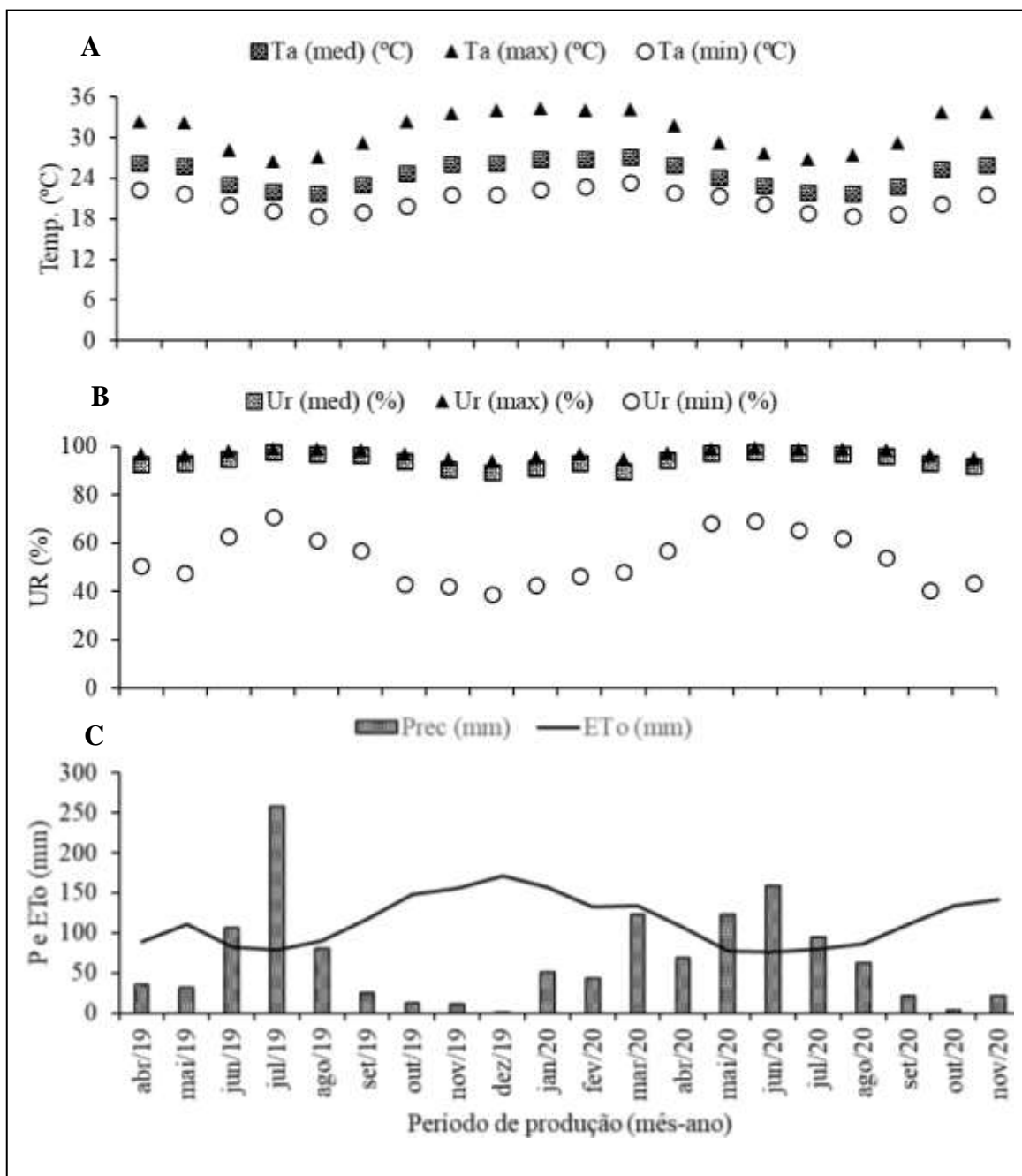


**Figura 1.** Instalação do experimento (A), transplântio das mudas (B).

Os dados meteorológicos da área experimental foram obtidos a partir da estação meteorológica da Embrapa Semiárido, no período de abril de 2019 a novembro de 2020. Durante o período compreendido entre abril e dezembro de 2019, a temperatura máxima foi 34,00 °C e mínima de 18,42°C, enquanto a média ficou entre 21,72 °C a 26,28 (Figura 2A). Quanto a umidade relativa do ar (UR), a máxima foi de 99,31% e mínima 39,13%, já a média se manteve todo o período próximo a 100% (Figura 2B). Referente a precipitação total do período, está ficou em 558,35 mm e a Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em 1041,56 mm (Figura 2C).

No ano de 2020 os dados climáticos foram referentes ao mês de janeiro a novembro, onde a temperatura máxima foi de 34,34 °C e a mínima 18,41 °C, enquanto a média variou entre 22,94 °C e 27,18 °C (Figura 2A). A umidade relativa do ar (UR) máxima ficou em 99,46% e mínima

40,57%, e na maior parte do período ficou em 100% (Figura 2B). Por fim, a precipitação total foi 769,80 mm e a Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) 1233,89 mm (Figura 2C).



**Figura 2** - Temperaturas máxima, média e mínima (A), umidades relativas do ar máxima, média e mínima (B) e precipitação e evapotranspiração de referência (C), compreendendo abril de 2019 até novembro de 2020, sendo os dados colhidos a partir da estação meteorológica da Embrapa Semiárido. Nossa Senhora da Glória- Sergipe.

## 2.2 Material vegetal

As mudas dos 13 genótipos de porta-enxertos foram obtidas junto ao viveiro de produção de mudas Tamafe<sup>®</sup>, que mantém parceria com a Embrapa Mandioca e Fruticultura, em Cruz das

Almas- BA, estas foram enxertadas com limeira ácida ‘Tahiti’, seguindo as recomendações de produção de mudas certificadas e usando-se de materiais de origem apogâmica (Tabela 1). No processo, foram utilizadas sacolas plásticas com capacidade de 2.000 mL, preenchidas com substrato comercial Basaplant<sup>®</sup>, as mudas ficaram nessa condição por 10 meses, até estarem aptas ao transplante para a área experimental.

### 2.3 Delineamento estatístico e tratamentos

O experimento foi montado usando o delineamento experimental de blocos casualizados, com tratamentos arranjos a partir de parcelas subdivididas, considerando-se:

- a) Parcela: 13 combinações copa/porta-enxerto (genótipos), relativos à limeira ácida ‘Tahiti’ [*C. x latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] enxertada em 13 genótipos de porta-enxerto, todos provenientes do programa de melhoramento genético de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, estando descritos na (Tabela 1).
- b) Sub-parcela: três tipos de água (salinidades), essas com condutividade elétrica (CEa) de 0,14 dS m<sup>-1</sup>, 2,4 dS m<sup>-1</sup> e de 4,8 dS m<sup>-1</sup>.

Ao combinar as parcelas, obteve-se 39 tratamentos (13 genótipos x 3 tipos de água), repetidos em quatro blocos, totalizando 156 parcelas.

**Tabela 1.** Relação das 13 combinações utilizadas como porta-enxerto para limeira ácida ‘Tahiti’ [*C. x latifolia* (Yu Tanaka) Tanaka] provenientes do programa de melhoramento genético de Citros (PMG-Citros) da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Ordem	Genótipo	Ordem	Genótipo
1	Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’	8	TSKC x CTTR – 012
2	Citrandarin ‘Indio’	9	TSKFL x CTTR – 013
3	Citrandarin ‘Riverside’	10	HTR – 069
4	Citrandarin ‘San Diego’	11	TSKC x (LCR x TR) – 040
5	Tangerineira ‘Sunki Tropical’	12	TSKC x (LCR x TR) – 059
6	TSKC x TRBK – 007	13	TSKC x CTARG – 019
7	TSKFL x TRBK – 030		

1 - Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’ (*C. x limonia* Osbeck). 2 - Citrandarin [*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] ‘Indio’. 3 - Citrandarin ‘Riverside’. 4 - Citrandarin ‘San Diego’. 5 - Tangerineira ‘Sunki’ (*C. sunki*) seleção ‘Tropical’. 6 - Tangerineira ‘Sunki’ comum’ (TSKC) x *P. trifoliata* seleção ‘Benecke’ (TRBK) - 007. 7 - Tangerineira ‘Sunki’ seleção ‘da Flórida’ (TSKFL) x TRBK - 030. 8 - TSKC x citrange [*C. x sinensis* (L.) Osbeck x *P. trifoliata*] ‘Troyer’ (CTTR) - 012. 9 - TSKFL x CTTR - 013. 10 - HTR - 069 [híbrido trifoliolado resultante de cruzamento da laranjeira ‘Pera’ (*C. x sinensis*) com citrange ‘Yuma’]. 11 - TSKC x [limoeiro ‘Cravo’ (LCR) x *P. trifoliata* (TR)] - 040. 12 - TSKC x (LCR x TR) - 059. 13 - TSKC x citrange ‘Argentina’ (CTARG) - 019.

As plantas foram cultivadas em lisímetros, em condições de campo, estes foram enchidos utilizando-se solo retirado de uma área próxima da pesquisa, caracterizado como ARGISSOLO Vermelho Amarelo, seguindo os seus horizontes diagnósticos, e devidamente peneirado com

peneira de 10 mesh. No enchimento dos lisímetros, primeiramente foi incluso uma camada de 4 cm de brita, seguida por uma camada de solo de 17 cm de altura, posteriormente outra camada de 17 cm de solo, na qual se incluiu 10 L de esterco, sendo assim, cada lisímetro recebeu um volume equivalente a 45 litros de solo e 10 Litros de esterco bovino, totalizando 55 litros.

## 2.4 Águas de irrigação

Até os 30 dias após o transplântio (DAT), as plantas foram irrigadas com água proveniente do abastecimento local, oriunda do rio São Francisco, com condutividade elétrica (CEa) de  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ , a partir deste período, foram aplicados os tratamentos relativos à salinidade. Estas consistiram em uma CEa de  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$  e as demais por meio da diluição da água de um poço tubular, que possuía CEa de  $30,0 \text{ dS m}^{-1}$  na água do abastecimento local, para obter as condutividades elétricas de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  e  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ . A aferição de tais valores foi realizada através de um condutivímetro portátil microprocessado, com ajuste automático de temperatura à  $25^\circ\text{C}$ .

As soluções foram armazenadas separadamente, até a sua utilização, em recipientes plásticos de 1000 Litros, devidamente protegidos contra a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que pudessem comprometer a sua qualidade. O volume aplicado era realizado pelo método do balanço hídrico, de forma a repor o consumo médio diário de água pelas plantas.

## 2.5 Manejo

O manejo nutricional, o controle de plantas espontâneas e a prevenção e controle de pragas e doenças, foram feitos seguindo a recomendação para a produção de citros (MATTOS JUNIOR et al., 2005). Onde, eram feitas as adubações com 811,2g de MAP, 592,8g de KCL, e 1,271kg de ureia para as 156 plantas com frequência de 15 em 15 dias. Além disso, foram realizadas limpezas manual e ajustes no sistema de irrigação, colheita e análise dos frutos, quando necessário.



**Figura 3.** Limpeza da área (A), Ajuste do sistema de irrigação (B), colheita de frutos (C).

Em 2019 foi feita a primeira coleta das amostras de solo, realizada em cada parcela experimental separada por salinidade, e o resultado sendo as suas médias. De maneira geral, verificou-se que a condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes) variou de 3 a 14,76 dS m<sup>-1</sup>, pH entre 5 e 6, e razão de adsorção de sódio (RAS) entre 2 e 40 (Tabela 2).

No ano de 2020 (Tabela 3), o pH variou de 4 a 5, enquanto a condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes) variou 2,72 e 5,03 dS m<sup>-1</sup>, já a razão de adsorção de sódio (RAS) ficou entre 5 e 22. Em ambos os anos é possível caracterizar o solo que recebeu água com 0,14 dS m<sup>-1</sup> como normal e os que receberam águas de 2,4 e 4,8 dS m<sup>-1</sup> como salino-sódicos, conforme Ayers e Westcot (1999).

**Tabela 2** - Características químicas da solução do solo em cada nível de salinidade, onde o resultado é a média das amostras retiradas nas parcelas, e o período correspondente é 2019.

Salinidade	pH	CEes dS m <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> -----mmolc dm <sup>-3</sup> -----	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	RAS (mmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>-0,5</sup>	PST %
0,14	5,618	3,971	1,125	7,402	2,350	1,135	2,160	1,123
2,40	5,955	9,542	0,601	13,195	36,200	1,603	34,707	20,900
4,80	6,005	14,763	7,218	15,575	81,500	2,675	40,453	31,500

pH = potencial hidrogeniônico; CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; Ca<sup>2+</sup> = cálcio; K<sup>+</sup> = potássio; Na<sup>+</sup> = sódio; Mg<sup>2+</sup> = magnésio; RAS = razão de adsorção de sódio; PST = percentual de sódio trocável.

**Tabela 3.** Características químicas da solução do solo em cada nível de salinidade, onde o resultado é a média das amostras retiradas nas parcelas, e o período correspondente é 2020.

Salinidade	pH	CEes dS m <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup> -----mmolc dm <sup>-3</sup> -----	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	RAS (mmolc dm <sup>-3</sup> ) <sup>-0,5</sup>
0,14	4,88	2,72	1,66	0,34	11,23	5,39	5,98
2,40	5,34	4,92	2,67	0,11	28,67	5,41	14,26
4,80	5,43	5,03	2,98	0,097	46	5,40	22,47

pH = potencial hidrogeniônico; CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; Ca<sup>2+</sup> = cálcio; K<sup>+</sup> = potássio; Na<sup>+</sup> = sódio; Mg<sup>2+</sup> = magnésio; RAS = razão de adsorção de sódio.

## 2.6 Aspectos avaliados

### 2.6.1 Trocas gasosas

As trocas gasosas foram feitas em novembro de 2019 e de 2020, quando as plantas se encontravam em período reprodutivo e em uma condição de estresse mais notória, utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA) (LCpro+) com luz constante de 1.200 μmol de fótons m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, tendo como base a folha madura a partir do ápice caulinar, padronizando-se, ainda,

a posição em relação ao quadrante da planta e as faixas de horário, visando diminuir interferências abióticas.

Com a análise, obteve-se as seguintes variáveis: taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ). De posse desses dados, serão quantificadas a eficiência intrínseca no uso da água ( $E_i\text{UA}$ ) por meio da divisão ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ], eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  ( $E_iC_i$ ), por meio da divisão ( $A/C_i$ ) e a eficiência instantânea no uso da água ( $A/g_s$ ) (SILVA et al., 2014).



**Figura 4.** Ilustração da avaliação de trocas gasosas com analisador de gás no infravermelho-IRGA.

### 2.6.2 Fluorescência da clorofila $a$

No mesmo período de avaliação das trocas gasosas, foi determinada a fluorescência da clorofila  $a$ , usando-se de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science; utilizando o protocolo OJIP, a fim de determinar as variáveis de indução de fluorescência na fase bioquímica: fluorescência inicial (O), a fluorescência transiente J (J), a fluorescência transiente I (I) e a fluorescência máxima (P). O que ocorreu após adaptação das folhas ao escuro por um período 40 minutos, usando-se de um clipe do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estivessem oxidados, ou seja, os centros de reação estejam abertos. A partir dos dados obtidos, foi calculada a fluorescência variável através da subtração ( $F_v = P - O$ ) e máxima eficiência quântica do fotossistema II através da divisão ( $F_v/P$ ) (GENTY et al., 1989).

Após as avaliações da fluorescência com adaptação ao escuro, procederam-se as avaliações em condições de iluminação, usando-se do protocolo 'Yield', aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante, acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip), afim de determinar as variáveis: fluorescência inicial antes do pulso de saturação ( $F_s'$ ), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante ( $F_{ms}'$ ) e a eficiência quântica do fotossistema II  $Y(\text{II})$ .

A partir destes resultados, foram determinadas a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado ( $F_o'$ ), o coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake ( $q_L$ ), o rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada ( $Y_{npq}$ ), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada ( $Y_{no}$ ), usando metodologias descritas em (OXBOROUGH & BAKER, 1997; KRAMER et al., 2004).



**Figura 5.** Ilustração da avaliação de fluorescência com fluorômetro de pulso modulado.

## 2.7 Análises estatísticas

Os dados coletados foram analisados por meio do método GGE Biplot, considerando o efeito do genótipo (G) e a sua interação com o ambiente (E), neste caso as variáveis fisiológicas (YAN et al., 2000). Através deste método, o genótipo e a interação G x E representam o efeito principal, além disso, o GGE Biplot não separa o genótipo da interação com o ambiente, mantendo-os juntos em dois multiplicativos, o que é representado na equação 2. Para tal procedimento usou o software RStudio® (R CORE TEAM, 2020).

$$Y_{ij} - \bar{y}^{-j} = y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1} + y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad \text{Equação. 2}$$

Em que,  $Y_{ij}$  representa o rendimento médio da  $i$ -ésima população dentro do  $j$ -ésimo ambiente;  $\bar{y}^{-j}$  é a média geral de todas as populações dentro do ambiente  $j$ ;  $y_1 \varepsilon_{i1} \rho_{j1}$  correspondem ao primeiro componente principal (PC1);  $y_2 \varepsilon_{i2} \rho_{j2}$  correspondem ao segundo componente principal (PC2);  $y_1$  e  $y_2$  correspondem aos autovalores associados ao PC1 e PC2, respectivamente;  $\varepsilon_{i1}$  e  $\varepsilon_{i2}$  são os escores do primeiro e segundo componente principal, respectivamente, da  $i$ -ésima população;  $\rho_{j1}$  e  $\rho_{j2}$  correspondem aos escores do primeiro e segundo componente principal,

respectivamente para o ambiente  $j$ -ésimo; Por fim,  $\epsilon_{ij}$  representa o erro do modelo associado a população  $i$ -ésima e ao ambiente  $j$ -ésimo. (YAN & KANG 2003).

### 3. Resultados e Discussão

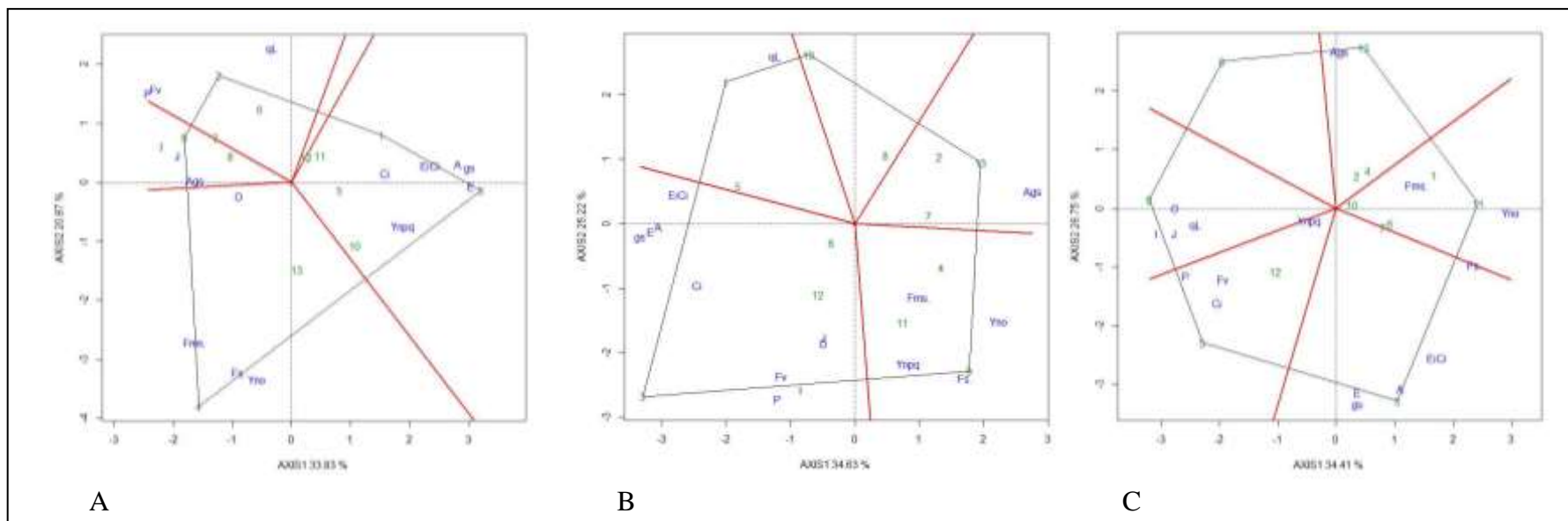
#### 3.1 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* 2019

Usando o GGE *biplot* (“which-won-where”), os genótipos foram agrupados de modo a identificar quais ambientes (variáveis) foram destaques em cada nível de salinidade (Figura 2), ou seja, onde se observou uma adaptação superior (YOKOMIZO et al, 2020).

Tal fato permitiu observar que ao aplicar a água de baixa condutividade elétrica ( $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ ), (Figura 6A), oriunda do Rio São Francisco, os vértices do polígono foram formados com os genótipos 1 (Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’), 3 (Citrandarin ‘Riverside’), 4 (Citrandarin ‘San Diego’), 9 [TSKFL x CTTR – 013] e 2 (Citrandarin ‘Indio’), perfazendo cinco ambientes, cortados em quatro grupos.

Onde as variáveis  $EiCi$ , A, gs, E, Ci e Ynpq estão inclusas no ambiente dos genótipos 1 (Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’) e 3 (Citrandarin ‘Riverside’), já as variáveis Fms, Fs e Yno estão no ambiente do genótipo 4 (Citrandarin ‘San Diego’), enquanto as variáveis I, J e Ags estão no ambiente do genótipo 9 [TSKFL x CTTR – 013] e, por fim, as variáveis P, Fv e qL alocaram-se no ambiente do genótipo 2 (Citrandarin ‘Indio’) (Figura 6A).

Quando se aplicou água com  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 6B) os vértices formaram-se com os genótipos 13 [TSKC x CTARG – 019], 9 [TSKFL x CTTR – 013], 3 (Citrandarin ‘Riverside’), 1 (Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’) e 10 [HTR – 069], distribuídos em cinco ambientes, em que a variável Ags ficou no ambiente do genótipo 13 [TSKC x CTARG – 019], já o Yno, Fs, Ynpq e Fms no ambiente do genótipo 9 [TSKFL x CTTR – 013], enquanto O, J, I, P, Fv, Ci, gs, A, E e  $EiCi$  ficaram no ambiente do genótipo 3 (Citrandarin ‘Riverside’), já a variável qL ficou no ambiente do genótipo 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’).



**Figura 6.** Grupo de genótipos e ambientes (*GGE-biplot*), quem vence em quem/onde, relativos as salinidades de (0,14 (A), 2,4 (B) e 4,8 (C)  $\text{dS m}^{-1}$ ) e as variáveis fisiológicas taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci), eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  (EiCi), eficiência instantânea no uso da água (A/gs), fluorescência inicial (O), fluorescência transiente J (J), fluorescência máxima (P), fluorescência variável (Fv), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms'), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Ynpq), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Yno). E os genótipos: 1 - Limoeiro 'Cravo Santa Cruz'. 2 - Citrandarin 'Índio'. 3 - Citrandarin 'Riverside'. 4 - Citrandarin 'San Diego'. 5 - Tangerineira 'Sunki Tropical'. 6 - TSKC x TRBK – 007. 7 - TSKFL x TRBK – 030. 8 - TSKC x CTTR – 012. 9 - TSKFL x CTTR – 013. 10 - HTR – 069. 11 - TSKC x (LCR x TR) – 040. 12 - TSKC x (LCR x TR) – 059. 13 - TSKC x CTARG – 019.

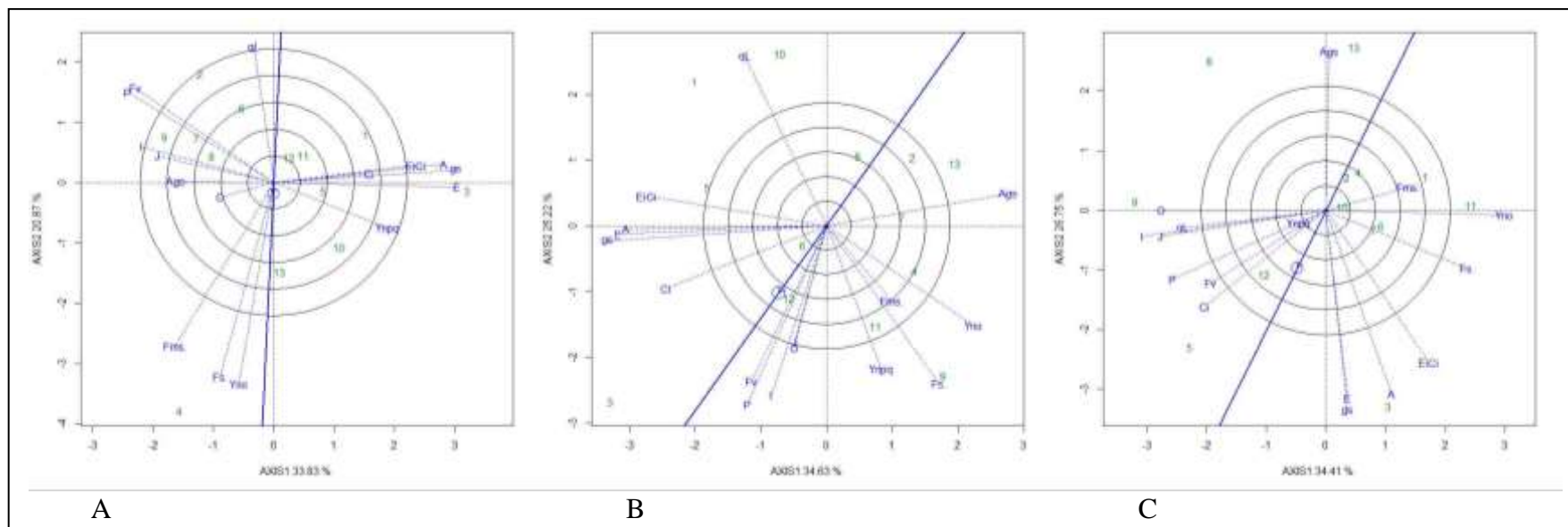
O *biplot* com a salinidade de  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  teve em seus vértices os genótipos 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040], 3 (Citrandarin ‘Riverside’), 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’), 9 [TSKFL x CTTR – 013], 8 [TSKC x CTTR – 012] e 13 [TSKC x CTARG – 019], os quais foram dispostos em seis ambientes, o primeiro composto das variáveis Fms e Yno e o genótipo 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040], o segundo com Fs, Eici, A, gs e E e o genótipo 3 (Citrandarin ‘Riverside’). Já o terceiro ambiente P, Ci, Fv e Ynpq com o genótipo 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’). O quarto ambiente concentrou O, J, I e qL com o genótipo 9 [TSKFL x CTTR – 013]. O quinto ambiente não alocou variável, apenas o genótipo 8 [TSKC x CTTR – 012], e o sexto e último ambiente alocou Ags e o genótipo 13 [TSKC x CTARG – 019] (Figura 6C).

Independentemente do nível de salinidade aplicado, os genótipos que se encontrarem posicionados nos vértices do polígono foram mais responsivos as variáveis que se encontrarem no mesmo mega- ambiente, enquanto os que estão dentro dos polígonos são menos responsivos a estas variáveis, quando comparados com os dos vértices (SANTOS et al., 2017).

Através dos *biplot* (Figura 6), nota-se que os genótipos 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059] com  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$ , 10 [HTR – 069] em  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  e 8 [TSKC x CTTR – 012] com  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$  não apresentou relação com as variáveis de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* estudadas, o que, segundo Atroch et al. (2020), caracteriza uma baixa resposta as variáveis, não sendo bons indicadores no estudo do estresse salino, por outro lado, a falta de destaque desses genótipos pode estar relacionada a maior magnitude de outros genótipos, inibindo o destaque destes.

O uso de água com elevada condutividade elétrica pode implicar em efeitos deletérios sobre o crescimento, as trocas gasosas e o processo fotossintético das plantas de citros (DIAS; BLANCO, 2016; PÉREZ-PÉREZ et al., 2015), com intuito de auxiliar na identificação de tais efeitos, foi gerado a figura 7, relativa ao ambiente teste, essa tem a finalidade de identificar quais as variáveis podem ser utilizadas para discriminar e selecionar os genótipos de desempenho superior.

A Figura 7 pode ser interpretada com base nos vetores das variáveis, onde os mais longos discriminam melhor os genótipos em comparação aos mais curtos, neste caso, as variáveis de vetor curto permitem identificar a similaridade entre os genótipos, enquanto os mais longos permitem a discriminação destes (NETO et al., 2018). Assim, sabendo desse comportamento, pode-se ter uma diminuição das variáveis estudadas, ou seja, ambientes discriminantes, o que acarreta uma economia nos experimentos (WARDOFA et al., 2019).



**Figura 7.** GGE-biplot representando discriminantes x representatividade relativos as salinidades de (0,14 (A), 2,4 (B) e 4,8  $\text{dS m}^{-1}$  (C)) e as variáveis fisiológicas taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), concentração interna de  $\text{CO}_2$  (Ci), eficiência intrínseca da carboxilação  $\Phi_c$  (EiCi), eficiência instantânea no uso da água (A/gs), fluorescência inicial (O), fluorescência transiente J (J), fluorescência máxima (P), fluorescência variável (Fv), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs'), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (Fms'), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (YNPQ), e o rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (YNO). E os genótipos: 1 - Limoeiro 'Cravo Santa Cruz'. 2 - Citrandarin 'Indio'. 3 - Citrandarin 'Riverside'. 4 - Citrandarin 'San Diego'. 5 - Tangerineira 'Sunki Tropical'. 6 - TSKC x TRBK – 007. 7 - TSKFL x TRBK – 030. 8 - TSKC x CTTR – 012. 9 - TSKFL x CTTR – 013. 10 - HTR – 069. 11 - TSKC x (LCR x TR) – 040. 12 - TSKC x (LCR x TR) – 059. 13 - TSKC x CTARG – 019.

Analisando a figura 7A, as variáveis Fms, Fs, Yno, Fv,P e qL, nas plantas irrigadas com 0,14 dS m<sup>-1</sup>, foram mais discriminantes e representativas, favorecendo a análise dos genótipos com base nessas características, e os genótipos 13 [(TSKC × CTARG – 019)] e 10 [HTR – 069] se comportaram como os mais distintos nesse nível de sal.

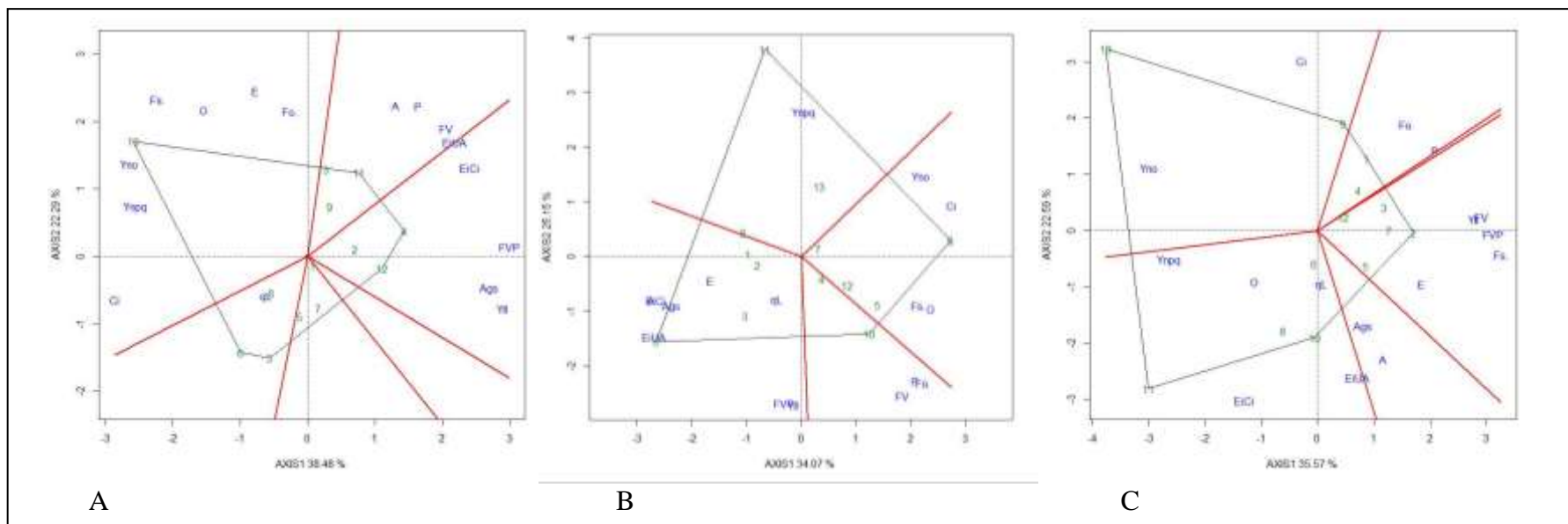
Ao aplicar água com 2,4 dS m<sup>-1</sup>, variáveis Fv, P, I, O e J se correlacionaram entre si e com a Ci e Ynpq, considerando que Ci representa a quantidade de CO<sub>2</sub> fixado pela planta e Ynpq o rendimento da luz absorvida na fase bioquímica, pode-se dizer que os genótipos estavam ativando mecanismos de dissipação de energia. Onde, os genótipos 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059] e 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] foram os mais distintos nesse sal (Figura 7B).

Quando aumentou o nível de sal para 4,8 dS m<sup>-1</sup>, o comportamento das variáveis foi diferente das anteriores, neste caso as variáveis de vetores mais longos e que se correlacionaram entre si foram as de trocas gasosas, E, gs e A e com correlação Ci e EiCi. Essas variáveis citadas, no geral, representam a fotossíntese líquida, o armazenamento e a perda de carbono, significando que, quando aumenta o sal tem-se um efeito negativo na planta, ocorrendo uma diminuição em suas quantidades absorvidas e fixadas. Além disso, o genótipo 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059], continua sendo o mais distinto em alta salinidade (Figura 7C).

Quando expostas à luminosidade, os vegetais capturam energia que pode ser transferida para o PSII, ou ainda, se tiver excesso de energia, está pode ser dissipada de duas formas, em calor ou fluorescência (OLIVEIRA et al., 2018). As combinações de “Tahiti” com o genótipo 13 [(TSKC × CTARG - 019)] em sal de 0,14 dS m<sup>-1</sup>, e o 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059] com sal de 2,4 dS m<sup>-1</sup> e 4,8 dS m<sup>-1</sup>, foram os que mais se destacaram, juntamente com as fluorescências, resultado que é similar ao observado por Silva et al. (2021), o que permite dizer que esses materiais são altamente estáveis fisiologicamente quando submetidos ao estresse salino e avaliados com base em sua fisiologia (Figura 7).

### **3.2 Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* 2020**

Analisando o comportamento dos genótipos um ano após a avaliação anterior, por meio do GGE *biplot* (“which-won-where”) figura 8, é visto que, ao aplicar água com 0,14 dS m<sup>-1</sup> (Figura 8A) formou-se 6 mega ambientes, onde o primeiro alocou as variáveis A, P, Fv e EiUA, juntamente com os genótipos 13 [TSKC x CTARG – 019] e 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] em seu vértices, o segundo ambiente alocou as variáveis EiCi, FvP, Ags e YII, com os genótipos 4 (Citrandarin ‘San Diego’) e 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059].



**Figura 8.** Grupo de genótipos e ambientes (GGE-biplot), quem vence em quem/onde, relativos as salinidades de (0,14 (A), 2,4 (B) e 4,8 (C) dS m<sup>-1</sup>) e as variáveis fisiológicas de taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> (A), transpiração (E), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), eficiência instantânea no uso da água (EiUA), eficiência intrínseca da carboxilação Φ<sub>c</sub> (EiCi), eficiência instantânea no uso da água (A/g<sub>s</sub>), fluorescência inicial (O), fluorescência máxima (P), fluorescência variável (Fv), máxima eficiência quântica do fotossistema II (FvP), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (Fs'), fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado (Fo'), eficiência quântica do fotossistema II Y(II), coeficiente de extinção fotoquímico pelo modelo lake (qL), rendimento quântico de extinção fotoquímica regulada (Ynpq), rendimento quântico de extinção fotoquímica não regulada (Yno). E os genótipos: 1 – Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’. 2 – Citrandarin ‘Índio’. 3 – Citrandarin ‘Riverside’. 4 – Citrandarin ‘San Diego’. 5 – Tangerineira ‘Sunki Tropical’. 6 – TSKC x TRBK – 007. 7 – TSKFL x TRBK – 030. 8 – TSKC x CTTR – 012. 9 – TSKFL x CTTR – 013. 10 – HTR – 069. 11 – TSKC x (LCR x TR) – 040. 12 – TSKC x (LCR x TR) – 059. 13 – TSKC x CTARG – 019.

Os ambientes terceiro e quarto não alocaram variáveis e genótipos, já o quinto ambiente alocou a variável qL com os genótipos 3 (Citrandarin ‘Riverside’) e 6 [TSKC x TRBK – 007]. Por fim, o sexto e último grupo alocou a maioria das variáveis, sendo elas: Ci, Ynpq, Yno, Fs’, O, E, Fo’ e o genótipo 10 [HTR – 069] (Figura 8A).

Quando comparando a avaliação anterior (Figura 6A), percebe-se que os genótipos 3 (Citrandarin ‘Riverside’) e 4 (San Diego) manteve se nos vértices, porém aumentou a proporção de genótipos alocados, o que pode ser considerado normal, já que a água possuía boa qualidade e, assim, as plantas tendem a ter um comportamento similar.

A aplicação de água com 2,4 dS m<sup>-1</sup> permitiu formar cinco ambientes (Figura 8B), o primeiro com as variáveis Yno, Ci, Fs’ e O, e o genótipo 9 [TSKFL x CTTR – 013]. O segundo alocou as variáveis P, Fo e Fv com o genótipo 10 [HTR – 069]. No terceiro grupo notou-se a maioria das variáveis, sendo elas: Fv, P, YII, EiUA, Ags, A, EiCi, E e qL no qual no vértice está o genótipo 6 [TSKC x TRBK – 007]. O quarto e último grupo alocou a variável Ynpq, com destaque ao genótipo 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] em seu vértice.

A salinidade de 4,8 dS m<sup>-1</sup> proporcionou condição que formasse cinco mega ambientes (Figura 8C), o primeiro com duas variáveis, Fo e P e o genótipo 1 (Limoeiro ‘Cravo Santa Cruz’). O segundo mega ambiente com as variáveis YII, Fv, FvP, Fs’ e E, estando o genótipo 2 (Citrandarin ‘Indio’) em seu vértice. O terceiro ambiente alocou duas variáveis, Ags e A, todavia, nenhum genótipo foi destaque. O quarto ambiente manteve as variáveis: EiUA, EiCi, qL, O e Ynpq, e dois genótipos em seus vértices, o 10 [HTR – 069] e o 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040]. O quinto e último ambiente Yno e Ci e o genótipo 13 [TSKC x CTARG – 019].

Comparando o comportamento dos genótipos submetidos ao estresse salino em 2019 (Figura 6B e 6C) e 2020 (Figura 8B e 8C), nota-se que os genótipos 13 [TSKC x CTARG – 019] 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] e 9 [TSKFL x CTTR – 013], manteve posicionados nos vértices dos polígonos, porém houve uma diferenciação nos demais genótipos, ou seja, no primeiro ano os genótipos que se alocaram aos vértices não são os mesmo que no ano de 2020. Esse resultado configura esses materiais como responsivos as análises realizadas, e constatando o estresse sofrido.

A citricultura brasileira tem seis materiais como os principais porta-enxertos, o limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia Osbeck*), o Citrumeleiro Swingle (*C. paradisi x P. trifoliata*), a tangerineira ‘Sunki’ (*C. sunki hort. ex Tan.*), a tangerineira ‘Cleópatra’ (*C. reshni hort. ex Tan.*), o limoeiro ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana Ten. Et Pasq.*) e o Trifoliateiro [*P. trifoliata* (L.) Raf.] (CARVALHO, 2017), número considerado limitado, já que existem novos materiais passíveis de uso.

Tal fato, denota-se a importância de se introduzir novos materiais que possuam características como resistências às doenças, precocidade, elevada produtividade e tolerância aos estresses abióticos, contribuindo assim para expandir o cultivo em todo o território, já que atualmente a produção é concentrada em mais de 80% na região Sudeste (IBGE, 2020).

Quando se fala, especificamente, da limeira ácida “Tahiti”, trabalhos como o de Rodrigues et al. (2018), que estudaram a combinação entre ‘Tahiti’ e as Citrandarins ‘Riverside’ e ‘San Diego’, além da Tangerineira ‘Sunki Tropical’, denotam a importância de se obter novos materiais, pois os autores obtiveram 100% de plantas vivas ao longo de 6 anos. Entretanto, quando se fala da produtividade, a ‘Sunki Tropical’ e o híbrido [TSKFL x CTTR – 013] obtiveram menor número de frutos em comparação às Citrandarins, comportamento o qual pode estar associado a fatores abióticos, que afeta a planta, incluindo a sua fisiologia.

Ao aplicar água de  $0,14 \text{ dS m}^{-1}$  as variáveis mais discriminantes e representativas foram A, P, Fv, EiCi e EiUA, as quais se correlacionaram entre si e com a fluorescência mínima do tecido vegetal iluminado Fo. O genótipo 13 [TSKC x CTARG – 019] se manteve como o mais distinto, comportamento igual ao ano de 2019 e teve a adição do 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] (Figura 9A).

Já com a salinidade de  $2,4 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 9B), as variáveis mais discriminantes e representativas foram as da fluorescência, sendo elas FV, P e Fo e com correlação com máxima eficiência quântica do fotossistema II FVP e eficiência quântica do fotossistema II YII, os genótipos 10 [HTR – 069], 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’) e 3 (Citrandarin ‘Riverside’) foram os mais distintos, ou seja, tiveram um maior potencial nessa salinidade.

Quando aumentou a concentração de sal para  $4,8 \text{ dS m}^{-1}$ , (Figura 9C), manteve as variáveis que representam a fluorescência como as mais discriminantes e representativas, sendo elas, Fs, FVP, FV E YII, e correlacionando com o vetor da transpiração (*E*). O genótipo 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’) foi o porta- enxerto que mais se distinguiu, porém o 7 [TSKFL x TRBK – 030] e 2 (Citrandarin ‘Indio’) se apresentam como potenciais para estas variáveis e sal.

Na figura 9 os resultados refere-se a um ano após os resultados descritos na figura 7, novamente é evidente os efeitos da salinidade na fisiologia das plantas, principalmente nos genótipos, 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] e 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’), o que refletiu em mudanças na sua fluorescência, fotossíntese e transpiração, levando-os a ativar de mecanismos de proteção para dissipar o excesso de energia, como a dissipação fotoquímica e não fotoquímica (DEMMIG-ADAMS et al., 2014).



#### 4. Conclusões

A salinidade da água afeta negativamente a fisiologia da limeira ácida “Tahiti”;

O aumento da salinidade afetou a fluorescência dos genótipos, havendo necessidade de dissipação de energia, o que caracteriza o estresse iônico sofrido;

As plantas de limeira ácida ‘Tahiti’ enxertadas com os porta- enxertos, 12 [TSKC x (LCR x TR) – 059], 11 [TSKC x (LCR x TR) – 040] e a 5 (Tangerineira ‘Sunki Tropical’) usaram mecanismos protetores diante do estresse salino;

O cultivo com combinações mais tolerantes ao estresse pode garantir maior sucesso de produção.

#### 5. Referências bibliográficas

ALMEIDA, Juliana Formiga. **Ecofisiologia de limeira ácida Tahiti condicionada a porta-enxertos de citros e salinidade da água**. 2019. 60 f. Dissertação (Mestrado em horticultura tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal- Paraíba, 2019.

ALMEIDA, Karla Silva Santos Alvares de et al. Balanço de água em solo cultivado sob pomar adensado de laranja ‘Pêra’ enxertada em diferentes porta-enxertos. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 235-248, 2018.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Kooppen’s climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

ATROCH, André Luiz et al. Avaliação de guaranazeiro em ensaios multi-ambientes pelo modelo GGE Biplot. **Rev. Biodiversidade**, v.19, n.4, p. 44-56, 2020.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

AZEVEDO NETO, André Dias de et al. Selection of sunflower genotypes for salt stress and mechanisms of salt tolerance in contrasting genotypes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, p. e020120, 2020.

BARBOSA, Roberta Chaiene Almeida et al. Gas exchange of citrus rootstocks in response to intensity and duration of saline stress. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 725-738, 2017.

BRITO, Marcos Eric Barbosa et al. Emergence and morphophysiology of Sunki mandarin and other citrus genotypes seedlings under saline stress. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 1, p. 20, 2018.

BRITO, Marcos Eric Barbosa et al. Salt balance in the substrate and growth of 'Tahiti' acid lime grafted onto Sunki mandarin hybrids under salt stress. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 10, p. 954-961, 2015.

BRITO, Marcos Eric Barbosa et al. Sensibilidade à salinidade de híbridos trifoliados e outros porta-enxertos de citros. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 17-27, 2014.

CARVALHO, Waleska Soares Gomes de. **Eficiência produtiva e porte de cultivares de citros enxertadas sobre os porta-enxertos limoeiro 'cravo' e 'flying dragon', em cultivo irrigado**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado Produção Vegetal) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes- Rio de Janeiro, 2018.

CECCARINI, Chiara et al. Polyphenol-enriched spelt husk extracts improve growth and stress-related biochemical parameters under moderate salt stress in maize plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 141, p. 95-104, 2019.

Demmig-Adams, B.; Garab, G.; Adams III, W. W.; Govindjee. **Nonphotochemical quenching and energy dissipation in plants, algae and cyanobacteria, Advances in Photosynthesis and Respiration**. Dordrecht: Springer Science+Business Media, v. 40, p. 649, 2014.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. GOMES FILHO, E. (2 Ed). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 129-141.

GENTY, Bernard; BRIANTAIS, Jean-Marie; BAKER, Neil R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, v. 990, n. 1, p. 87-92, 1989.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2020. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2020. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 09 março. 2021.

JUNQUEIRA, Lívia Pereira. **Efeito de fertilizante, fungicida e indutor de resistência na produtividade, taxa de vingamento de flores, incidência e severidade de gomose e características físicas de frutos de limeira ácida ‘Tahiti’**. 2013. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Distrito Federal, 2013.

KRAMER, David M. et al. New fluorescence parameters for the determination of QA redox state and excitation energy fluxes. **Photosynthesis Research**, v. 79, n. 2, p. 209-218, 2004.

LIMA, Geovani Soares de Lima et al. Production characteristics of sesame genotypes under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 490-499, 2020.

MATTOS JUNIOR, D. et al. **Citros**, Campinas, Instituto Agrônômico e Fundag. p. 929, 2005.

NETO, João Tomé de Farias et al. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. **Rev. Agro@mbiente On-line**, v. 12, n. 1, p. 25-33, 2018.

OLIVEIRA, Wanderson José de et al. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Rev. Bras. de Agric. Irrigada**, v. 12, n.3, p. 2592-2603, 2018.

OXBOROUGH, Kevin; BAKER, Neil. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at cellular and subcellular levels of organization. **Plant, Cell & Environment**, v. 20, n. 12, p. 1473-1483, 1997.

PANTA, Airon Miguel dos Santos; SOBRINHO, Valter Rubens Alcantara santos. Agronegócio da citricultura sergipana entre 2010 a 2017. **Citrus Research & Tecnology**, v. 40, e1050, p. 1 – 9, 2019.

PÉREZ-PÉREZ, Juan Gabriel et al. ‘Star Ruby’ grapefruit and ‘Clemenules’ mandarin trees show different physiological and agronomic responses to irrigation with saline water. **Irrigation Science**, v. 33, ed. 3, p. 191–204, 2015.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 06 jun. 2021.

RADY, Mohamed OA et al. Up-regulation of antioxidative defense systems by glycine betaine foliar application in onion plants confer tolerance to salinity stress. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 240, p. 614-622, 2018.

RODRIGUES, Maria Júlia da silva et al., desempenho agrônômico de lima ácida tahiti em combinação com diferentes porta-enxertos em capixaba, acre. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v.15, n.28, p. 353–365, 2018.

SANTOS, Neilson Silva et al. Crescimento da palma forrageira sob estresse salino e diferentes lâminas de irrigação. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 5, n. 1, p. e9452, 2020.

SILVA, Luderlândio de Andrade et al. Mecanismos fisiológicos em híbridos de citros sob estresse salino em cultivo hidropônico. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambient.**, v. 18, p. 1-7, 2014.

SILVA, Tainá Alves da et al. Photochemical quenching is indicative of ionic stress on ‘Tahiti’ acid lime grafted on citrus genotypes. **Rev. Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 409-414, 2021.

WU, Guohong Albert et al. Genomics of the origin and evolution of Citrus. **Nature**, v. 554, n. 7692, p. 311-316, 2018.

YAN, W.; KANG, M. S. **GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists**. CRC Press, Boca Raton, FL. 2003.

YAN, Weikai et al. Cultivar evaluation and megaenvironment investigation based on GGE biplot. **Crop Science**, v. 40, n. 3, p.597-605, 2000.

YOKOMIZO, Gilberto Ken Iti et al. Desempenho de progênies de açaizeiro pelo GGE Biplot. **Rev. Biota Amazônia**, v. 10, n. 3, p. 39-45, 2020.

Zanella, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno prudentino de geográfica**. volume especial, n. 36, p. 126-142, 2014.

## 6. Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder forças para superar as dificuldades encontradas nessa jornada, e sempre guiar-me nas minhas escolhas.

Aos meus pais, Maria Aparecida e Manoel Alves (*in memoriam*) por toda contribuição para que chegasse até aqui.

Agradeço também aos meus irmãos, Consuelo, Ramon, Sidrac e Taiane, e em especial a Consuelo por toda ajuda ao longo desses 5 anos.

Ao meu tio Manoel Messias pelo auxílio durante essa jornada.

À Gean Carlos, por todo o amor e companheirismo em todos os momentos, obrigada por tudo que fez e faz por mim.

Ao meu orientador o professor Dr. Marcos Eric Barbosa Brito, por todo o aprendizado e oportunidades durante estes anos de convivência na UFS e pesquisa científica, minha gratidão.

Aos professores Dr. José Jairo Florentino Cordeiro Junior e Dra. Maiana Reis Pimenta pela orientação neste trabalho.

À todos os professores da Universidade Federal de Sergipe Campus do Sertão pelos ensinamentos transmitidos, agradeço também aos membros do Grupo GESI, por toda ajuda na condução do experimento.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo durante esse processo, Fabiana Oliveira, Beatriz Barreto, Joice Anjos, Roberta Nascimento, Joseane Chagas e Pedro Felipe, obrigada por toda ajuda.

Aos amigos da Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, Juliene, Ana Paula, Eduarda, Gardênia, Douglas, Valdemberg e Adriano.