

SALINIDADE EM *Coffea* spp.: INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES E
DIVERGÊNCIA GENÉTICA

LAURA PEREIRA SALOMÃO SOARES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
AGOSTO – 2024

SALINIDADE EM *Coffea* spp.: INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES E
DIVERGÊNCIA GENÉTICA

LAURA PEREIRA SALOMÃO SOARES

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual
do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestra em
Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Dr. Henrique Duarte Vieira
Coorientadora: Dr^a. Rosenilda de Souza

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
AGOSTO – 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S676

Soares, Laura Pereira Salomão.

SALINIDADE EM *Coffea* spp. : INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES E DIVERGÊNCIA GENÉTICA / Laura Pereira Salomão Soares. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2024.

105 f. : il.

Bibliografia: 79 - 92.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2024.

Orientador: Henrique Duarte Vieira.

Coorientadora: Rosenilda de Souza.

1. *Coffea canephora*. 2. *Coffea arabica*. 3. Estresses abióticos. 4. Estresse salino. 5. Germinação. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

SALINIDADE EM *Coffea* spp.: INTERAÇÃO GENÓTIPOS X AMBIENTES E
DIVERGÊNCIA GENÉTICA

LAURA PEREIRA SALOMÃO SOARES

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual
do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para obtenção do título de Mestra em
Produção Vegetal”

Aprovada em 1 de agosto de 2024

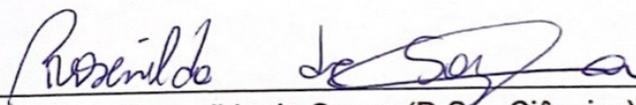
Comissão Examinadora:



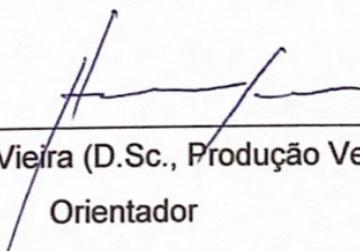
Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Fábio Luiz Partelli (D.Sc., Produção Vegetal) – UFES



Dra. Rosenilda de Souza (D.Sc., Ciências) – UENF



Prof. Henrique Duarte Vieira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Orientador

Dedico todo e qualquer sucesso à minha mãe Antônia Eliane que, sob muito sol, me fez chegar até aqui pela sombra.

E à minha querida dindinha Eliane Salomão Soares (*in memoriam*), com todo meu amor e saudade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus que me deu o dom da vida e me abençoa todos os dias com o seu amor infinito.

À minha mãe Antônia Eliane Pereira de Souza que nunca mediu esforços para me oferecer uma educação de qualidade, sem ela nada disso seria possível. Ao meu irmão Eduardo Salomão Soares Filho, por permanecer ao meu lado nesses tantos anos longe de toda nossa família, no Pará. À minha madrinha Eliane Salomão Soares (*in memoriam*), bióloga que sempre sonhou em fazer um mestrado, ela queria muito me ver chegar até aqui.

Ao meu orientador Dr. Henrique Duarte Vieira, por todos os conselhos, puxões de orelha, cafezinhos e orientação nesses dois anos de mestrado. Aprendi e quero continuar aprendendo cada vez mais com você, professor!

À minha coorientadora Dr^a. Rosenilda de Souza, por todos os ensinamentos, orientação, conselhos e amizade durante esses anos. Você foi essencial para a conclusão deste trabalho, aprendo muito com você todos os dias, obrigada!

Ao setor de Produção e Tecnologia de Sementes e todos os colegas, Rose, José Daniel, Fernanda, Carlos, Valdinei, Priscila e Amanda, que me acolheram e me ajudaram nesse período tão importante na minha vida, vocês são incríveis!

Aos membros da banca pela disponibilidade em participar e por todas as contribuições para a realização de um trabalho melhor. Especialmente ao professor Dr. Alexandre Pio Viana por toda ajuda com a estatística e genética do trabalho.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro por me acolher durante a graduação e pós-graduação. Sou grata não só ao corpo docente da universidade, mas também à direção, ao administrativo, aos técnicos, aos responsáveis pela limpeza e aos demais colaboradores da instituição.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal por todo o suporte prestado esses anos para a realização do mestrado.

À Universidade Federal do Espírito Santo, ao professor Dr. Fábio Luiz Partelli e à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela disponibilização das sementes utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ainda ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo fomento e concessão da minha bolsa mestrado, possibilitando a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Importância econômica do café	5
3.2. Aspectos gerais da cultura do café	7
3.3. Salinidade e a germinação de sementes.....	8
3.4. Aspectos do melhoramento genético do cafeeiro.....	10
3.5. Estudos de diversidade genética.....	12
3.6. Interação genótipos x ambientes	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Ensaio preliminar.....	15
4.2. Estudo da tolerância de genótipos de café submetidos ao estresse salino.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Ensaio preliminar.....	30
5.2. Estudo da tolerância de genótipos de café submetidos ao estresse salino.....	34
A. Caracterização físicas das sementes.....	34
B. Análise conjunta do desempenho germinativo dos genótipos em ambientes sem e com estresse salino	41
C. Desempenho germinativo dos genótipos em ambiente sem estresse salino.....	58
D. Desempenho germinativo dos genótipos em ambiente com estresse salino.....	68
6. CONCLUSÕES	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
APENDICE	93
Apêndice A: umidade média das sementes dos genótipos.....	94

RESUMO

SOARES, LAURA PEREIRA SALOMÃO; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; agosto de 2024; Salinidade em *Coffea* spp.: interação genótipos x ambientes e divergência genética; Orientador: Prof. D.Sc. Henrique Duarte Vieira. Coorientadora: D.Sc. Rosenilda de Souza.

As técnicas de melhoramento do cafeeiro visam explorar a variabilidade genética intrínseca dos bancos de germoplasma, como forma de impulsionar a seleção de genótipos superiores, como, por exemplo, a tolerância a estresses abióticos, dentre eles a salinidade. A presença excessiva de sais no solo, especialmente de cloreto de sódio (NaCl), representa um estresse para as plantas, pois resulta na redução do potencial hídrico, dificultando a absorção de água pelas sementes, ocasionando prejuízos às demais fases do desenvolvimento. Desta forma, objetivou-se com esse trabalho estudar a divergência genética, estimar a interação genótipos x ambientes e identificar genótipos de *Coffea* spp. superiores para a tolerância ao estresse salino na fase inicial de desenvolvimento das plântulas. Para isso, inicialmente, foi conduzido um experimento, a fim de definir uma concentração de NaCl ([NaCl]) para o estudo de tolerância, neste, sementes de *Coffea canephora* da Cultivar Vitória, foram submetidas a seis [NaCl]: 0,0, 10,0, 20,0, 30,0, 40,0 e 50,0 mM. Foram avaliados: índice de velocidade de germinação, primeira contagem de germinação, germinação, massa seca do hipocótilo e massa seca radicular. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão linear ao nível de 5% de probabilidade. Embora o estresse salino não tenha afetado a germinação das sementes, o incremento na concentração de sal restringiu o desenvolvimento inicial, resultando na formação de plântulas com menor vigor. Deste modo, a concentração de 50,0 mM de NaCl foi escolhida como base para condução dos ensaios de salinidade. Posteriormente, sementes de 26 genótipos, 24 de *Coffea canephora* e dois de *C. arabica*, foram semeadas em dois ambientes, sendo um ambiente controle (sem estresse salino) e um ambiente com estresse salino (50,0 mM de NaCl), em delineamento de blocos casualizados com cinco repetições de 25 sementes. Avaliou-se características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas. Os dados foram submetidos à análise de variância individual para cada ambiente e análise conjunta ($p > 0,05$), pelo *software Genes*. Estimou-se os parâmetros genéticos, correlação entre caracteres, a divergência genética e o índice de tolerância dos genótipos ao

estresse salino. As análises identificaram diferenças significativas para efeito de genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes, para a maior parte das características avaliadas. A divergência genética entre os genótipos foi avaliada pelo método de grupos de pares não ponderados, baseado em médias aritméticas (UPGMA), e os genótipos se agruparam de maneira distintas nos dois ambientes, mostrando que a salinidade afeta os genótipos de formas diferentes. O índice de tolerância entre estes variou de 0,15 a 0,91. Os dois genótipos de *C. arabica*, Arara e Acauã, não foram tolerantes à salinidade na germinação. Entre os genótipos de *C. canephora*, os genótipos LB1, NV2, AP e L80 apresentaram desenvolvimento superior, nos dois ambientes, demonstrando maior tolerância ao estresse salino na germinação e desenvolvimento inicial das plântulas. Os resultados confirmam a existência de variabilidade genética entre genótipos de *Coffea* spp. e potencial de seleção em programas de melhoramento genético para estresse salino.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, *Coffea arabica*, estresses abióticos, estresse salino, germinação

ABSTRACT

SOARES, LAURA PEREIRA SALOMÃO; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; August 2024; Salinity in *Coffea* spp.: genotype x environment interaction and genetic divergence. Adviser: D.Sc. Henrique Duarte Vieira. Co-Adviser: D.Sc. Rosenilda de Souza.

The techniques for improving coffee plants aim to explore the intrinsic genetic variability of germplasm banks as a way to boost the selection of superior genotypes, such as tolerance to abiotic stresses, including salinity. Excessive salts in the soil, especially sodium chloride (NaCl), stress plants by reducing water potential, making it difficult for seeds to absorb water, which harms the other development stages. This study aimed to investigate genetic divergence, estimate genotype-environment interactions, and identify superior *Coffea* spp. genotypes for salt stress tolerance during the early seedling development phase. To achieve this, an experiment was initially conducted to define a NaCl concentration ([NaCl]) for the tolerance study. Seeds of *Coffea canephora* from the Vitória cultivar were exposed to six [NaCl] levels: 0.0, 10.0, 20.0, 30.0, 40.0, and 50.0 mM. Germination speed index, first germination count, germination rate, hypocotyl dry mass, and root dry mass were evaluated. Data were subjected to variance analysis and linear regression at a 5% probability level. Although saline stress did not affect seed germination, the increase in salt concentration restricted early development, resulting in seedlings with lower vigor. Thus, a concentration of 50.0 mM NaCl was chosen as the base for conducting the salinity trials. Subsequently, seeds from 26 genotypes, 24 of *Coffea canephora* and two of *C. arabica*, were sown in two environments: a control environment (without saline stress) and a saline-stress environment (50.0 mM NaCl) using a randomized block design with five repetitions of 25 seeds. Physical and physiological characteristics of seeds and seedlings were evaluated. Data were subjected to individual variance analysis for each environment and joint analysis ($p > 0.05$) using the Genes software. Genetic parameters, correlation between traits, genetic divergence, and the genotypes' tolerance index to salt stress were estimated. The analyses identified significant differences for genotype effects, environments, and genotype-environment interactions for most of the evaluated characteristics. Genetic divergence between genotypes was evaluated using the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA), and the genotypes grouped differently in the two environments, indicating that salinity affects genotypes differently. The tolerance

index varied from 0.15 to 0.91. The two *C. arabica* genotypes, Arara and Acauã, were not tolerant to salinity during germination. Among the *C. canephora* genotypes, LB1, NV2, AP, and L80 showed superior development in both environments, demonstrating greater tolerance to salt stress during germination and early seedling development. The results confirm the existence of genetic variability among *Coffea spp.* genotypes and the potential for selection in breeding programs for salt stress tolerance.

Keywords: *Coffea canephora*, *Coffea arabica*, abiotic stresses, salt stress, germination.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio do café possui um alto valor no mercado mundial e, como tal, desempenha um papel significativo na economia do Brasil. Como o maior produtor e exportador mundial de café, em 2023 o Brasil apresentou um volume de colheita significativo de café arábica e conilon, resultando em 55,1 milhões de sacas de café beneficiado, um crescimento de cerca de 8,2% em relação a 2022 (CONAB, 2023).

A produção de café está presente em diferentes regiões brasileiras, todavia, a maior parte da produção concentra-se principalmente na região Sudeste (CONAB, 2023). Tem sido observado o aumento de expansão de cultivo da cafeicultura para áreas, até então, consideradas pouco aptas para seu desenvolvimento, devido a problemas abióticos como a seca e fontes de água salinizadas, realidade do semiárido brasileiro. Em 2022, os estados com maior número de áreas de semiárido plantadas com a cultura do café foram a Bahia (77.077 ha), Minas Gerais (11.391 ha) e o Ceará (1.302 ha), com produções de 106.807, 26.873 e 596 toneladas, respectivamente (IBGE, 2023).

No entanto, as condições climáticas têm impactado fortemente a produção de café pelo mundo, no Vietnã secas excessivas vêm afetando negativamente a produção de conilon, resultando em um déficit na produção de 2024/2025. Por outro lado, o Brasil também enfrentou desafios climáticos, como geadas e secas, que reduziram a produção de arábica (Asplund, 2024). Nas regiões áridas e semiáridas, a escassez de água, a disponibilidade de água salobra para irrigação, o excesso de adubação e o acúmulo excessivo de sais que pode ocorrer no solo, são obstáculos para a produção agrícola. Todavia, de acordo com Oliveira et al. (2023) a região semiárida demonstra alta capacidade de produção de cafés especiais.

A presença excessiva de sais no solo representa um estresse para as plantas, visto que resulta na redução do potencial hídrico do solo, causando efeitos negativos no metabolismo das plantas (Dias e Blanco, 2010). Essa redução do potencial hídrico, pode dificultar a absorção de água pelas sementes levando à diminuição ou até mesmo à inibição da germinação (D'Almeida et al., 2005). No entanto, a magnitude dos efeitos da salinidade nas plantas varia de acordo com a espécie, o estágio de desenvolvimento das plantas, o período de estresse, entre outros fatores (Prisco e Gomes Filho, 2010; Rhoades et al., 2000).

O conhecimento sobre como as mudanças climáticas e os estresses abióticos influenciam a germinação de sementes é relevante na ecofisiologia das espécies, uma vez que permite avaliar os limites de tolerância e sua capacidade de adaptação (Larcher, 2006). Além disso, a capacidade das sementes de germinar em condições de estresse confere vantagens ecológicas às espécies (Rosa et al., 2005).

Em relação à tolerância do cafeeiro à salinidade, poucas informações são encontradas na literatura (Nazário et al., 2010). A maioria das pesquisas realizadas para avaliar os impactos da salinidade da água e do solo no crescimento e desenvolvimento das plantas de café, têm se concentrado principalmente na variedade arábica (Karasawa et al., 2003; Figueirêdo et al., 2006; Faria et al., 2009).

A capacidade de tolerância ao estresse salino varia de acordo com a cultivar estudada, a disponibilidade de água no solo e o estágio de desenvolvimento da planta. Estudos demonstram que para o café arábica, o crescimento inicial das plantas é afetado negativamente quando a salinidade da água atinge $1,2 \text{ dS m}^{-1}$, e não são viáveis sob condições de salinidade entre $1,5$ e $6,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figueirêdo et al., 2006; Karasawa et al., 2003). Já para o cafeeiro conilon, Temoteo et al. (2015) avaliaram o desenvolvimento inicial de clones em solos com diferentes níveis de salinidade e os mais tolerantes se desenvolveram bem, na fase de muda, até $4,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Para o estresse salino, as condições adversas de diferentes ambientes podem inibir, simultaneamente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas, indicando o efeito da salinidade sob genótipos mais ou menos tolerantes (Isayenkov e Maathuis, 2019). No entanto, um genótipo cultivado em diversos ambientes, frequentemente apresentará variações significativas em seu desempenho de produção em comparação com outros genótipos (Molina, 2007), levando à ocorrência de efeitos de interação genótipos x ambientes. Esta interação diz respeito à resposta diferente dos genótipos sobre as mudanças dos ambientes (Bos e Galigari, 1997), explicitando, a dependência entre os efeitos genéticos e ambientais.

A crescente demanda global, juntamente com as questões climáticas, faz com que as variedades de café, especialmente o conilon, atinjam preços recordes, refletindo a importância econômica das duas espécies no comércio internacional (Asplund, 2024). O conhecimento e o estabelecimento de materiais vegetais superiores, resistentes e adaptados às condições de diferentes ambientes são importantes para a conservação da diversidade e a constante evolução do melhoramento genético vegetal. Para isso, dentre outros fatores, é indispensável que

exista variabilidade e divergência genética entre os genótipos disponíveis (Riva-Souza et al., 2022).

Neste contexto, a avaliação de genótipos de *Coffea* spp. quanto ao desenvolvimento em ambientes de salinidade, e o estudo dos efeitos da interação genótipos x ambientes, são ferramentas eficazes para estimar as respostas ao estresse e à dissimilaridade genética. Tais ferramentas auxiliam na seleção de genótipos de café com desempenhos superiores para a tolerância ao estresse salino na fase de germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Estudar a divergência genética, estimar a interação genótipos x ambientes e identificar genótipos de *Coffea* spp. superiores para a tolerância ao estresse salino na germinação.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir uma concentração de cloreto de sódio para o estudo de tolerância ao estresse salino em genótipos de *Coffea* spp.;
- Estimar a divergência genética entre genótipos de *Coffea* spp. em ambiente com e sem estresse salino;
- Avaliar a germinação e o desenvolvimento de plântulas de genótipos de *Coffea* spp. em ambiente com e sem estresse salino;
- Estimar a magnitude dos efeitos da interação genótipos x ambientes e os parâmetros genéticos para genótipos de *Coffea* spp. submetidos ao estresse salino;
- Analisar as respostas físicas e fisiológicas de tolerância ao estresse salino em genótipos de *Coffea* spp.;
- Identificar genótipos superiores para tolerância à salinidade na fase inicial de desenvolvimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importância econômica do café

No cenário global de produção de cafés, as duas espécies mais cultivadas comercialmente são o café arábica (*Coffea arabica*) e o café conilon ou robusta (*Coffea canephora*). Entre outubro de 2022 e abril de 2023, as exportações globais de café alcançaram 72,19 milhões de sacas de 60kg. Deste total, cerca de 42,52 milhões de sacas (58,3%) de café arábica, e 29,67 milhões de sacas (41,7%) de café conilon foram exportados (ICO, 2023).

O agronegócio do café desempenha um papel fundamental na economia mundial, sendo uma das *commodities* agrícolas mais comercializadas. Países como Brasil e Vietnã estão entre os maiores produtores e exportadores, segundo a Organização Internacional do Café (2023). Na safra 2023/2024, a produção mundial de café foi estimada em 171,4 milhões de sacas de 60 kg. O Brasil teve uma participação de 42% na produção de arábica, sendo o maior produtor da espécie, enquanto o Vietnã se destacou como o maior produtor de conilon, responsável por cerca de 36% da produção mundial. O Brasil também participa da produção de conilon, com aproximadamente 24% da produção total dessa espécie (ICO, 2023).

No mundo, estima-se que cerca de 20 a 25 milhões de famílias, distribuídas em mais de 50 nações em desenvolvimento, estejam envolvidas na produção e comercialização do café. Essa atividade ocorre em mais de 5 milhões de fazendas ao redor do mundo (Carvalho et al., 2017). No Brasil, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a cadeia produtiva de café é responsável por gerar mais de 8 milhões de empregos no País (Brasil, 2022).

No Brasil, o cultivo do cafeeiro se expande a todas as regiões do país, entretanto, a Região Sudeste se destaca na produção nacional. Os maiores produtores nacionais são os estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Rondônia. Além destes, os estados do Paraná, Rio de Janeiro, Goiás e Mato Grosso também têm participação no cenário de produção, em menor escala (CONAB, 2023).

Na safra de 2023, a área plantada de café totalizou 2,24 milhões de hectares, com uma produção total de 55,1 milhões de sacas beneficiadas, apresentando um aumento de 8,2% com relação à safra anterior. Desse montante, 70,7% correspondem à produção de café arábica e 29,3% à produção de café conilon (CONAB, 2023).

Mantendo a posição de segundo maior consumidor de café do mundo, o Brasil fica atrás apenas dos Estados Unidos da América. No ano de 2023, o consumo *per-capita* brasileiro de café em grão cru foi de 6,40 kg/hab ano⁻¹, e em grão torrado e moído de 5,12 kg/hab ano⁻¹ (ABIC, 2023).

A demanda global crescente por café estimula o comércio internacional e gera receitas importantes para os países produtores. O café é a segunda bebida mais consumida no Brasil, ficando atrás apenas da água. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC, 2023), o consumo da bebida no Brasil, entre novembro de 2022 e outubro de 2023, apresentou um aumento de 1,64% em relação ao período anterior. Este aumento representou 39,4% da safra de 2023, que foi de 55,1 milhões de sacas (CONAB, 2023). Desta forma, no ano de 2023, grande parte da produção de cafés nacionais foi destinada para o consumo interno.

A maior porcentagem de produção, exportação e consumo é destinada ao café arábica. Todavia, devido à crescente inclusão de café conilon nos *blends* de café torrado e moído, bem como ao aumento do consumo de café solúvel em todo o mundo, este tem aumentado a sua expressão no mercado. Além disso, sua popularidade é impulsionada pelo surgimento de diversas formas atraentes de consumo, especialmente para as indústrias, devido a sua maior rentabilidade e rusticidade da espécie (Fonseca et al., 2015; apud Souza, 2016).

O desempenho favorável do país na produção de cafés é resultado da implementação de boas práticas e novas tecnologias pelos cafeicultores. Práticas e tecnologias que são desenvolvidas por instituições de ensino, pesquisa e extensão, e têm contribuído para o aumento da sustentabilidade e produção na cadeia produtiva do café (Guerra et al., 2021).

No entanto, as condições climáticas têm impactado fortemente a produção. As secas no Vietnã afetaram negativamente a produção de conilon, o que resultou em um déficit projetado para 2024/2025. Por outro lado, o Brasil também enfrentou desafios climáticos, como geadas e secas, que reduziram a produção de arábica. A crescente demanda global, juntamente com as questões climáticas, faz com que as variedades de café, especialmente o conilon, atinjam preços recordes, refletindo a importância econômica dessas duas espécies no comércio internacional (Asplund, 2024).

3.2. Aspectos gerais da cultura do café

Os cafeeiros pertencem à classe Angiosperma, subclasse Eudicotiledônea, ordem Rubiales, família *Rubiaceae*, tribo *Coffeae* DC. e compreendem os gêneros *Coffea* L. e *Psilanthus* Hook.f. Estes gêneros agrupam mais de 124 espécies, em três seções de abrangência geográfica: *Mascarocoffea* (Madagascar e Ilhas Mascarenhas), *Mozambicoffea* (leste africano) e *Eucoffea* (regiões central e oeste do continente africano) (Davis et al., 2011). Na seção *Eucoffea*, destacam-se duas espécies, sendo as mais cultivadas mundialmente para o consumo do café: *Coffea arabica* L. (café arábica) e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (café conilon e robusta).

A África é o continente de onde o café se originou, e é também o continente com a maior diversidade genética dessa planta. A espécie *C. arabica*, que teve sua origem na Etiópia, foi classificada botanicamente em 1737, e possui uma melhor adaptação a climas frios e altitudes mais elevadas. Por outro lado, a *C. canephora*, teve sua origem na Guiné, na região da Bacia do Congo, classificada botanicamente entre 1895 e 1897 (Chevalier, 1944; Charrier e Berthaud, 1988; Ferrão, R. et al., 2007; Merlo, 2012; apud Ferrão et al., 2015).

No Brasil, de acordo com os primeiros registros das espécies, o *C. arabica* foi introduzido em Belém, no estado do Pará em 1727, por meio de sementes e mudas oriundas da Guiana Francesa. A partir daí, o café foi levado para outros estados como o Maranhão, Rio de Janeiro, Bahia, São Paulo, Minas Gerais e Paraná (Guerreiro Filho et al., 2008). Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo obtiveram grande êxito na produção de café, com peculiaridades comerciais distintas, permitindo que o Brasil, em 1880, se tornasse o maior produtor mundial de café (Silva e Cortez, 1998).

É válido ressaltar que as espécies arábica e conilon apresentam particularidades significativas em diferentes aspectos, como: número de cromossomos, formas de reprodução e propagação, base genética, potencial de produção, adaptabilidade, ciclo de vida, porte, arquitetura, exigências nutricionais, resistência a fatores bióticos e abióticos, tipo e tamanho dos frutos, tipos e constituição bioquímica dos grãos, e formas de utilização, entre outras características (Ferrão et al., 2019).

O cafeeiro é um arbusto de crescimento contínuo, com dimorfismo de ramos alcançando entre 2 e 4 metros de altura, dependendo da espécie e das condições climáticas da região. Suas folhas são pareadas e opostas, ovais, e de cor verde

escura. As flores, brancas e aromáticas, surgem em grupos de 2 a 6 flores, formando glomérulos nas axilas das folhas. Elas geralmente se abrem nas primeiras horas da manhã e permanecem abertas durante todo o dia. O caule do cafeeiro é cilíndrico, com lenho duro e amarelado, e possui dois tipos principais de ramos: ortotrópicos e plagiotrópicos, que se distinguem nas diferentes espécies (Rena e Maestri, 1986).

A planta de café apresenta fruto simples, derivado de um ovário, classificado como drupa, carnoso e com um caroço. Também possui pericarpo formado por três camadas de células: o epicarpo (casca), mesocarpo (mucilagem) e o endocarpo (pergaminho). As sementes são oblongas, plano-convexa (se os dois óvulos, um em cada loja do ovário, for fertilizado) ou arredondadas (se apenas um óvulo for fertilizado, formando as sementes tipo moca). O endosperma da semente de café é córneo, esverdeado (café arábica) ou mais amarronzado (conilon), encoberto por um envoltório delicado, a película prateada (Carvalho e Mônaco, 1965).

O cafeeiro *C. canephora* é diploide, com $2n=22$ cromossomos e apresenta plantas alógamas (Conagin e Mendes, 1961; Berthaud, 1980; Ferrão et al., 2019), com mecanismos que favorecem a polinização cruzada, como o florescimento sincronizado e a autoincompatibilidade gametofítica. A autoincompatibilidade gametofítica no cafeeiro é controlada por um único gene, com vários alelos, que inibe o crescimento do tubo polínico e impede a fecundação da oosfera e formação do embrião, sendo considerada por alguns autores como autoestéril. A espécie se destaca pela elevada heterogeneidade entre plantas na mesma lavoura, uma característica marcante resultante da variabilidade genética natural e da polinização cruzada. Essa heterogeneidade dificulta o manejo cultural e reduz a produtividade média do cafezal (Ramalho et al., 2016).

Já o *Coffea arabica* L. é uma espécie autógama e alotetraploide segmental, apresentando 44 cromossomos ($2n = 44$) (Krug e Carvalho, 1950). Desta forma, as variedades comerciais de café arábica, geralmente, apresentam pequena variabilidade genética, confirmada pelos estudos com marcadores de DNA (Melo e Sousa, 2011).

3.4. Salinidade e a germinação de sementes

O processo de salinização do solo envolve a concentração de sais solúveis na solução e, que resulta da acumulação dos sais do tipo Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ nos horizontes do solo (Pedrotti et al., 2015). Ao apresentar esse aumento da

concentração de sais solúveis na solução do solo, essa salinização pode se tornar um fator limitante no desenvolvimento normal das plantas glicofitas (sensíveis à salinidade) (Ribeiro et al., 2003).

Indicadores mostram que cerca de 424 milhões de hectares, na profundidade de 0-30cm, e de 833 milhões de hectares, na profundidade 30-100cm, em todo o mundo, são áreas consideradas afetadas pela salinização dos solos, correspondendo a cerca de 8,7% da área global (FAO, 2021).

O mapa global de solos afetados pela salinidade considera solos moderadamente salinos aqueles com condutividade elétrica entre 2,0-4,0 dS m⁻¹, em que algumas espécies podem apresentar restrições. Solos com condutividade elétrica acima de 4,0 dS m⁻¹ são considerados muito salinos e podem ser limitantes para muitas espécies (FAO, 2021). No Brasil, solos salinos e sódicos ocorrem no Rio Grande do Sul e na região semiárida do Nordeste (Ribeiro et al., 2003). De modo geral, os solos situados em regiões áridas e semiáridas, quando submetidos à prática da irrigação, apresentam grandes possibilidades de se tornarem salinos, principalmente aqueles que não possuam um sistema de drenagem adequado (Simões et al., 2021).

A salinização de terras aráveis globais está aumentando em um ritmo alarmante, reduzindo a produção de solos anteriormente férteis. Ela pode interferir na absorção de nutrientes pelas plantas devido às variações na concentração e composição iônica dos meios salinos. Essa interferência acarreta uma redução no crescimento das plantas e alterações na qualidade dos produtos vegetais (Borges et al., 2014).

O efeito da salinidade nas plantas pode ser descrito a partir de três efeitos distintos. Primeiramente, ocorre um impacto por meio do efeito osmótico, levando a um déficit hídrico devido ao menor potencial de água presente nas raízes. Em seguida, há um efeito tóxico resultante da toxicidade iônica causada pela absorção excessiva de íons, especialmente Cl⁻ e Na⁺. Por fim, ocorre um desequilíbrio nutricional, pois a absorção e/ou transporte de nutrientes para a parte aérea da planta são reduzidos, comprometendo o desenvolvimento adequado da planta. Esses três efeitos combinados podem causar danos significativos ao crescimento e desenvolvimento das culturas afetadas pela salinidade (Lima et al., 2019).

As espécies e cultivares de plantas reagem de maneira distinta quando submetidas ao estresse salino, ou seja, cada espécie ou cultivar possui uma tolerância

específica à salinidade, abaixo do qual o rendimento potencial não é afetado, mas acima do qual a produtividade diminui à medida que a salinidade do solo aumenta. Os efeitos podem variar de acordo com o manejo da irrigação, condições edafoclimáticas, adubação e tipos de sais presentes na água e no solo (Lima et al., 2019). Além disso, a acumulação excessiva de íons nos tecidos vegetais pode resultar em toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional, ou ambos (Boursier e Lauchli, 1990; apud Matias et al., 2011).

A germinação é um processo caracterizado pela retomada do crescimento embrionário após a embebição da água pela semente e, para que a mesma ocorra, é necessário que as condições do ambiente sejam favoráveis. Fatores como a luz, a temperatura, a umidade e a presença de sais no substrato podem inibir ou retardar o processo germinativo (Marcos Filho, 2015). Em ambiente salino, o efeito do potencial osmótico da solução salina, que pode ser menor do que o das células do embrião, dificulta a entrada de água e afeta a embebição da água pelas sementes. Este efeito ocasiona atrasos na germinação e inibição do crescimento das plântulas, além do desequilíbrio de íons e toxicidade nas raízes (Foolad, 2004; Machado-Neto et al., 2006; Souza, 2015; apud Santos et al., 2020).

Salienta-se que os efeitos da salinidade podem ser diferentes nas respostas das plantas, dependendo do estágio de desenvolvimento em que se encontram (Hebron, 1967; François, 1984). Segundo Pandey e Penna (2017), a germinação e o crescimento inicial das plântulas são considerados indicadores de sensibilidade ou tolerância ao estresse salino, uma vez que são processos fisiológicos diretamente afetados pela salinidade. Além disso, a capacidade de germinação também é um indicativo da tolerância da planta aos sais durante estágios subsequentes de desenvolvimento (Strogonov, 1964; Silva, et al., 1992; citado por Oliveira, et al., 2007).

3.5. Aspectos do melhoramento genético do cafeeiro

A grande variabilidade entre e dentro das populações naturais de *C. canephora* faz desta espécie uma fonte de alelos para o desenvolvimento de novas cultivares, bem como, para o melhoramento de *C. arabica* (Souza et al., 2015). Devido a alogamia, os genótipos de conilon são altamente heterozigotos e apresentam grande variabilidade genética para a maioria das características.

Há ainda o importante papel das lavouras primitivas realizadas no continente africano, uma vez que, inicialmente, muitas populações selvagens de *C. canephora*

foram submetidas diretamente ao cultivo e o intercâmbio de material genético entre as regiões produtoras (Berthaud; Charrier, 1985). Assim, essas lavouras tornaram-se locais favoráveis ao inter cruzamento de diferentes tipos varietais, propiciando a recombinação genética e o surgimento de genótipos que não ocorreriam espontaneamente na natureza, em função do isolamento geográfico.

No processo de melhoramento genético do café conilon, são utilizadas metodologias de propagação assexuada, por meio de estaquia (clones), e sexuada, por sementes. As cultivares clonais consistem em materiais genéticos com base genética mais restrita, resultantes da seleção de pelo menos oito clones superiores. Já as cultivares obtidas por meio de sementes, geralmente, possuem uma base genética mais ampla. Essas cultivares são conhecidas por serem mais robustas, exibirem maior estabilidade de produção e serem recomendadas para cultivo em ambientes sujeitos a estresses bióticos e abióticos (Ferrão et al., 2022). Essa variabilidade é particularmente significativa em relação às características vegetativas e reprodutivas da planta, tornando-a crucial em programas de melhoramento genético (Ferrão et al., 2015).

A espécie *Coffea arabica* L., autógama, não manifesta efeito negativo das autofecundações sucessivas com relação ao vigor e a produtividade das plantas. Desta forma, os materiais comerciais de *C. arabica*, são linhagens ou progênies autofecundadas em gerações mais avançadas, e são uniformes quanto à expressão dos caracteres agrônômicos, gerando lavouras cujo padrão de uniformidade é muito elevado (Antunes, 1962; Melo e Sousa, 2011).

Em um programa de melhoramento genético de café, a seleção de cultivares é baseada em características relacionadas à produção e qualidade final da bebida. Há variação entre os genótipos quanto à produtividade, vigor vegetativo, arquitetura da planta, época de maturação dos frutos, tipo e tamanho dos frutos, além da tolerância a fatores bióticos e abióticos. Essas características são cuidadosamente avaliadas durante o processo de seleção para identificar e desenvolver cultivares com desempenho superior (Senra et al., 2022).

Segundo Ferrão (2004), no melhoramento genético do café, a maioria dos estudos é conduzida com base em dados obtidos de experimentos que seguem os princípios estatísticos. A estatística permite realizar análises descritivas, como a determinação da média; estimar parâmetros genéticos, como a variância genética, o coeficiente de variação genética e a herdabilidade; e calcular as correlações entre

características de natureza genotípica, fenotípica e ambiental.

3.6. Estudos de divergência genética

Entender a diversidade genética nas culturas é um desafio tanto para a conservação, quanto para o melhoramento genético. Essa compreensão é vital para atender às necessidades de desenvolvimento de novos materiais com caracteres superiores, como a tolerância ao estresse hídrico e salino decorrente das mudanças climáticas, a resistência a doenças, além de melhorias no rendimento e na qualidade das colheitas (Tuberosa e Salvi, 2006).

As coleções globais de *C. canephora* abrigam um número grande de genótipos provenientes de coletas realizadas em várias regiões de distribuição e derivadas de programas de melhoramento. Essas coleções precisam ser caracterizadas para aprimorar sua gestão, evitar redundâncias, otimizar as estimativas de diversidade genética e aumentar sua utilidade em objetivos específicos, como reprodução e conservação (Cubry et al., 2012).

Os estudos envolvendo a divergência genética são extremamente importantes em programas de melhoramento que envolvem hibridações, pois fornecem parâmetros essenciais para a identificação de progenitores que, ao serem cruzados, proporcionam um maior efeito heterótico e aumentam a probabilidade de obter genótipos superiores nas gerações segregantes. Ademais, são muito úteis em pesquisas evolutivas, oferecendo informações valiosas sobre os recursos genéticos disponíveis, e facilitando a localização e o intercâmbio de materiais genéticos (Falconer, 1981; Dias e Kageyama, 1997; Cruz et al., 2004).

Avaliações fenotípicas, bioquímicas e moleculares têm sido empregadas para estudo da diversidade genética e da estrutura populacional de *C. canephora*, em populações naturais e nas coleções de germoplasma (Cubry et al., 2012). A utilização de técnicas da estatística multivariada tem sido amplamente usada para quantificar a divergência genética entre materiais e permite aos melhoristas a identificação de genótipos mais promissores, uma vez que leva em consideração a contribuição e a importância relativa das características para o total da variância presente entre as populações.

No estudo de divergência genética, diferentes métodos multivariados podem ser utilizados. A escolha do método é feita de acordo com a precisão desejada do pesquisador, pela facilidade em realizar a análise e também pela forma como os dados

foram obtidos (Cruz et al., 1994; Cruz e Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004). Alguns métodos são: a análise por componentes principais e por variáveis canônicas (análise de dispersão gráfica) e os métodos de agrupamento. Em relação aos métodos de agrupamento, estes dependem de medidas de similaridade ou dissimilaridade para quantificarem as distâncias entre duas populações, de forma que exista homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os grupos, sendo as mais utilizadas a distância Euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis (Cruz et al., 2004).

A distância generalizada de Mahalanobis (D^2) é recomendada para estimar a distância genética entre duas populações, quando os dados obtidos forem provenientes de ensaios/experimentos com delineamento experimental definido e repetições (Cruz et al., 2004). Após a escolha da medida de similaridade ou dissimilaridade, é necessária a escolha de uma técnica de agrupamento para a formação dos grupos, dois métodos de agrupamento são mais comumente usados: de otimização e hierárquico (Cruz e Carneiro, 2006).

Nos métodos hierárquicos, os genótipos são agrupados por um processo que se repete em vários níveis até a formação de um dendrograma com os diferentes grupos estabelecidos. Entre os métodos hierárquicos utilizados na análise da diversidade genética, destacam-se: o método de ligação simples (*simple linkage*), o método de ligação completa (*complete linkage*), o método de ligação média entre grupos ou UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages*) e o método de variância mínima de Ward (Cruz et al., 2011).

O estudo da variabilidade genética e a formação de grupos de genótipos são essenciais para visualizar e planejar cruzamentos em programas de melhoramento, além de prever seus resultados. Para obter ganho genético, é fundamental compreender as relações entre os genótipos e sua similaridade genética.

3.7. Interação genótipos x ambientes

A interação genótipos x ambientes pode ser interpretada biometricamente como a diferença entre os valores fenotípicos (conjunto de respostas observadas), ambientais e genotípicos (Costa Neto et al., 2020).

A expressão fenotípica das plantas é o resultado da ação do genótipo sob a influência do ambiente. No entanto, ao considerar múltiplos ambientes, é observado que, além dos efeitos individuais do genótipo e do ambiente, também há um efeito causado pela interação entre eles (Cruz et al., 2004).

Robertson (1959) classificou a interação genótipos x ambientes em duas categorias: simples e complexa. A interação simples ocorre devido à variação na performance dos genótipos em diferentes ambientes, sem alterar sua classificação na recomendação de cultivares. Já a interação complexa se deve à falta de correlação entre o desempenho dos genótipos, resultando em respostas diferentes às variações ambientais e alterando sua classificação em diversos ambientes (Cruz et al., 2014). A interação simples não causa dificuldades na recomendação de cultivares ou na seleção de genótipos para programas de melhoramento, enquanto a interação complexa apresenta desafios para os melhoristas, pois genótipos de excelência em um ambiente podem não apresentar os melhores resultados em outros (Romanelli e Sebbenn, 2004).

A avaliação de genótipos em vários ambientes tem como objetivo verificar o comportamento diferencial destes de acordo com as variações ambientais, o qual é atribuído à interação genótipos x ambientes. A existência dessa interação exige estudos detalhados sobre o comportamento dos cultivares por meio de análises da estabilidade e adaptabilidade.

Nas pesquisas de melhoramento genético do café, estudos da interação genótipos x ambientes influenciam diretamente a produtividade e a qualidade das variedades. Em café Conilon, Duarte et al. (2020) observaram que a maioria dos genótipos apresenta baixa estabilidade de produção, indicando que nem todos se adaptam bem a diferentes condições ambientais. Ainda assim, alguns genótipos se destacaram por sua adaptabilidade tanto em ambientes favoráveis quanto desfavoráveis, sendo recomendados para programas de melhoramento genético, visando a formação de variedades mais resilientes e produtivas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ENSAIO PRELIMINAR

O primeiro ensaio experimental foi conduzido com objetivo de definir a concentração de cloreto de sódio ([NaCl]) a ser utilizada no estudo de tolerância ao estresse salino em genótipos de *Coffea* spp.

O experimento foi conduzido no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia, no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes – RJ.

Material vegetal

As sementes utilizadas foram obtidas de um experimento composto por 13 clones da cultivar Vitória de *C. Canephora*, localizada na Escola Técnica Estadual Agrícola Antônio Sarlo - ETEAAS/FAETEC, em Campos dos Goytacazes – RJ.

Durante a colheita foram selecionados apenas os frutos maduros no estágio de cereja (sete a oito meses após a antese) que, em seguida, tiveram seus epicarpós retirados manualmente. As sementes foram lavadas para retirar o excesso do mesocarpo, eliminando-se as sementes sobrenadantes e do tipo moca. A secagem foi realizada à sombra em bancada de laboratório, temperatura ambiente (25°C) com homogeneização periódica da massa de sementes, por 10 dias. Logo após, as sementes tiveram o endocarpo (pergaminho) removido manualmente.

Condução Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com seis concentrações de solução salina com cloreto de sódio, a saber: 0,00, 10,0, 20,0, 30,0, 40,0, e 50,0 mM de NaCl, com cinco repetições de 25 sementes para cada tratamento.

Para o tratamento controle (0,00 mM de NaCl) foi utilizada água deionizada pura, e para os demais tratamentos foi utilizada água deionizada com adição de NaCl para atingir a molaridade de cada tratamento. As condutividades elétricas de cada solução foram medidas antes da implementação do teste de germinação (Tabela 1).

Tabela 1: Concentrações de cloreto de sódio ([NaCl]) das soluções salinas e seus respectivos valores de condutividade elétrica.

[NaCl]	Condutividade elétrica
0,0 mM	0,002 dS m ⁻¹
10,0 mM	0,99 dS m ⁻¹
20,0 mM	1,8 dS m ⁻¹
30,0 mM	2,8 dS m ⁻¹
40,0 mM	3,7 dS m ⁻¹
50,0 mM	4,7 dS m ⁻¹

Germinação

Para a avaliação do efeito do estresse salino, foi implantando um teste de germinação. Com o auxílio de um contador, as sementes foram dispostas entre duas folhas de papel germitest®, umedecidas previamente com a solução correspondente de cada tratamento, na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos de papel foram colocados em sacos de polietileno transparente para manter a umidade e logo em seguida levados à câmara de germinação. As câmaras de germinação permaneceram ajustadas com temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 16h de escuro e 8h de luz (Brasil, 2009).

A manutenção da umidade dos substratos foi verificada diariamente e feita a adição de água deionizada conforme necessidade, durante os 30 dias do decorrer do teste. As avaliações foram realizadas conforme a Regra de Análises de Sementes, e ao final do teste registrou-se a porcentagem de plântulas normais, plântulas anormais e sementes não germinadas (Brasil, 2009).

Foram consideradas sementes germinadas como plântulas normais aquelas que apresentaram todas as estruturas bem desenvolvidas (hipocótilo > 1,0cm e raízes >1,0cm com raízes secundárias), e como plântulas anormais aquelas que apresentaram desenvolvimento de hipocótilo menor que 1cm e/ou com raízes pouco desenvolvidas (≤1cm) e/ou sem ramificações (Figura 1). Para o resultado final de germinação considera-se somente a porcentagem de plântulas normais.



Figura 1: Fenotipagem digital de sementes e plântulas de *Coffea* spp.; I – semente não germinada; II – plântulas anormais; III – plântulas normais.

Fonte: Imagens próprias, geradas pelo equipamento de fenotipagem digital *Groundeye*®

Índice de velocidade de germinação

O índice de velocidade de germinação (IVG) foi realizado em conjunto com o teste de germinação, obedecendo às prescrições das Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

As avaliações foram realizadas a cada dois dias, a partir do sexto dia da instalação do teste de germinação, até o trigésimo dia de experimento. Foram consideradas e contabilizadas como sementes germinadas aquelas que apresentaram protrusão radicular de, pelo menos, 1mm.

O IVG foi calculado de acordo com a metodologia proposta por Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G1 a Gn = é o número de plântulas germinadas a cada dia;

N1 a Nn = número de dias de cada contagem.

Primeira contagem de germinação

A primeira contagem (PC) de germinação foi efetuada quinze dias após a implantação do teste de germinação (Brasil, 2009), realizando-se a contagem do número de plântulas normais e os resultados foram expressos em porcentagem.

Massa seca do hipocótilo e da raiz

Para mensuração da massa seca do hipocótilo (MSH) e da raiz (MSR) foram avaliadas cinco repetições de 10 plântulas normais, separadas em duas partes: hipocótilo e raízes, para cada tratamento. A separação entre sistema radicular e hipocótilo foi definida como a base do colo.

Posteriormente, cada amostra foi armazenada em sacos de papel identificados e levados para estufa de ventilação forçada, com temperatura de 65°C, por 72 horas. Após o período de secagem, os materiais passaram por resfriamento, em dessecador, e em seguida as amostras foram pesadas em balança de precisão de 0,0001g.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, considerando o modelo matemático do delineamento inteiramente casualizado, dado por:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij} \quad (\text{Eq.2})$$

Y_{ij}= valor observado do i-ésimo tratamento (i = 1, 2, ..., 6) na j-ésima repetição (j = 1, 2, 3, 4);

μ= constante geral;

T_i= efeito do i-ésimo tratamento;

E_{ij}= erro aleatório.

As variáveis que apresentarem diferenças significativas entre tratamentos, ao nível de significância de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) pelo teste F, foram submetidas ao teste de separação de médias de Tukey, ao mesmo nível de significância, por meio do *software Genes* (Cruz, 2016).

Os dados também foram submetidos à análise de regressão linear simples, ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), utilizando o *software Excel*[®]. Para tanto, foi utilizada a fórmula:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + E \quad (\text{Eq.3})$$

X = variável explicativa ou independente medida sem erro (não aleatória);

E = variável aleatória residual na qual se procuram incluir todas as influências no comportamento da variável Y que não podem ser explicadas linearmente pelo comportamento da variável X ;

β_0 e $\beta_1 X$ = parâmetros do modelo (a estimar);

Y = variável explicada ou dependente (aleatória).

4.2. ESTUDO DA TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CAFÉ SUBMETIDOS AO ESTRESSE SALINO

Após determinar a concentração ideal de solução salina com o ensaio preliminar, ela foi utilizada para a implementação dos ensaios de estresse salino em genótipos de *Coffea* spp.

Os experimentos foram conduzidos no Setor de Produção e Tecnologia de Sementes do Laboratório de Fitotecnia (LFIT), no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes – RJ.

Material vegetal

Os ensaios para avaliação da tolerância de genótipos de *Coffea* spp. ao estresse salino foram constituídos por 26 genótipos, sendo 24 de *Coffea canephora* e dois de *Coffea arabica* (Tabela 2).

A amostra de sementes foi obtida de experimento conduzido com 55 genótipos de café, localizado na Fazenda Experimental do Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no

município de São Mateus – ES. A região possui clima tropical, caracterizado pelo verão quente e úmido, e inverno seco, classificado como Aw, de acordo com a classificação de Köppen (Alvares, 2013). Os genótipos foram dispostos em um delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, e cada tratamento foi constituído pelos diferentes genótipos, sendo cada unidade experimental por três plantas. O plantio foi realizado no espaçamento de 2 metros entre linhas e 1 metro entre plantas (2x1), o que equivale a 5000 plantas por hectare, as quais foram conduzidas com 2 hastes por planta. Os tratos culturais foram feitos conforme as orientações técnicas para cultura.

Os frutos maduros, no estágio cereja, foram colhidos, armazenados e transportados para o Laboratório de Fitotecnia, no CCTA/UENF. Estes tiveram seus epicarpós retirados manualmente e as sementes foram lavadas com água corrente para retirada do excesso do mesocarpo, eliminando-se as sementes sobrenadantes e do tipo moca. A secagem foi realizada à sombra em bancada de laboratório, à temperatura ambiente (25°C) com homogeneização periódica da massa de sementes, por 10 dias. Após a secagem, o pergaminho de todas as sementes foi removido manualmente.

Tabela 2: Identificação (ID) dos 26 genótipos, sendo 24 de *Coffea canephora* e dois de *Coffea arabica*. São Mateus, ES - Brasil.

GENÓTIPO	ID	GENÓTIPO	ID
Pirata ¹	1	LB1 ^{3,4}	14
Verdim R ¹	2	Ouro Negro 1	15
A1 ^{1,2,3}	3	JC	16
Clementino ¹	4	Arara ^{**}	17
Beira Rio 8 ¹	5	Z39	18
NV2 ²	6	*Emcapa 02 ⁵	19
Bicudo ³	7	Acauã ^{**}	20
CH1	8	Amarelo 5	21
Imbigudinho ⁴	9	Amarelo 6	22
Graudão HP ⁵	10	RDM	23
AP ⁴	11	R22	24
L80 ³	12	LB15	25
Ouro Negro	13	G20	26

Fonte: ¹Tributum cultivar (Partelli et al., 2020); ²Andina Cultivar (Partelli et al., 2019); ³Plena Cultivar (Partelli et al., 2022a); ⁴Monte Pascoal Cultivar (Partelli et al., 2021); ⁵Salutar Cultivar (Partelli et al., 2022c); *Cultivar Emcapa 8111 genótipo 02; ***Coffea arabica*

A. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS SEMENTES

Peso de mil sementes

O peso de mil sementes (PMS) foi mensurado a partir da porção de sementes puras de cada genótipo. Foram retiradas ao acaso oito repetições de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,0001 g). Foi calculada a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos das pesagens, da seguinte maneira:

$$\text{Variância} = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

x = peso de cada repetição;

n = número de repetições;

Σ = somatório.

$$\text{Desvio Padrão (S)} = \sqrt{\text{variância}} \quad (\text{Eq.5})$$

$$\text{Coeficiente de Variação (CV)} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \quad (\text{Eq.6})$$

Onde:

s = desvio padrão;

\bar{x} = peso médio de 100 sementes.

De acordo com as Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009), quando o coeficiente de variação não excede 4%, o resultado da determinação é calculado da seguinte forma:

$$\text{Peso de Mil Sementes (PMS)} = \bar{x} \times 10 \quad (\text{Eq.7})$$

Biometria das sementes

Os diferentes genótipos foram avaliados quanto à biometria das sementes, utilizando o equipamento *Groundeye*® de análise de imagens. Para a fenotipagem digital, foram avaliadas cinco repetições de 25 sementes para cada genótipo.

As variáveis extraídas foram:

AS= Área da semente (cm²) – corresponde à quantidade de espaço que a superfície de um objeto possui;

DMAX= Diâmetro Máximo (cm) – é a maior reta que passa pelo centroide da semente;

DMIN= Diâmetro Mínimo (cm) – é a menor reta que passa pelo centroide da semente;

PES= Perímetro da semente (cm) – é a medida do contorno de um objeto bidimensional, ou seja, a soma de todos os lados de uma figura geométrica;

C= Circularidade – é um fator de forma circular mais sensível ao alongamento do objeto e com menor dependência em relação à suavidade do contorno. Considerada 1 para objetos circulares e menos que 1 para objetos com outras formas, pois qualquer outra forma, possuindo mesmo diâmetro máximo, possui menor área.

Determinação de umidade

Para determinação da umidade das sementes, foi utilizado o método de estufa a 105°C, segundo as Regras para Análises de Sementes – RAS (Brasil, 2009).

Inicialmente foram identificados e pesados recipientes (cadinhos de alumínio) com diâmetro de 5-8cm, que foram utilizados para secagem. Duas amostras de 4,5g de sementes de cada tratamento foram distribuídas nos recipientes e estes pesados novamente. Os recipientes, contendo as sementes, foram colocados em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3$, por 24 horas. Após secagem, os recipientes, com as sementes secas, foram novamente pesados e a umidade calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Umidade (U)} = \frac{100 (P-p)}{P-t} \quad (\text{Eq.8})$$

Onde:

P= peso inicial - peso do recipiente e sua tampa, mais o peso da semente úmida;

p= peso final - peso do recipiente e sua tampa, mais o peso da semente seca;

t= tara - peso do recipiente com sua tampa.

B. GENÓTIPOS SUBMETIDOS A AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS

Condução experimental

Para a avaliação do efeito do estresse salino sobre os 26 genótipos de *Coffea* spp., foram conduzidos dois ensaios, sendo um ambiente controle (sem adição de NaCl) e um ambiente de estresse salino (50,00 mM de NaCl). Para o ambiente controle foi utilizado água deionizada pura (condutividade elétrica de $0,2847 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C), enquanto para o ambiente de estresse salino foi utilizada água deionizada com adição de NaCl na concentração de 50,00 mM de NaCl (condutividade elétrica de $4,976 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C).

Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco repetições de 25 sementes.

Condução dos testes de germinação

Com o auxílio de um contador, as sementes foram dispostas entre duas folhas de papel *germitest*[®], umedecidas previamente com a solução correspondente a cada tratamento na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram alocados em sacos de polietileno transparente para manter a umidade e logo em seguida foram levados à câmara de germinação, ajustada com a temperatura constante de 30°C e fotoperíodo ajustado para 16h de escuro e 8h de luz, por 30 dias (Brasil, 2009).

A manutenção da umidade dos substratos foi verificada diariamente. Adicionou-se água deionizada conforme necessidade, para os dois ambientes, durante o decorrer do teste.

A avaliação da primeira contagem, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação foi realizada seguindo a metodologia descrita no item 4.1.

Biometria das plântulas

A biometria de plântulas foi realizada utilizando o equipamento *Groundeye*[®] de análise de imagens. Utilizou-se plântulas provenientes dos ensaios de germinação, sendo avaliadas 10 plântulas normais aleatórias de cada repetição, para os dois ambientes.

As variáveis extraídas foram: AP: área da plântula (cm²), PEP: perímetro da plântula (cm), LH: largura do hipocótilo (cm), LR: largura das raízes (cm), RRH: razão raiz:hipocótilo (cm), CR: comprimento radicular (cm), CH: comprimento do hipocótilo (cm) e CT: comprimento total da plântula (cm).

Massa seca do hipocótilo e das raízes

Para mensuração da massa seca das plântulas foram utilizadas as mesmas 10 plântulas normais que foram submetidas à análise da biometria, conforme descrito anteriormente.

A quantificação da massa seca seguiu a metodologia descrita no item 4.1.

Índice de tolerância ao estresse salino

O índice de tolerância ao estresse salino (ITE) foi determinado de acordo com metodologia proposta por Fernandez (1992). As variáveis mais afetadas pelo estresse salino, IVG, PC, GE, MSH, MSR, AP, PEP, CH, CR e CT, foram utilizadas para determinar o índice de tolerância ao estresse, calculado seguindo a fórmula:

$$ITE = (Yc \times Ys) / (Yc)^2 \quad (\text{Eq.9})$$

Onde:

ITE = Índice de tolerância ao estresse;

Yc = valor avaliado em ambiente não-salino;

Ys = valor avaliado em ambiente salino.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e à análise de variância individual, seguindo o modelo estatístico matemático:

$$Y_{ik} = \mu + G_i + B_k + E_{ik} \quad (\text{Eq.10})$$

Sendo que:

Y_{ik} = valor observado do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, 26$) no k -ésimo bloco ($k = 1, 2, 3, 4, 5$);

μ = constante geral;

G_i = efeito do i -ésimo genótipo;

B_k = efeito do k -ésimo bloco;

E_{ik} = erro aleatório.

Para o agrupamento das médias entre os genótipos, foi utilizado o teste de Scott-Knott (1974), ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Com base nas estimativas dos quadrados médios foram estimados os componentes de variância, a saber: variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$), herdabilidade (h^2), Índice de variação (I_v) e correlação genotípica (r_g), considerando as expressões propostas por Cruz et al. (2014):

Variância genotípica entre médias dos genótipos:

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QMG - QMR}{r} \quad (\text{Eq.11})$$

Variância fenotípica entre médias dos genótipos:

$$\hat{\sigma}_f^2 = \frac{QMG}{r} \quad (\text{Eq.12})$$

Variância ambiental entre médias dos genótipos:

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{QMR}{r} \quad (\text{Eq.13})$$

Onde:

QMG = quadrado médio dos genótipos;

QMR = quadrado médio do erro;

r = número de repetições.

Herdabilidade em nível de média dos genótipos:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} \times 100 \quad (\text{Eq.14})$$

Índice de variação:

$$IV = \frac{CV_g}{CV_e} \quad (\text{Eq.15})$$

Onde:

CV_g = coeficiente de variação genotípica;

CV_e = coeficiente de variação residual.

Correlação genotípica

$$r_g = \frac{\hat{\sigma}_{gxy}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{gx}^2 \hat{\sigma}_{gy}^2}} \quad (\text{Eq.16})$$

Onde:

$\hat{\sigma}_{gx}^2$ = Estimador da variância genotípica do caractere x

$$\hat{\sigma}_{gx}^2 = \frac{QMG_x - QMR_x}{r} \quad (\text{Eq.17})$$

$\hat{\sigma}_{gy}^2$ = Estimador da variância genotípica do caractere y

$$\hat{\sigma}_{gy}^2 = \frac{QMG_y - QMR_y}{r} \quad (\text{Eq.18})$$

$\hat{\sigma}_{gxy}$ = Estimador da covariância genotípica entre os caracteres x e y

$$\hat{\sigma}_{gxy} = \frac{PMG_{xy} - PMR_{xy}}{r} \quad (\text{Eq.19})$$

PMG_{xy} = produto médio associado ao tratamento;

PMR_{xy} = produto médio associado ao resíduo.

Posteriormente, realizou-se a análise conjunta dos dados, com o objetivo de identificar os parâmetros genéticos e os efeitos das interações genótipos x ambientes sobre as características avaliadas.

Na análise conjunta foram considerados os efeitos de genótipos como aleatórios, e dos ambientes como fixos. A análise foi realizada de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + Gi + Aj + GA_{ij} + B/A_{jk} + E_{ijk} \quad (\text{Eq.20})$$

Em que:

Y_{ijk} = observação do i-ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, 26$) no j-ésimo ambiente j ($j = 1, 2$) e no k-ésimo bloco ($k = 1, 2, 3, 4, 5$);

μ = constante geral;

Gi = efeito do i-ésimo genótipo;

Aj = efeito do j-ésimo ambiente;

GA_{ij} = efeito da interação i-ésimo genótipo no j-ésimo ambiente;

B/A_{jk} = efeito do k-ésimo bloco dentro do j-ésimo ambiente;

E_{ijk} = erro aleatório experimental.

Na análise conjunta, para o agrupamento das médias entre os genótipos, foi utilizado o teste de Scott-Knott (1974), ao nível de significância de 5% de probabilidade. Já as médias entre os ambientes foram submetidas ao teste de separação de médias de Tukey, ao mesmo nível de significância.

Com base nas estimativas dos quadrados médios foram estimados os componentes quadráticos, considerando o modelo genótipos, ambientes e interação como fixos, a saber: componente quadrático genotípico (Φ_g), variância residual (σ_e^2), componente quadrático da interação genótipos x ambientes (Φ_{ga}), considerando as expressões propostas por Cruz et al. (2014):

Componente quadrático genotípico

$$\Phi_g = \frac{QMG - QMR}{ar} \quad (\text{Eq.21})$$

Variância residual

$$\sigma_e^2 = QMR \quad (\text{Eq.22})$$

Componente quadrático da interação genótipos x ambientes

$$\Phi_{ga} = \frac{QMGA - QMR}{r} \quad (\text{Eq.23})$$

Onde:

QMG = quadrado médio de genótipos;

QMR = quadrado médio do resíduo;

QMGA = quadrado médio da interação genótipos x ambientes;

a = número de ambientes;

r = número de repetições/blocos.

A decomposição da interação genótipos x ambientes em parte simples e complexa foi realizada utilizando-se a expressão proposta por Cruz e Castoldi (1991).

Dissimilaridade entre os genótipos

A Matriz de dados para análise de agrupamento foi constituída pelas variáveis que apresentaram diferença significativa entre os genótipos, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Foi realizada a análise multivariada para estudar a divergência genética entre os genótipos, calculando-se, inicialmente, a distância generalizada de Mahalanobis (D^2_{ii}) (RAO, 1952), como medida de dissimilaridade para determinar o grau de divergência entre o par de genótipos, pela fórmula:

$$D^2_{ii'} = \sum_{j=1}^n \cdot \sum_{j'=1}^n \cdot W_{JJ'} \cdot d_j \cdot d_{j'} \quad (\text{Eq.24})$$

Em que:

$D^2_{ii'}$ = é a distância generalizada de Mahalanobis entre os acessos i e i' ,

n = número de variáveis;

$W_{JJ'}$ = elemento da j -ésima linha e j -ésima coluna da inversa da matriz de variâncias e covariâncias residuais entre os genótipos;

d_j = diferença entre as médias da j -ésima variável nos dois genótipos considerados.

Foi utilizado o método de agrupamento de médias aritméticas não ponderadas (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean – UPGMA*), para verificar a similaridade entre os genótipos, e foram obtidos valores altos do coeficiente de correlação cofenética. Neste método, o dendrograma é estabelecido pelos genótipos geneticamente mais próximos. A fórmula utilizada foi:

$$d_{(ij)k} = \text{m\u00e9dia} (d_{ik}; d_{jk}) = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2} \quad (\text{Eq.25})$$

Em que:

$d_{(ij)k}$ = m\u00e9dia do conjunto de dist\u00e2ncia dos pares de indiv\u00edduos (i e k) e (j e k).

Para a visualiza\u00e7\u00e3o do dendrograma, utilizou-se o *software Genes* (Cruz, 2016).

Contribui\u00e7\u00e3o relativa das caracter\u00edsticas

A contribui\u00e7\u00e3o relativa das caracter\u00edsticas foi calculada a partir do m\u00e9todo proposto por Singh (1981), baseado na parti\u00e7\u00e3o do total das estimativas das dist\u00e2ncias D^2_{ii} , considerando-se todos os poss\u00edveis pares de indiv\u00edduos, para a parte devida a cada caracter\u00edstica.

Todas as an\u00e1lises foram realizadas utilizando o *software Genes* (Cruz, 2016).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ENSAIO PRELIMINAR

A análise de variância identificou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos para todas as características estudadas. Os coeficientes de variação (CV%) foram inferiores a 13,0%, exceto para a variável plântulas anormais (PA), indicando boa precisão experimental (Tabela 3).

Para as variáveis primeira contagem (PC), germinação (GE) e PA, o teste de separação de médias não detectou diferenças significativas entre as concentrações de cloreto de sódio (Tabela 4). Para as demais variáveis, o aumento da concentração de NaCl provocou efeitos negativos, diminuindo o índice de velocidade de germinação (IVG), a massa seca do hipocótilo (MSH) e a massa seca da raiz (MSR).

A análise de regressão identificou resposta linear decrescente, de acordo com o aumento da concentração de sal, para as variáveis IVG, MSH e MSR, com valores de R^2 de 0,91, 0,90 e 0,91, respectivamente (Figura 2).

Usando condições laboratoriais controladas, constatou-se que as soluções salinas acima de 20 mM de NaCl, geram um retardo significativo na velocidade de germinação de sementes de café conilon, apesar de apresentarem pouco efeito na porcentagem final de germinação (Figura 2). Esse fato pode estar ligado à velocidade de absorção de água pelas sementes, que diminui à medida que o potencial hídrico se reduz, prolongando, assim, o tempo necessário para alcançar o teor mínimo de água exigido para iniciar o processo de germinação (Wu et al., 2015). Portanto, uma vez que as soluções salinas retêm água e diminuem o potencial hídrico, a água se torna progressivamente menos acessível para absorção (Nasri et al., 2016).

Para sementes de noni (*Morinda Citrifolia* L.), da mesma família botânica do café, Menezes et al. (2014) constataram que a germinação foi afetada a partir de 3,0 dS m^{-1} de condutividade elétrica (CEa) na irrigação, chegando à germinação de apenas 4,1% em CEa de 6,0 dS m^{-1} .

Tabela 3: Estimativas dos quadrados médios da análise de variância para a características fisiológicas de sementes de café conilon, cultivar Vitória, germinadas em seis diferentes concentrações de cloreto de sódio.

FV	GL	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR
		%				mg plântula ⁻¹	
Tratamentos	5	0,39**	32,85*	95,68*	81,17*	0,0004*	0,0010**
Resíduo	20	0,01	10,98	28,48	27,30	0,0001	0,0001
CV (%)		4,68	3,44	5,87	71,25	12,55	10,62
Média		2,84	96,26	90,8	9,76	0,08	0,08

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz. ** e * - significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

Tabela 4: Médias para características fisiológicas de sementes de café conilon, cultivar Vitória, submetidas a seis concentrações de cloreto de sódio ([NaCl]).

[NaCl]	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR
		%			mg plântula ⁻¹	
0,0 mM	3,16 a	98,4 a	96,0 a	2,4 a	9,12 a	9,97 a
10,0 mM	3,09 ab	99,2 a	95,2 a	4,0 a	8,83 a	9,62 a
20,0 mM	2,86 b	96,8 a	92,8 a	4,8 a	7,66 ab	9,41 a
30,0 mM	2,90 b	96,8 a	87,2 a	11,2 a	7,96 ab	7,48 b
40,0 mM	2,52 c	92,8 a	86,4 a	11,2 a	7,42 ab	7,31 b
50,0 mM	2,49 c	93,6 a	87,2 a	10,4 a	6,78 b	6,74 b

IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz. Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

O aumento da salinidade afetou o desenvolvimento inicial das plântulas de café (Figura 3) e, conseqüentemente, a produção de massa seca tanto do hipocótilo, quanto da parte radicular das plântulas (Figura 2). Quando algum tecido vegetal, principalmente da semente ou da raiz, é submetido a concentrações salinas mais elevadas, ocorre uma redução no crescimento das plântulas (Cavalcante et al., 2019), como pode ser observado no presente estudo.

Temoteo et al. (2015) avaliaram o crescimento de mudas de clones de café conilon submetidas ao estresse salino (0,0, 2,0, 4,0 e 6,0 dS m^{-1}) na irrigação e constataram que o crescimento do cafeeiro foi afetado negativamente por todos os níveis de salinidade, causando a redução da altura e diâmetro caulinar, do número de ramos e da produção de massa seca.

Já Leite et al. (2022) constataram, em sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), o efeito negativo da salinidade sob a germinação e desenvolvimento inicial a partir de 25,0 mM de NaCl, diminuindo a porcentagem de germinação, a massa seca da parte aérea e a massa seca das raízes das plântulas. Souza et al. (no prelo), em estudo de salinidade em sementes de milho-pipoca, detectaram efeito negativo no desenvolvimento das plântulas a partir de 50,0 mM de NaCl.

As concentrações salinas aplicadas na germinação da cultivar Vitória, afetaram o desenvolvimento inicial das plântulas, porém não impediram a germinação e tão pouco foram letais para as sementes em estudo.

Desta forma, com base nas características avaliadas no presente estudo e na classificação de solos fortemente salinos (CE= 4,0 - 8,0 dS m^{-1}) da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2021), a solução salina de 50 mM de NaCl (4,7 dS m^{-1}) foi escolhida como base para estudo da tolerância ao estresse salino em genótipos de café. Tal concentração salina ocasiona efeitos no desenvolvimento das plântulas, mas não impede a germinação, sendo possível, assim, diferenciar os genótipos quanto à tolerância.

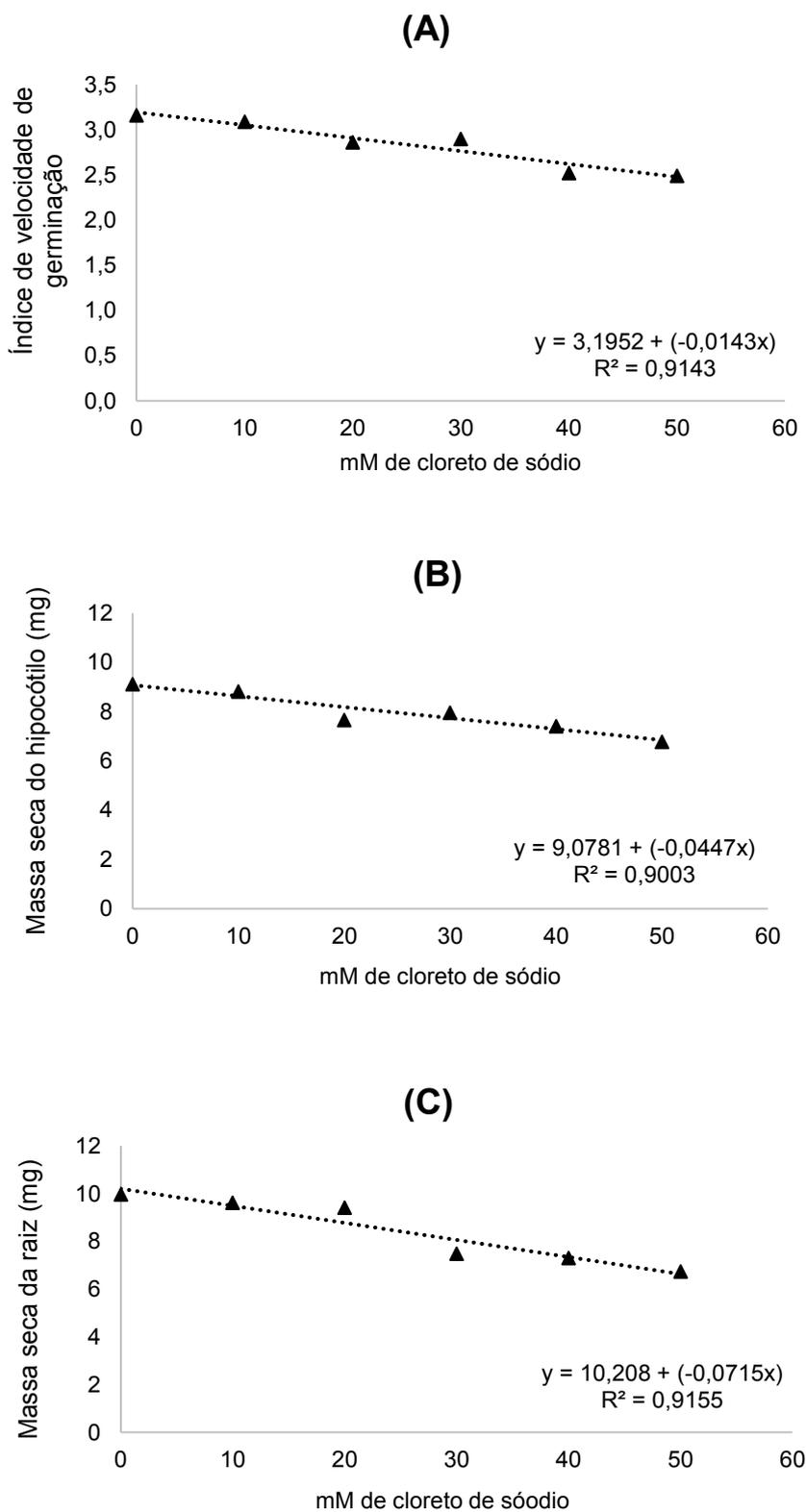


Figura 2: Índice de velocidade de germinação das sementes (A), massa seca do hipocótilo (B), massa seca da raiz (C), de plântulas de café conilon submetidas à diferentes níveis de salinidade.

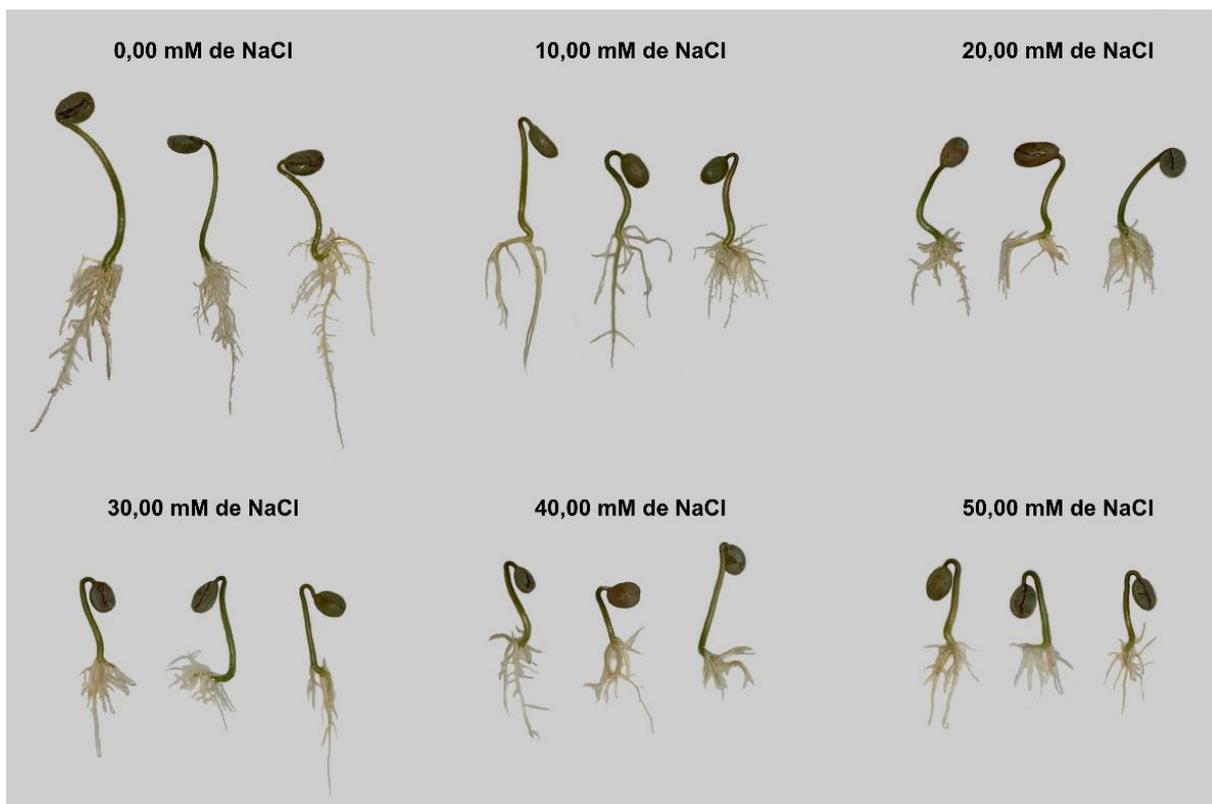


Figura 3: Plântulas normais de café conilon, cultivar Vitória, submetidas à germinação em diferentes níveis de salinidade com cloreto de sódio (NaCl).

5.2. ESTUDO DA TOLERÂNCIA DE GENÓTIPOS DE CAFÉ AO ESTRESSE SALINO

A. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS SEMENTES

A análise de variância identificou diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre os genótipos para todas as características estudadas, indicando alta variabilidade genética entre os genótipos para características físicas das sementes. Os coeficientes de variação (CV%) foram baixos para todas as características, entre 1,25% e 2,62%, reforçando uma ótima precisão experimental (Tabela 5).

Tabela 5: Estimativas dos quadrados médios da análise de variância para as seis características físicas de sementes de 26 genótipos de *Coffea* spp.

FV	GL	PMS (g)	AS (cm ²)	C	DMAX (cm)	DMIN (cm)	PES (cm)
Repetição	4	96,61	0,0004	0,0001	0,0003	0,0002	0,003
Genótipos	25	12314,3**	0,04**	0,02**	0,05**	0,01**	0,35**
Resíduo	100	12,46	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,002
CV (%)		1,87	2,62	1,26	1,58	1,25	1,50
Média		188,62	0,47	0,72	0,92	0,64	2,67

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; PMS: peso de mil sementes; AS: área da semente; C: circularidade da semente; DMAX: diâmetro máximo da semente; DMIN: diâmetro mínimo da semente; PES: perímetro da semente. ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

No agrupamento das médias, com relação a variável peso de mil sementes, o genótipo R22 diferenciou dos demais genótipos apresentando a maior média. Por outro lado, Verdim R, NV2 e Amarelo 6 apresentaram os menores valores de PMS, indicando sementes mais leves (Tabela 6).

Para a variável área e perímetro das sementes, o genótipo Beira Rio foi o que apresentou a maior média, seguido pelos genótipos R22 e Bicudo, indicando que estes genótipos apresentam sementes maiores. O genótipo Ouro Negro foi o mais circular e com o maior diâmetro mínimo. Já para variável diâmetro máximo, o genótipo Bicudo apresentou maior valor. Na Figura 6 é possível observar as diferenças morfológicas e físicas entre as sementes dos genótipos em estudo.

As características físicas avaliadas foram utilizadas para estimar a diversidade genética entre os genótipos. Por meio de análise de agrupamento foram formados quatro grupos a partir da similaridade entre os 26 genótipos, com uma correlação cofenética de 0,72, indicando um bom ajuste entre a matriz de dissimilaridade e o gráfico (Figura 4).

O grupo I foi formado por 10 genótipos: Pirata, LB1, Z39, Amarelo 5, A1, LB15, CH1, L80, G20 e Graudão HP. Estes apresentaram resultados medianos para todas as características. O grupo II foi formado por 12 genótipos: Arara, Acauã, Clementino,

AP, Imbigudinho, JC, RDM, NV2, Amarelo 6, Verdim R, Ouro Negro 1 e Emcapa 02, os quais apresentaram semelhanças quanto ao PMS, sendo os genótipos com os menores pesos.

O grupo III, com três genótipos, Beira Rio, Bicudo e R22, foi o grupo com a presença das maiores médias para PMS, área, diâmetro máximo e perímetro, sendo os genótipos de maiores tamanho e peso. Já o grupo IV, formado apenas pelo genótipo Ouro Negro, foi o que apresentou maior circularidade e maior diâmetro mínimo.

No estudo da diversidade genética, a importância relativa das variáveis foi analisada pelo método de Singh (1981). Constatou-se que a característica que mais contribuiu para a divergência foi o peso de mil sementes, com 60,8%, seguida do diâmetro máximo, 13,5%. Já a característica com menor contribuição foi área da semente (0%) (Figura 5).

Rodrigues et al. (2023a) e Cardoso et al. (2009), em estudo com caracteres de sementes em maracujá e mamão, respectivamente, também identificaram peso de mil sementes como a característica que mais contribuiu para a divergência genética entre os genótipos. Por outro lado, Correia et al. (2024), avaliando caracteres físicos e fisiológicos de sementes de café, identificaram a circunferência das sementes como a característica que mais contribuiu para divergência entre 43 genótipos.

Tabela 6: Médias dos 26 genótipos de *Coffea* spp. para as seis variáveis físicas de sementes.

GENÓTIPO	PMS (g)	AS (cm ²)	C	DMAX (cm)	DMIN (cm)	PES (cm)
Pirata	198,5 i	0,46 f	0,74 e	0,89 i	0,64 f	2,61 f
Verdim R	123,9 q	0,38 i	0,71 f	0,83 j	0,57 i	2,38 i
A1	207,4 h	0,52 d	0,66 i	1,01 e	0,66 e	2,83 d
Clementino	166,2 k	0,42 h	0,77 d	0,83 j	0,63 f	2,48 h
Beira Rio	267,5 b	0,64 a	0,67 h	1,10 b	0,72 b	3,12 a
NV2	129,9 p	0,38 i	0,73 e	0,82 j	0,59 h	2,38 i
Bicudo	252,8 d	0,62 b	0,61 l	1,14 a	0,69 c	3,12 a
CH1	192,4 j	0,50 e	0,64 k	1,00 e	0,64 f	2,80 d
Imbigudinho	151,3 m	0,42 h	0,65 j	0,91 h	0,58 i	2,55 g
Graudão HP	238,3 e	0,54 d	0,67 h	1,01 e	0,67 d	2,88 c
AP	149,6 m	0,39 i	0,82 b	0,78 l	0,63 f	2,37 i
L80	218,8 g	0,49 e	0,73 e	0,92 g	0,67 d	2,71 e
Ouro Negro	259,5 c	0,57 c	0,85 a	0,92 g	0,77 a	2,90 c
LB1	207,2 h	0,48 e	0,74 e	0,91 h	0,66 e	2,68 e
Ouro Negro1	141,8 n	0,38 i	0,78 c	0,79 k	0,61 g	2,37 i
JC	141,3 n	0,38 i	0,68 h	0,84 j	0,57 i	2,40 i
Arara	157,6 l	0,53 d	0,74 e	0,95 f	0,69 c	3,00 b
Z39	191,2 j	0,44 g	0,69 g	0,90 h	0,61 g	2,58 f
Emcapa 02	129,3 p	0,35 j	0,79 c	0,76 l	0,59 h	2,28 j
Acauã	141,9 n	0,50 e	0,73 e	0,93 g	0,67 d	2,93 c
Amarelo 5	194,4 j	0,46 f	0,71 f	0,90 h	0,63 f	2,63 f
Amarelo 6	135,4 o	0,35 j	0,72 f	0,79 k	0,57 i	2,31 j
RDM	159,5 l	0,41 h	0,69 g	0,87 i	0,73 b	2,51 h
R22	307,2 a	0,62 b	0,69 g	1,07 c	0,60 h	3,09 a
LB15	215,8 g	0,53 d	0,63 k	1,03 d	0,64 f	2,87 c
G20	225,1 f	0,49 e	0,76 d	0,91 h	0,68 c	2,70 e

PMS: peso de mil sementes; AS: área; C: circularidade; DMAX: diâmetro máximo; DMIN: diâmetro mínimo; PES: perímetro. Scott-Knott, em nível de 5 % de probabilidade

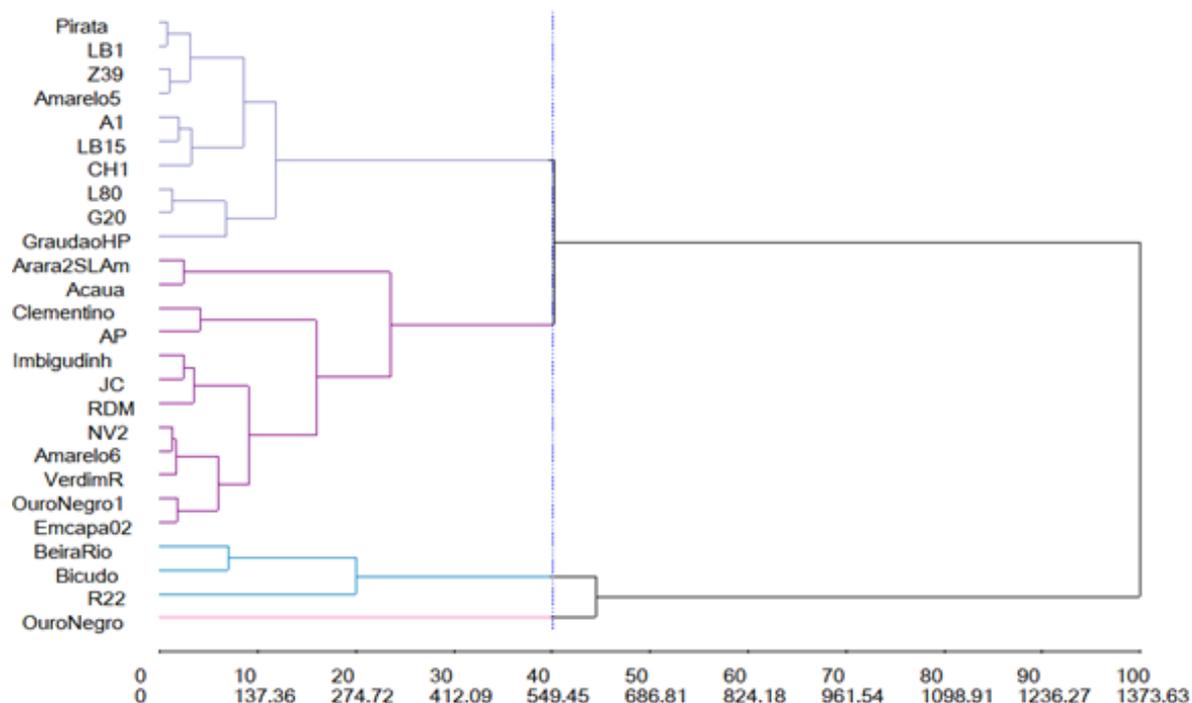


Figura 4: Dendrograma representando a similaridade genética entre 26 genótipos de *Coffea* spp., considerando seis características físicas das sementes.

Coeficiente de correlação cofenética ($r = 0,72$)

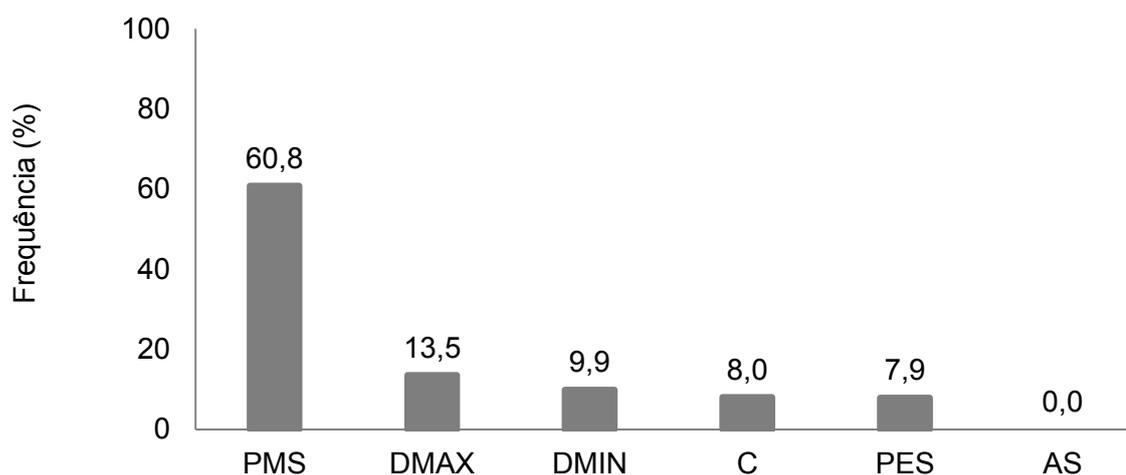


Figura 5: Estimativa da contribuição relativa das características físicas de sementes na divergência genética entre 26 genótipos de *Coffea* spp.

PMS: peso de mil sementes; AS: área; C: circularidade; DMAX: diâmetro máximo; DMIN: diâmetro mínimo; PES: perímetro

Segundo Marcos Filho (2015), a quantidade de reservas armazenadas é um dos fatores que influenciam na qualidade fisiológica das sementes, uma vez que os estágios subsequentes utilizam essa reserva até serem capazes de realizar fotossíntese. O tamanho da semente pode ser um fator decisivo, pois sementes maiores ou mais densas possuem maiores quantidades de reservas, resultando em mudas com maior vigor (Henning et al., 2010).

A variabilidade genética entre genótipos dentro de programas de melhoramento é de suma importância na seleção de genótipos superiores, podendo auxiliar no desenvolvimento de cultivares com características físicas desejáveis (Borém e Miranda, 2013).

Neste contexto, o mais comum é o uso de dados agronômicos e moleculares para análise de divergência genética entre genótipos em programas de melhoramento (Sousa et al., 2022). No entanto, recentemente alguns estudos estão fazendo uso de caracteres de sementes na análise de divergência genética. Correia et al. (2024) discutem a respeito da necessidade de considerar a avaliação dos caracteres das sementes em um programa de melhoramento de *C. canephora*, uma vez que análises baseadas em marcadores genéticos não agrupam necessariamente os genótipos mais semelhantes em termos de vigor das sementes.

O sistema *GroundEye*[®] é considerado uma ferramenta eficiente e promissora para estimar a diversidade genética a partir de características de sementes de maneira precoce, rápida, não destrutiva e fácil de reproduzir (Venora et al., 2007).

A utilização do sistema para análise de imagens mostrou-se eficiente na diferenciação dos genótipos de café com base em variáveis geométricas de sementes. Entretanto, os aspectos relacionados à qualidade fisiológica das sementes avaliadas não devem ser negligenciados, pois são critérios importantes para a seleção de genótipos superiores (Silva et al., 2021).

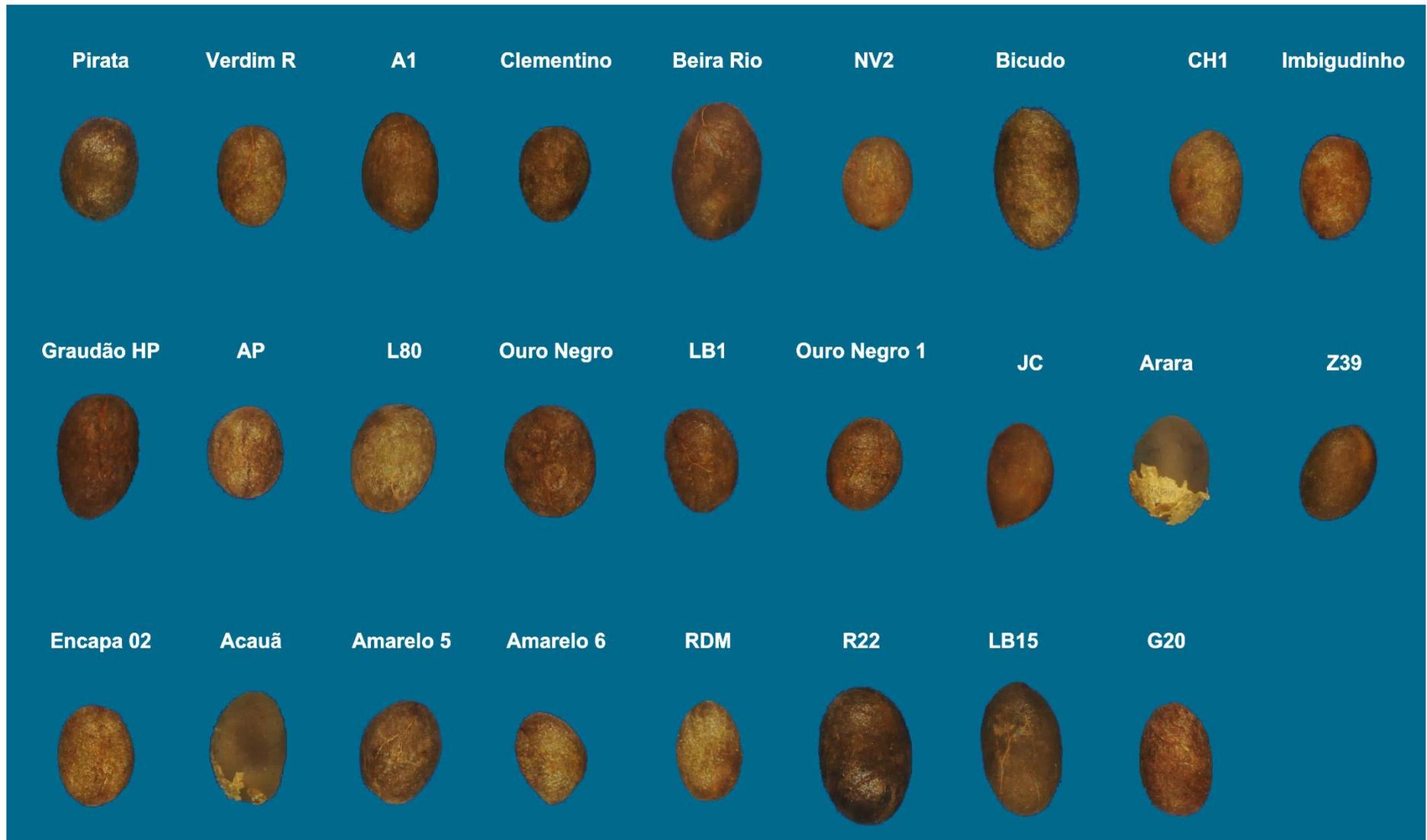


Figura 6: Sementes de 26 genótipos de *Coffea* spp., caracterizadas via fenotipagem digital.

B. ANÁLISE CONJUNTA DO DESEMPENHO GERMINATIVO DOS GENÓTIPOS EM AMBIENTES SEM E COM ESTRESSE SALINO

A análise conjunta dos dois ambientes detectou efeito significativo ($p < 0,05$) para genótipos, ambientes e de interação genótipos x ambientes, para todas os caracteres avaliados, exceto para o efeito de ambiente para a largura de raiz (Tabela 7). Os valores de CV da análise conjunta foram considerados de baixo a médios, variando de 9,8 a 19,77%, exceto para a variável plântulas anormais que apresentou CV de 49,61%.

As maiores perdas percentuais entre características físicas e fisiológicas das plântulas, na comparação entre os ambientes, foram para CH e MSH (53,1% e 48,3%, respectivamente) e menores para LR e CR (7,3% e 17,4%, respectivamente). As características PA e RRH apresentaram aumento de 62,3% e 48,7%, nesta ordem, no ambiente com estresse salino (Figura 7). O incremento na concentração de sal no meio faz com que haja um aumento na porcentagem de plântulas anormais, em virtude da ação tóxica dos sais sobre as sementes (Campos e Assunção, 1990; Lima et al., 2005), como observado no presente estudo.

Em ambiente salino, o crescimento da parte aérea é mais afetado do que o crescimento das raízes (Teermaat e Munns, 1986). Em conformidade, Taiz e Zeiger (2017) descrevem que a razão raiz:parte aérea parece ser governada por um equilíbrio entre a absorção de água pela raiz e a fotossíntese pela parte aérea. Desta forma, quando as raízes diminuem a absorção de água devido a algum estresse abiótico, como a salinidade, a expansão da parte aérea é reduzida. Essa redução na parte aérea minimiza o consumo de carbono e energia, assim uma maior proporção de assimilados podem ser alocados para o crescimento do sistema radicular, aumentando a razão raiz:parte aérea.

Tabela 7: Estimativas dos quadrados médios da análise de variância conjunta para 14 características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas em dois ambientes (com estresse salino e sem estresse salino) de 26 genótipos de *Coffea spp.*

FV	GL	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR	AP
			%			mg plântula ⁻¹		cm ²
Genótipos (G)	25	0,84**	1876,35**	2402,71**	1357,24**	27,61**	25,73**	0,811**
Ambientes (A)	1	15,50**	21804,46**	20525,23**	17050,50**	1142,44**	1212,15**	22,62**
G x A	25	0,0927*	392,59**	1193,46**	819,73**	9,12**	12,32**	0,49**
CV (%)		13,61	13,77	17,56	49,61	19,77	14,51	9,8
Média		1,69	67,86	66,54	17,87	6,56	7,78	1,68
Amplitude		0,61-2,65	0,0-100,0	0,0-100,0	0,0-96,0	0,0-14,75	0,0-15,27	0,0-3,16
		PEP (cm)	LH (cm)	LR (cm)	RRH (cm)	CR (cm)	CH (cm)	CT (cm)
Genótipos	25	182,01**	0,058**	0,002**	2,06**	2,33**	3,09**	8,68**
Ambientes	1	9871,01**	0,090**	0,003 ns	19,97**	19,54*	89,18**	192,22**
G x A	25	122,38**	0,034**	0,002**	1,11**	1,59**	0,52**	3,31**
CV (%)		19,52	13,76	17,18	18,86	17,54	14,73	13,27
Média		22,56	0,31	9,78	1,45	2,37	1,92	4,29
Amplitude		0,0-55,87	0,0-0,65	0,0-0,21	0,0-3,54	0,0-5,28	0,0-4,38	0,0-9,21

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz, AP: área da plântula; PEP: perímetro da plântula; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total. ns, * e ** - não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F

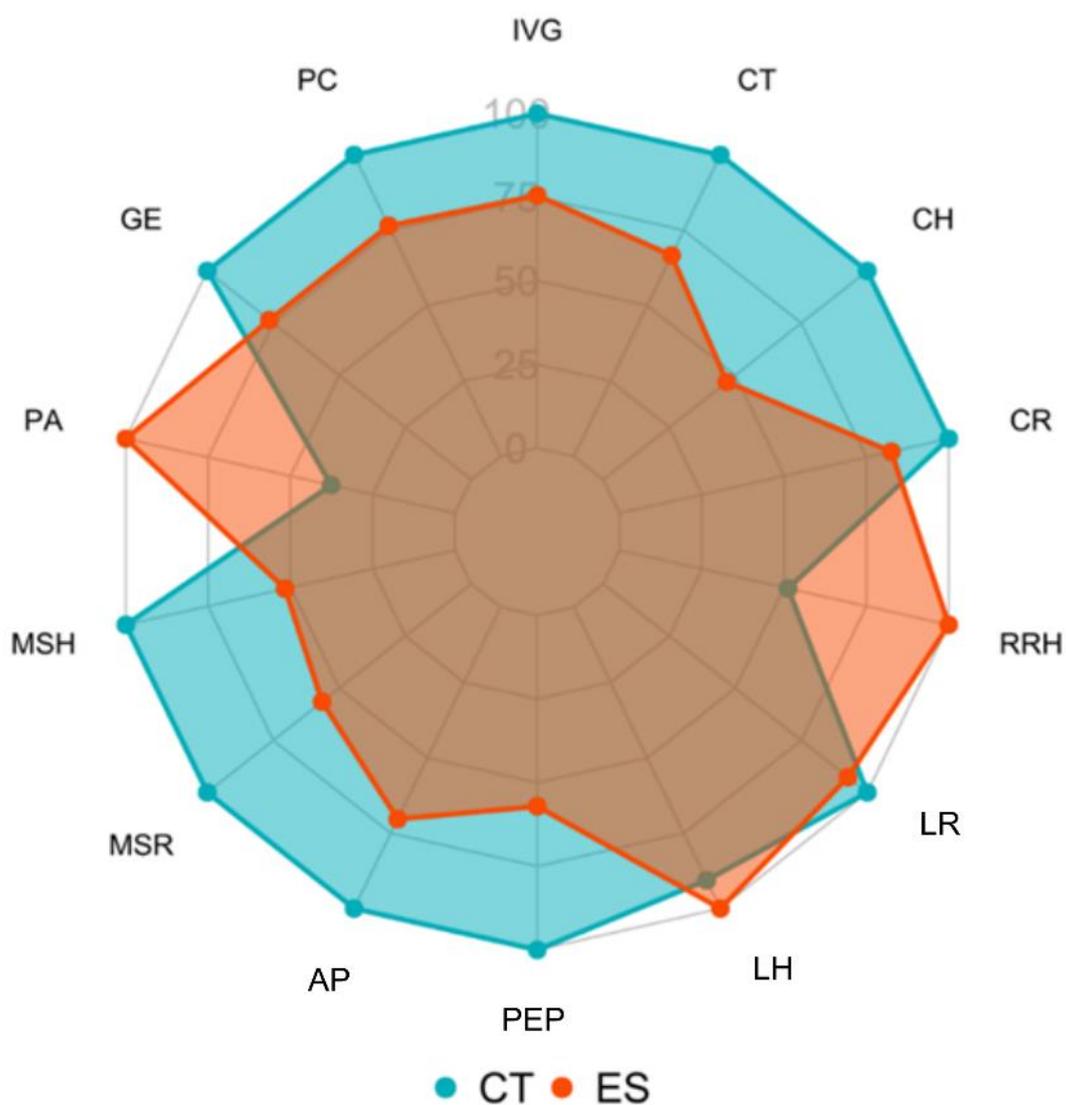


Figura 7: Perda percentual das características índice de velocidade de germinação (IVG), primeira contagem (PC), germinação (GE), plântulas anormais (PA), massa seca do hipocótilo (MSH), massa seca da raiz (MSR), área da plântula (AP), perímetro da plântula (PEP), largura do hipocótilo (LH), largura da raiz (LR), razão raiz:hipocótilo (RRH), comprimento radicular (CR), comprimento do hipocótilo (CH), e comprimento total (CT) dos genótipos de café sob condição de estresse salino (ES) em relação à condição controle (CT).

As estimativas dos parâmetros genéticos demonstraram que o componente quadrático genotípico ($\hat{\Phi}_g$) foi superior à variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) para a maioria das características estudadas, sendo inferior apenas para perímetro da plântula, largura da raiz. O componente quadrático da interação genótipos x ambientes ($\hat{\Phi}_{ga}$) foi superior ao componente quadrático genotípico para os caracteres PA, AP, PEP, LR, RRH, CR E CT (Tabela 8).

Tabela 8: Estimativas do componente quadrático genotípico ($\hat{\Phi}_g$), variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), componente quadrático da interação genótipos x ambientes ($\hat{\Phi}_{ga}$), para 14 características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas, em 26 genótipos de *Coffea* spp.

Variável	$\hat{\Phi}_g$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\Phi}_{ga}$
IVG	0,08	0,05	0,008
PC	178,9	87,35	61,05
GE	223,61	136,58	211,37
PA	127,86	78,62	148,22
MSH	2,59	1,68	1,48
MSR	2,45	1,27	2,21
AP	0,08	0,03	0,09
PEP	16,25	19,41	20,59
LH	0,0057	0,0018	0,0066
LR	0,00025	0,0003	0,00045
RRH	0,198	0,075	0,209
CR	0,216	0,173	0,284
CH	0,302	0,080	0,088
CT	0,836	0,325	0,598

IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz, AP: área da plântula; PEP: perímetro da plântula; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total

A interação genótipos x ambientes foi significativa para a maior parte das características (Tabela 7), evidenciando comportamento variado dos genótipos nos diferentes ambientes. Em função de tal significância, o desdobramento da interação foi realizado para verificar a resposta de cada genótipo por ambiente (Tabelas 9A e 9B).

A decomposição do quadrado médio da interação entre genótipos e ambientes identificou que a proporção da interação simples foi superior a interação complexa para as variáveis: primeira contagem, IVG, largura do hipocótilo e plântulas anormais. Para as demais variáveis a interação do tipo complexa foi superior a interação simples, chegando a valores de 88,26% da interação total (Figura 8). A interação do tipo complexa dificulta o melhoramento genético, visto que alguns genótipos apresentam bom desempenho em um ambiente e em outro não, tornando mais difícil o processo de seleção de genótipos superiores (Lynch e Walsh, 1998; Cruz *et al*, 2014).

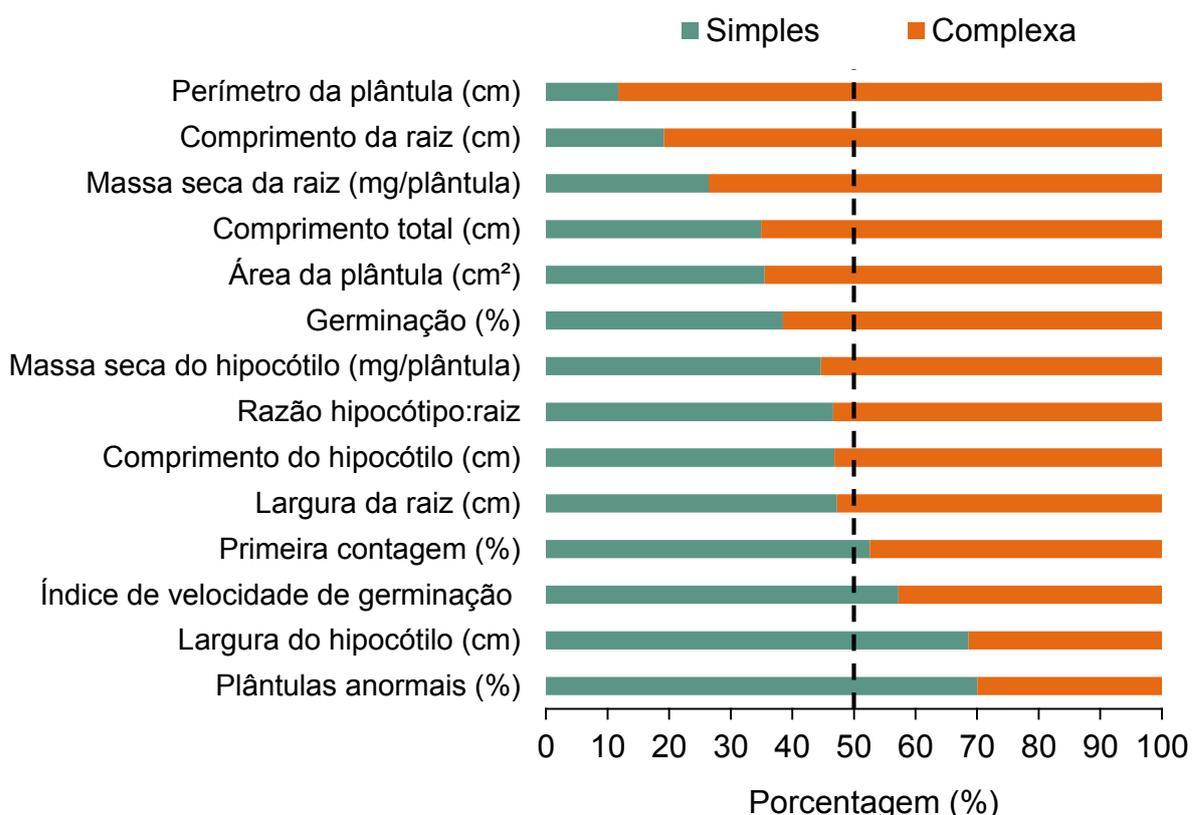


Figura 8: Estimativas do percentual de interação simples e complexa entre dois ambientes (com e sem estresse salino) para 14 caracteres de sementes e plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp.

Tabela 9A: Médias dos 26 genótipos de café para sete características fisiológicas e físicas de sementes e plântulas provenientes de sementes germinadas em ambiente controle (C) e ambiente de estresse salino (ES).

G	VARIÁVEIS													
	IVG (%)		PC (%)		GE (%)		PA (%)		MSH (mg)		MSR (mg)		AP (cm ²)	
	C	ES	C	ES	C	C	ES	ES	C	ES	C	ES	C	ES
1	1,98 bA	1,72bA	84,8 aA	79,2aA	87,2 aA	78,4aA	5,6 aA	18,4bB	9,26 cA	5,35 cB	10,34bA	7,70 bB	1,91 cA	1,52 dB
2	1,99 bA	1,62bB	82,4 bA	69,6bB	75,2 aA	66,4bA	17,6bA	22,4bA	7,90 dA	5,16 cB	7,30 dA	5,83 cB	1,68 dA	1,39 dB
3	2,24 aA	1,69bB	90,4 aA	69,6bB	88,8 aA	68,8bB	6,4aA	24,8bB	9,08 cA	4,33 cB	10,62bA	6,61 cB	2,04 cA	1,48 dB
4	2,02 bA	1,61bB	81,6 bA	54,4cB	88,0 aA	65,6bB	11,2aA	30,4bB	7,54 dA	3,54dB	7,76 dA	5,04 dB	1,74 dA	1,25 eB
5	2,22 aA	1,56bB	92,0 aA	60,0cB	92,8 aA	67,2bB	1,6aA	28,0bB	7,76 dA	3,60dB	10,84bA	5,23 dB	2,11 bA	1,41 dB
6	2,39 aA	1,97aB	95,2 aA	86,4aA	92,8 aA	85,6aA	3,2aA	7,2 aA	11,20 bA	9,68aA	9,00 cA	7,18 bB	1,93 cA	1,63 cB
7	1,86 cA	1,50bB	77,6 bA	60,8 B	80,8 aA	75,2aA	4,8aA	11,2aA	10,36 bA	4,96cB	12,40aA	6,88 bB	2,56 aA	1,77 bB
8	1,80 cA	1,34cB	73,6 bA	44,8dB	66,4 bA	51,2cB	20,0bA	32,8bB	8,98 cA	3,60dB	8,52 dA	4,94 dB	1,83 dA	1,76 bA
9	1,32 dA	1,28cA	55,2 dA	49,6dA	44,8 cA	52,0cA	17,6bA	25,6bA	6,92 dA	3,39dB	8,64 dA	5,80 cB	1,72 dA	1,37 dB
10	1,49 dA	1,09dB	66,4 cA	33,6eB	66,4 bA	56,8cA	4,8 aA	13,6 A	7,40 dA	4,81 cB	8,56 dA	5,07 dB	1,84 dA	1,46 dB
11	2,08 bA	1,90aA	80,0 bA	77,6aA	68,8 bA	76,0aA	11,2aA	9,6 aA	8,76 cA	6,50bB	9,52 cA	7,54 bB	1,81 dA	1,59 cB
12	1,77 cA	1,51bA	75,2 bA	67,2bA	77,6 aA	76,8aA	4,0aA	9,6 aA	9,38 cA	5,10 cB	10,96bA	6,95 bB	2,19 bA	1,62 cB
13	1,73 cA	1,29cB	80,8 bA	45,6dB	80,8 aA	52,0cB	5,6aA	27,2bB	7,56 dA	3,94dB	11,30bA	6,21 cB	1,93 cA	1,60 cB
14	2,42 aA	2,03aB	89,6 aA	85,6aA	87,2 aA	87,2aA	1,6aA	4,0aA	10,64 bA	9,75aA	11,76aA	9,36 aB	2,21 bA	2,02 aA
15	1,88 cA	1,34cB	76,8 bA	51,2dC	67,2 bA	56,0cA	18,4bA	23,2bA	8,98 cA	5,06 cB	9,66 cA	5,99 cB	1,81 dA	1,32 eB
16	1,59 dA	1,28cB	61,6 cA	50,4dA	60,8 bA	32,0dB	8,8aA	29,6bB	7,78 dA	2,84dB	8,18 dA	2,99 eB	1,83 dA	1,16 eB

Tabela 9A, Cont.

17	2,07 bA	1,60bB	81,6bA	0,0 gB	82,4 aA	0,0eB	11,2aA	91,2eB	8,80 cA	0,00 fB	10,80bA	0,00 fB	1,86 dA	0,00 fB
18	2,07 bA	1,66bB	90,4aA	64,8bB	88,0 aA	82,4aA	7,2aA	13,6aA	8,56 dA	4,68 cB	10,72bA	6,14 cB	2,16 bA	1,43 dB
19	1,40 dA	1,40cA	55,2dA	58,4cA	44,8 cA	57,6cA	16,8bA	15,2aA	6,50 dA	4,36 cB	7,18 dA	4,94 dB	1,73 dA	1,27 eB
20	1,61 dA	1,02dB	65,87cA	0,0 gB	66,74bA	0,0 eB	19,6bA	72,0dB	10,35 cA	0,00 fB	9,46 cA	0,00 fB	2,04 cA	0,00 fB
21	2,24 aA	1,65bB	75,2 bA	77,6 A	75,2 aA	77,6aA	1,6 aA	1,6 aA	12,72 aA	7,40bB	13,08aA	8,35 aB	2,64 aA	1,84 bB
22	1,75 cA	1,17cB	61,6cA	45,6dB	57,6bA	49,6cA	9,6aA	20,8bB	9,10 cA	5,58 cB	8,34 dA	5,69 cB	1,93 cA	1,41 dB
23	2,13 bA	1,56bB	80,8bA	58,4cB	84,8 aA	57,6cB	8,0 aA	28,0bB	8,42 dA	4,13dB	10,88bA	5,53 cB	2,19 bA	1,45 dB
24	1,33 dA	0,80dB	51,2 dA	16,8 fB	67,2 bA	19,2dB	16,8bA	46,4cB	6,10 dA	1,55eB	10,16bA	2,93 eB	2,02 cA	1,51 dB
25	2,14 bA	1,27cB	87,2 aA	51,2dB	86,4 aA	45,6cB	8,0 aA	45,6cB	8,40 dA	3,39dB	9,82 cA	4,91 dB	1,86 dA	1,40 dB
26	2,32 aA	1,61bB	90,4 aA	78,4aB	81,6 aA	62,4cB	12,8aA	23,2bA	7,42 dA	3,89dB	12,82aA	8,35 aB	1,90 cA	1,54 dB
ME	1,92	1,39	77,0	55,3	75,4	57,66	9,8	26,0	8,69	4,48	9,95	5,62	1,98	1,39

IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz, AP: área da plântula, ME: média. Médias seguidas pela mesma letra em minúscula nas colunas, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra em maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

Tabela 9B: Médias dos 26 genótipos de café para sete caracteres físicos de plântulas provenientes de sementes germinadas em ambiente controle (C) e ambiente de estresse salino (ES).

G	VARIÁVEIS													
	PEP (cm)		LH (cm)		LR (cm)		RRH (cm)		CR (cm)		CH (cm)		CT (cm)	
	C	ES	C	ES	C	C	ES	ES	C	ES	C	ES	C	ES
1	25,64cA	17,78bB	0,28bA	0,30dA	0,10aA	0,09bA	1,27 cB	2,04 cA	2,71 cA	2,54 aA	2,28 dA	1,39 cB	4,99 dA	3,93 bB
2	24,70cA	17,15bB	0,26bA	0,27eA	0,09aA	0,09bA	0,95 dB	1,42 dA	2,26 dA	2,25 bA	2,48 dA	1,71 bB	4,74 dA	3,97 bB
3	28,49cA	15,21cB	0,32aB	0,42cA	0,10aA	0,11aA	1,18 cB	1,79 cA	2,69 cA	1,97 bB	2,45 dA	1,19 cB	5,14 dA	3,18 cB
4	26,30cA	13,63bB	0,27bB	0,35dA	0,10aA	0,10bA	1,17 cB	2,13 cA	2,48 cA	1,99 bA	2,29 dA	0,99 dB	4,77 dA	2,97 cB
5	26,36cA	13,14bB	0,34aB	0,58aA	0,10aB	0,13aA	1,23 cB	1,89 cA	2,48 cA	1,64 bB	2,14 dA	0,97 dB	4,62 dA	2,61 cB
6	30,86bA	23,39aB	0,23bA	0,24eA	0,09aA	0,08bA	0,78 dB	1,61 dA	2,69 cA	3,11 aA	3,52 bA	2,12 aB	6,22 bA	5,23 aB
7	36,28bA	20,08aB	0,32aB	0,40cA	0,11aA	0,10bA	1,14 cB	2,30 cA	2,96 bA	2,73 aA	2,79 cA	1,35 cB	5,76 cA	4,08 bB
8	24,30cA	22,68aA	0,35aA	0,38cA	0,12aA	0,12aA	0,76 dA	0,93 eA	1,90 dA	1,91 bA	2,72 cA	2,45 aA	4,62 dA	4,36 bA
9	27,25cA	18,78bB	0,31aB	0,39cA	0,10aA	0,11aA	1,07 dB	1,94 cA	2,16 dA	2,11 bA	2,27 dA	1,17 cB	4,43 eA	3,28 cB
10	24,76cA	14,83bB	0,37aB	0,51bA	0,11aA	0,12aA	1,01 dB	1,47 dA	2,08 dA	1,74 bA	2,08 dA	1,24 cB	4,16 eA	2,98 cB
11	27,33cA	22,68aB	0,24bA	0,25eA	0,10aA	0,09bA	0,88 dB	1,54 dA	2,39 cA	2,65 aA	2,83 cA	1,87 bB	5,22 dA	4,53 bA
12	31,97bA	21,08aB	0,30aA	0,30dA	0,11aA	0,09bA	1,09 dB	2,02 cA	2,89 bA	2,88 aA	2,84 cA	1,71 cB	5,72 cA	4,34 bB
13	24,68cA	14,94bB	0,33aB	0,41cA	0,11aA	0,12aA	1,48 bB	2,42 bA	2,28 dA	1,93 bA	1,62 eA	1,02 dB	3,91 eA	2,96 cB
14	31,81bA	23,56aB	0,27bA	0,29dA	0,10aA	0,09bA	0,91 dB	1,31 dA	2,66 cA	2,88 aA	3,07 cA	2,47 aB	5,73 cA	5,35 aA
15	28,95cA	16,99bB	0,24bA	0,26eA	0,09aA	0,08bA	1,19 cB	2,30 cA	2,87 bA	2,74 aA	2,61 cA	1,29 cB	5,49 cA	4,03 bB
16	28,47cA	14,43bB	0,27bA	0,32dA	0,09aA	0,08bA	1,04 dB	1,98 cA	2,66 cA	2,29 bA	2,68 cA	1,30 cB	5,34 cA	3,59 cB

Tabela 9B, Cont.

17	26,32cA	0,00 cB	0,33aA	0,00fB	0,11aA	0,00cB	1,65 bA	0,0 fB	2,70 cA	0,00 cB	1,68 eA	0,00 eB	4,38 eA	0,00 dB
18	31,34bA	14,84bB	0,29bB	0,42cA	0,09aB	0,11aA	1,37 bA	1,67 dA	3,04 bA	1,88 bB	2,31 dA	1,22 cB	5,35 cA	3,10 cB
19	25,02cA	16,06bB	0,25bA	0,26eA	0,09aA	0,10aA	0,88 dB	1,44 dA	2,08 dA	1,92 bA	2,75 cA	1,48 cB	4,83 dA	3,41 cB
20	35,53bA	0,00 cB	0,29bA	0,00fB	0,11aA	0,00cB	1,20 cA	0,00 fB	2,87 bA	0,00 cB	2,62 cA	0,00 eB	5,49 cA	0,00 dB
21	44,40aA	24,85aB	0,23bA	0,28eA	0,10aA	0,09bA	1,06 dA	1,29 dA	4,12 aA	2,80 aB	3,99 aA	2,34 aB	8,11 aA	5,14 aB
22	29,07cA	17,80bB	0,27bB	0,33dA	0,10aA	0,10bA	0,82 dA	1,12 eA	2,40 cA	1,86 bB	3,07 cA	1,84 bB	5,48 cA	3,71 cB
23	35,64bA	17,98bB	0,24bB	0,31dA	0,12aA	0,13aA	1,37 bB	1,96 cA	3,68 aA	2,32 bB	2,84 cA	1,37 cB	6,51 bA	3,69 cB
24	27,79cA	14,71bB	0,33aB	0,44cA	0,10aA	0,10bA	2,44 aB	3,16 aA	3,15 bA	2,32 bB	1,35 eA	0,75 dB	4,50 eA	3,07 cB
25	23,60cA	14,24bB	0,32aB	0,49bA	0,11aA	0,11aA	1,15 cB	2,72 bA	2,39 cA	2,22 bA	2,19 dA	0,88 dB	4,58 dA	3,10 cB
26	19,92cA	15,56bA	0,33aB	0,37cA	0,10aA	0,10bA	1,47 bB	2,54 bA	2,22 dA	1,89 bA	1,74 eA	0,84 dB	3,96 eA	2,74 cB
ME	28.72	16.4	0.29	0.33	0.10	0.09	0,95	1.69	2.54	2.10	2.51	1.17	5.16	3.44

PEP: perímetro da plântula; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total; ME: média. Médias seguidas pela mesma letra em minúscula nas colunas, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-knott, a 5 % de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra em maiúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade

No desdobramento da interação, o agrupamento das médias mostrou que para a variável IVG, os genótipos apresentaram queda no desempenho em ambiente com estresse salino, cerca de 27,7% a menos na média. O atraso na velocidade de germinação pode estar relacionado com a redução de absorção de água, em condições de estresse salino, devido ao aumento do potencial osmótico no substrato (Dias e Blanco, 2010). Os genótipos Pirata, AP e L80 se mantiveram constantes e não apresentaram diferenças entre ambientes para IVG (Tabela 9A). O efeito combinado do genótipo e do teor de sal, teve um impacto negativo nos parâmetros de germinação das sementes, bem como nas características das plântulas.

Para as variáveis primeira contagem e germinação, os genótipos LB1, NV2, Pirata e Amarelo 5 não foram afetados, estatisticamente, pelo estresse salino e apresentando valores para primeira contagem de 85,6%, 86,4%, 79,2% e 77,6%, e para germinação de 87,2%, 85,6%, 78,4% e 77,6%, respectivamente (Tabela 9A). Uma boa germinação em ambiente salino, é um importante indicador de tolerância, uma vez que o principal distúrbio fisiológico induzido pelo sal é a diminuição da embebição das sementes (Debez et al. 2004), devido ao baixo potencial osmótico do meio, resultando em uma germinação inadequada sob estresse (Hussain e Kumar, 2022).

As variáveis de crescimento das plântulas, comprimento radicular, do hipocótilo e total tiveram uma redução média de 17,4%, 53,1% e 33,3%, respectivamente, em ambiente salino. Esses resultados corroboram os dados observados por Temoteo et al. (2015) que detectaram a diminuição no desenvolvimento do cafeeiro conilon cultivado em solo salino, com perdas de 57,1% na altura das plantas. Souto et al. (2013) e Souza et al. (2014) observaram que em mudas de noni (*Morinda citrifolia* L.), espécie pertencente à mesma família do cafeeiro, ocorreu redução nas variáveis de crescimento com o aumento da salinidade da água de irrigação.

Os genótipos de café arábica, Arara e Acauã foram os mais sensíveis ao estresse salino. Entretanto, o genótipo de café conilon LB1 não foi afetado pelo estresse salino para nove das 14 variáveis estudadas, demonstrando tolerância a salinidade na fase inicial de desenvolvimento de plântulas.

A variabilidade presente entre e dentro dos grupos de genótipos, observada nos resultados da análise de variância conjunta, permite pressupor a obtenção de ganhos genéticos com a seleção em ambos os ambientes estudados. Porém, a

interação significativa para genótipos x ambientes (G x E) pode dificultar a seleção simultânea de genótipos superiores nos ambientes avaliados (Squilassi, 2003), uma vez que os genótipos apresentam respostas diferenciadas quando submetidos aos ambientes distintos, que, neste caso, expressa comportamentos diferenciados de tolerância ao estresse salino.

Visando identificar genótipos mais tolerantes à salinidade, o índice de tolerância ao estresse salino (ITE) foi calculado utilizando as médias das características avaliadas, desconsiderando aquelas que apresentaram aumento percentual no ambiente salino, PA, RRH e LH. As respostas de tolerância são expressas de 0,0 a 1,0, sendo que quanto mais próximo de 1,0, maior é a tolerância do genótipo ao estresse salino, e quanto mais próximo de 0,0, menor é a tolerância (Figura 9).

Os genótipos LB1, AP e NV2 apresentaram os maiores índices de tolerância ao estresse salino, com valores de ITE de 0,91, 0,91 e 0,88, respectivamente. Desta forma, a variação entre as respostas desses genótipos, nos dois ambientes, foi considerada baixa.

Vale ressaltar que o genótipo Emcapa 02, se aproximou dos genótipos tolerantes, com valor de ITE de 0,87, entretanto, este não apresentou médias de desenvolvimento satisfatórias, e o valor de ITE deve-se à estabilidade de desempenho nos dois ambientes de estudo, ainda assim, o genótipo apresentou valores inferiores às médias gerais nos dois ambientes. Por outro lado, os genótipos Acauã, Arara e R22 foram os mais sensíveis à salinidade no desenvolvimento inicial, apresentando valores de ITE de 0,11, 0,15 e 0,52, respectivamente.

Além do índice de tolerância, para as características germinação, massa seca do hipocótilo e da raiz, e comprimento total de plântulas, foi construído um gráfico de quadrantes para identificar genótipos mais eficientes para cada característica. Para isso, os genótipos foram representados por meio da relação entre a característica avaliada sob a condição de controle e estresse salino, com base na média dos ambientes e na média do genótipo em cada ambiente.

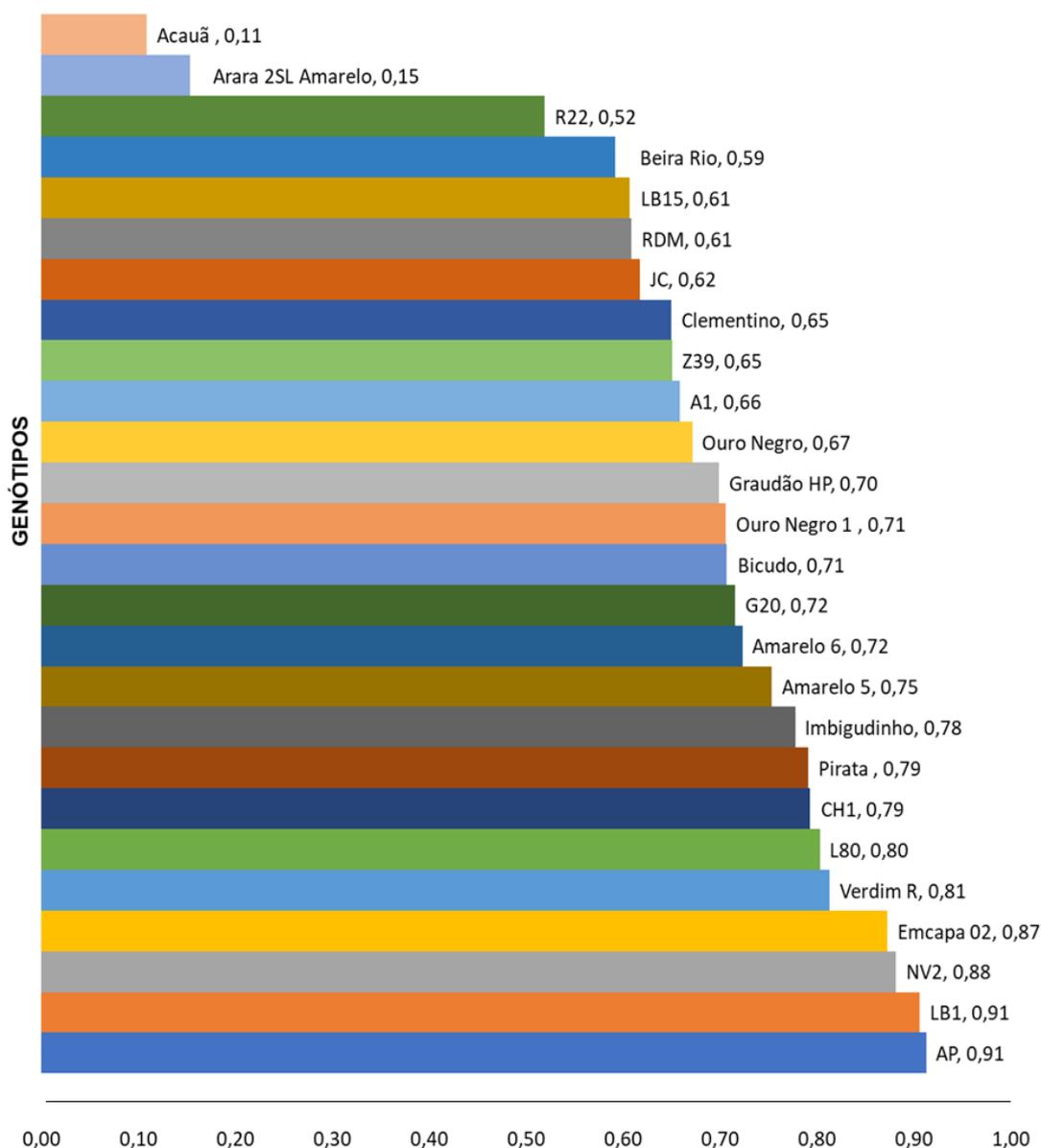


Figura 9: Índice de tolerância dos genótipos de *Coffea* spp. ao estresse salino na fase inicial do desenvolvimento.

O desempenho dos genótipos em cada ambiente (controle – CT e estresse salino – ES) foi plotado para a formação de quatro quadrantes, sendo: I – genótipos com média superior à média geral em CT e ES; II – média superior à média geral somente em ES; III – média do genótipo superior à média geral somente em CT; e IV – genótipos com média inferior à média geral em CT e ES.

No gráfico para a variável germinação (Figura 10), os genótipos NV2, LB1, Z39, Pirata, L80, Bicudo, A1, Beira Rio, Clementino e G20, se mostraram eficientes e apresentaram porcentagem de germinação acima da média geral nos dois ambientes

em estudo. Os genótipos Amarelo 5, AP e Verdim R apresentaram médias superiores de germinação apenas no ambiente salino. A germinação das sementes em substrato salino é um dos métodos mais amplamente utilizados para determinar a tolerância das plantas ao excesso de sais. A redução do poder germinativo, em comparação ao substrato não salino, é um indicador do grau de tolerância da espécie à salinidade (Oliveira et al., 2017).

Para massa seca do hipocótilo (Figura 11), os genótipos considerados mais eficientes foram: NV2, LB1, Amarelo 5, AP, Amarelo 6, Pirata, L80, Bicudo e Ouro Negro 1. Já para a massa seca radicular, os genótipos mais eficientes foram: LB1, Amarelo 5, G20, Pirata, L80, Bicudo, A1, Z39 e Ouro Negro (Figura 12).

Na eficiência para a variável comprimento total, os genótipos Amarelo 5, NV2, LB1, AP, L80, Bicudo, Amarelo 6, Ouro Negro 1, RDM e JC foram considerados os mais eficientes, enquanto os genótipos Arara, R22, Graudão HP, LB15, Clementino, Beira Rio, G20, Emcapa 02, Ouro Negro, A1 e Imbigudinho foram considerados os menos eficientes, ficando abaixo da média geral, tanto no ambiente controle quanto no ambiente com estresse salino (Figura 13).

Ao analisar os gráficos dos quadrantes é possível observar que os dados corroboram os resultados de ITE (Figura 9). A maior parte dos genótipos que foram mais eficientes, ou seja, com médias do genótipo acima da média geral, tanto no controle quanto em ambiente com estresse salino, também apresentaram os maiores índices de tolerância ao estresse.

Diante disso, a partir do que foi discutido, das estimativas do efeito significativo da interação, das proporções simples e complexa da interação, do índice de tolerância e da eficiência em ambiente salino, os genótipos LB1, NV2, AP e L80 se destacaram. Tais genótipos apresentaram desenvolvimento superior e maior eficiência nos dois ambientes estudados, demonstrando maior tolerância ao estresse salino na germinação e desenvolvimento inicial das plântulas.

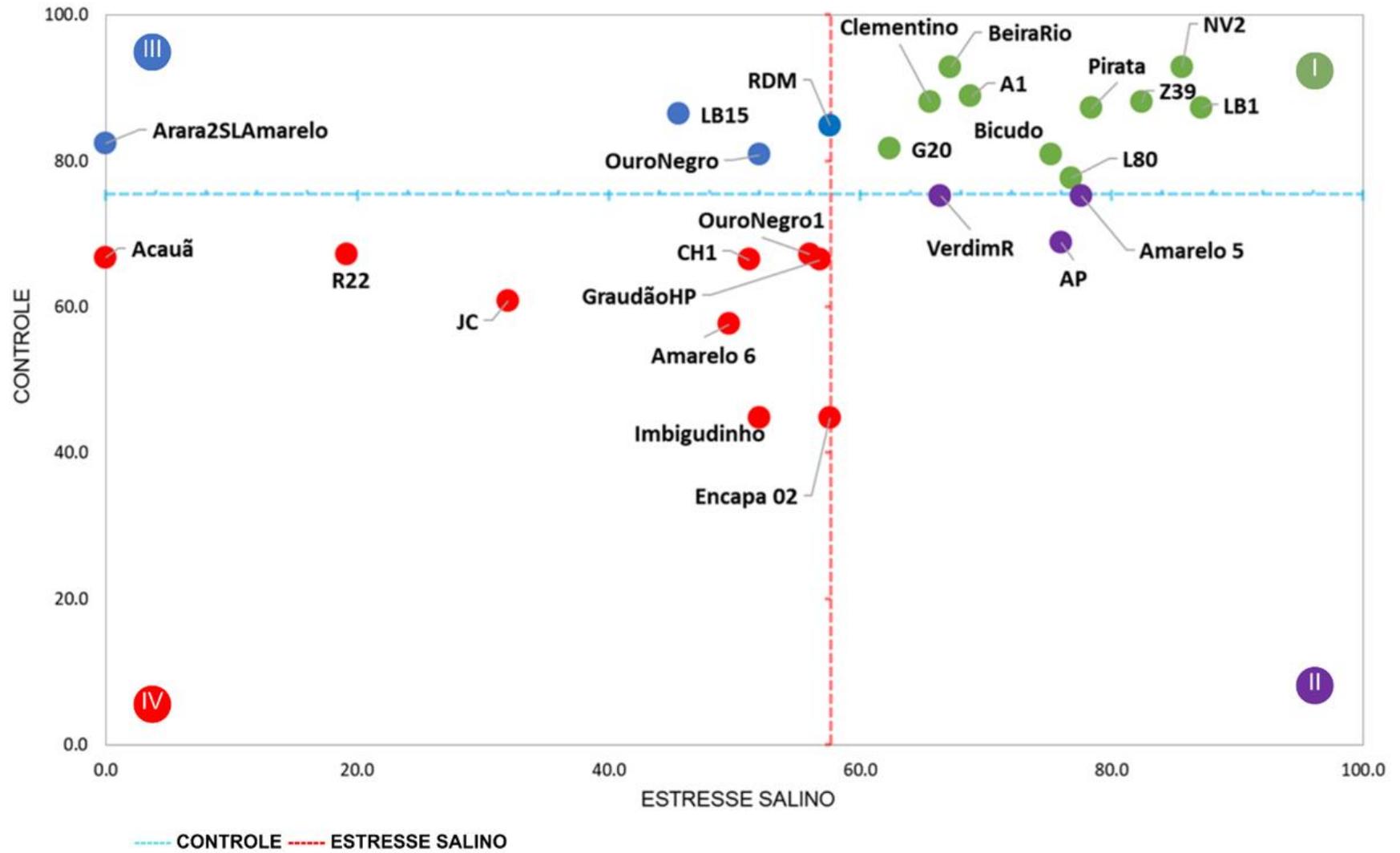


Figura 10: Eficiência de 26 genótipos de café para germinação (%) em ambiente controle e ambiente de estresse salino.

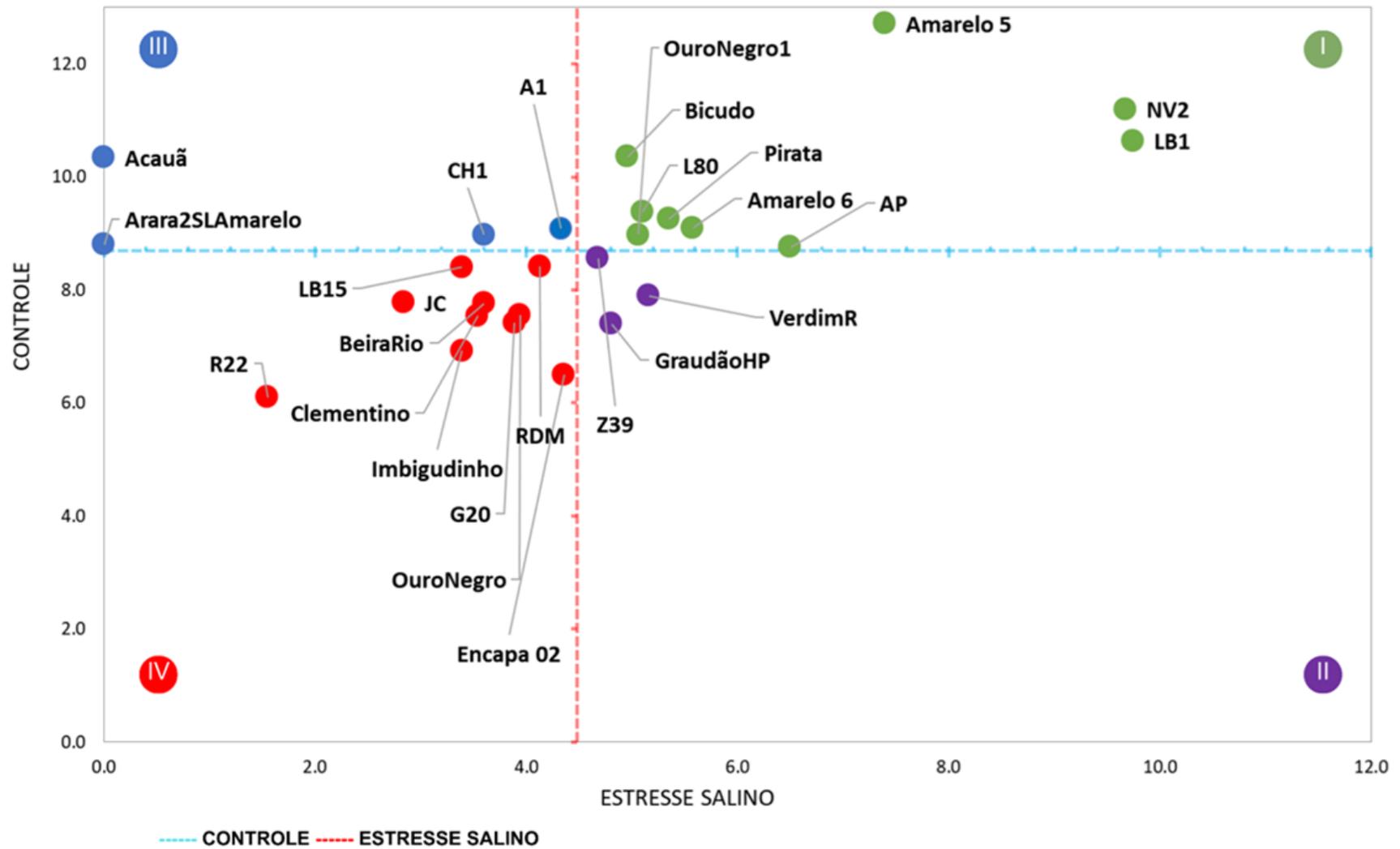


Figura 11: Eficiência de 26 genótipos de café para massa seca do hipocótilo (mg plântula⁻¹) em ambiente controle e ambiente de estresse salino.

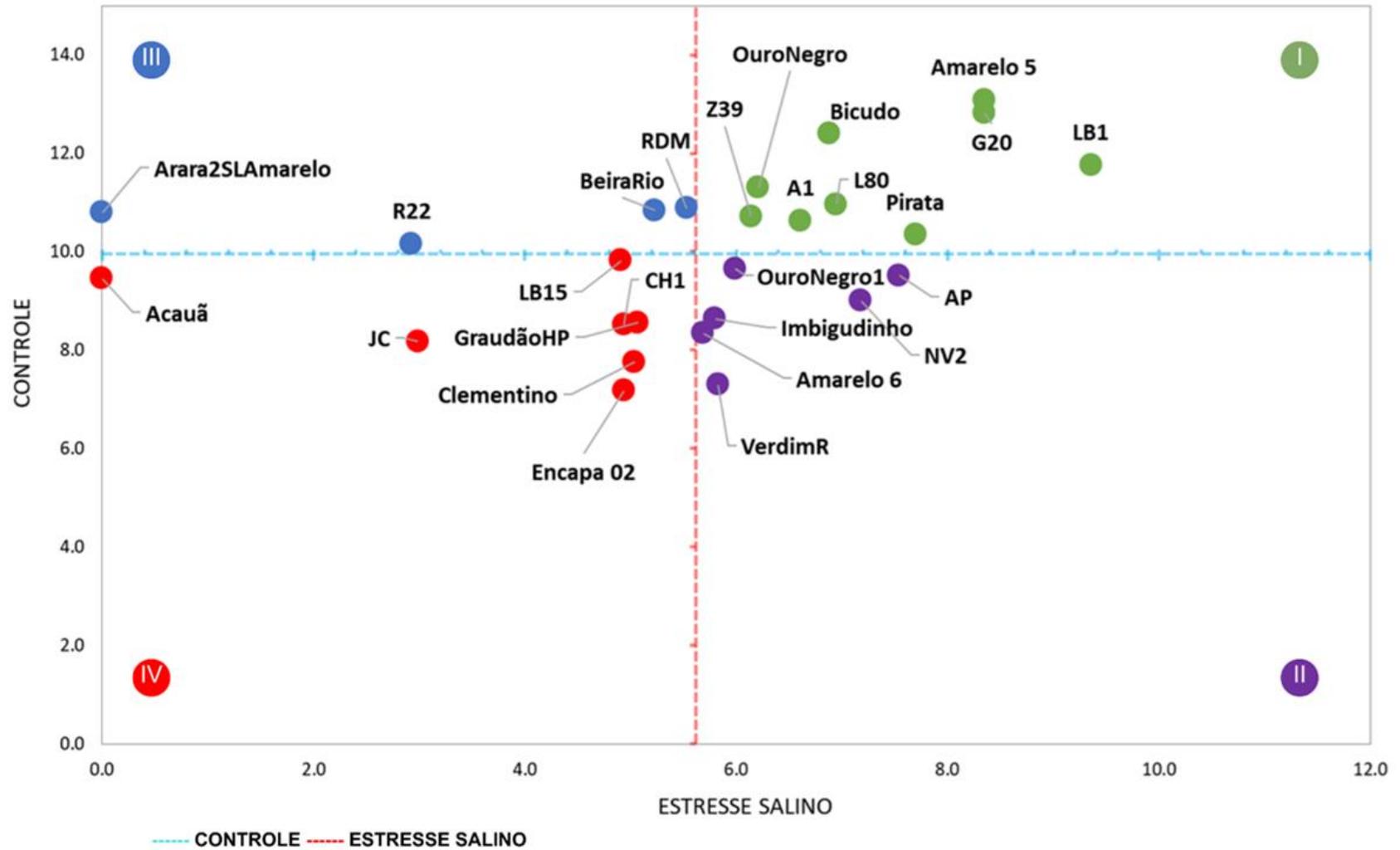
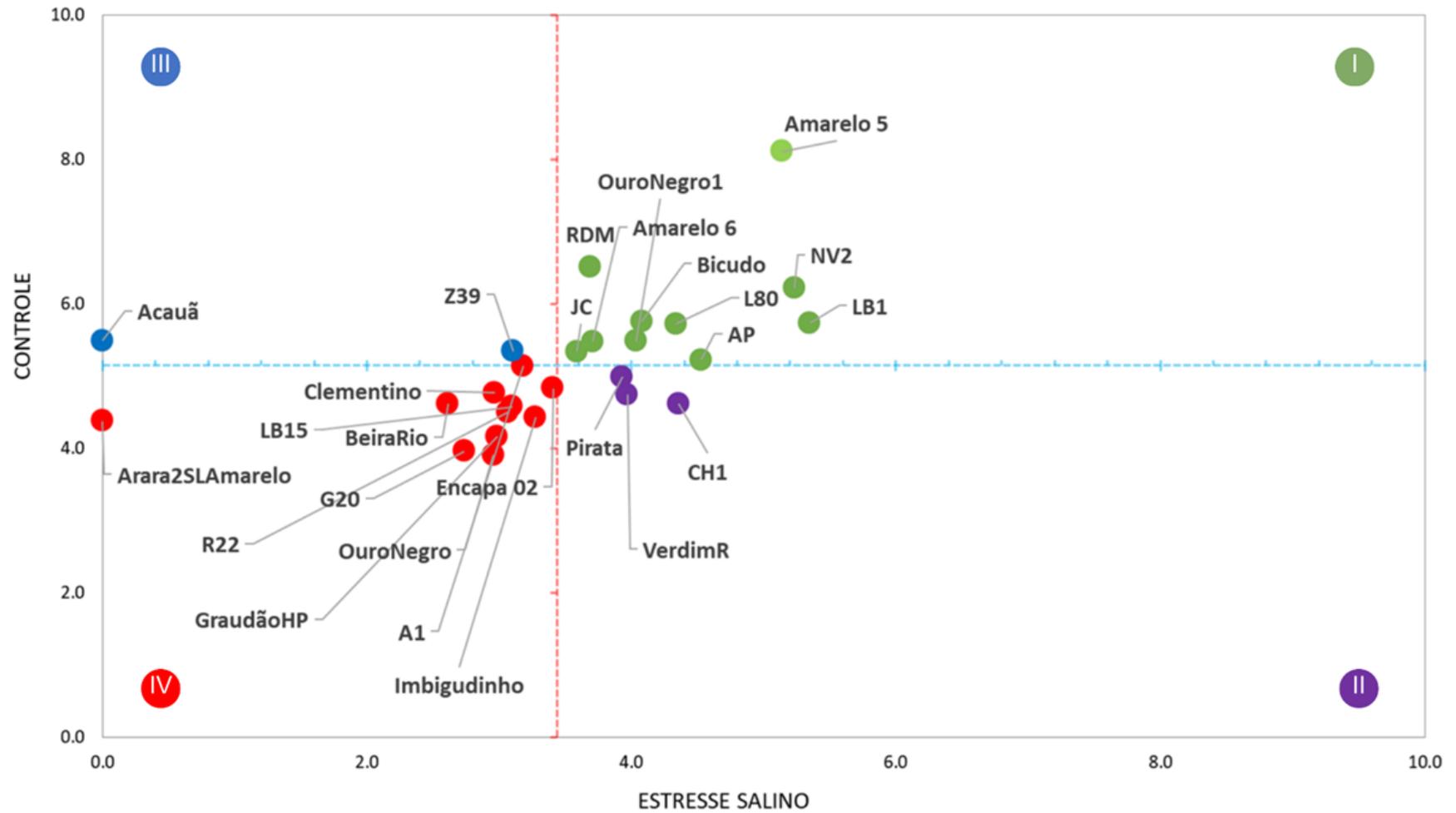


Figura 12: Eficiência de 26 genótipos de café para massa seca radicular (mg plântula⁻¹) em ambiente controle e ambiente de estresse salino.



--- CONTROLE --- ESTRESSE SALINO

Figura 13: Eficiência de 26 genótipos de café para comprimento total de plântula (cm) em ambiente controle e ambiente de estresse salino.

C. DESEMPENHO GERMINATIVO DOS GENÓTIPOS EM AMBIENTE SEM ESTRESSE SALINO

O estudo do potencial germinativo dos genótipos de *Coffea* spp. identificou diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para todas as características avaliadas, demonstrando existência de variabilidade genética entre os materiais vegetais de estudo para caracteres relacionados à germinação das sementes (Tabela 10). Para todas as variáveis os valores de CV% foram considerados médios pela classificação de Pimentel Gomes (1985), exceto para a variável plântulas anormais.

A estimativa dos parâmetros genéticos detectou variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) superior à variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$) para todas as variáveis avaliadas. Os altos valores de variância genotípica resultaram em altas estimativas de herdabilidade (h^2) para a maioria das variáveis, como: comprimento de hipocótilo, razão raiz:hipocótilo e primeira contagem, que apresentaram herdabilidade de 93,14%, 92,74% e 88,92%, respectivamente, sugerindo uma forte influência genética, exceto para a variável largura da raiz, com herdabilidade de 59,9% (Tabela 11). Rodrigues et al. (2023b) trabalharam com sementes de maracujá, provenientes de famílias de irmãos completos, e encontraram herdabilidade acima de 92,2% para caracteres de sementes. Em genótipos de café conilon, Correia et al. (2024) estimaram valores de herdabilidade acima de 95% para físicos e fisiológicos de sementes.

Altos valores de h^2 , no sentido amplo, indicam que é possível a transferência das características genéticas dos pais para a prole (Rashwan, 2010). De acordo com Meira et al. (2017), o índice de variação (I_v) expressa valores iguais ou superiores a 1,0 indica que os efeitos genéticos se destacam em relação aos efeitos ambientais, tornando admissível a seleção em programas de melhoramento. É possível observar no presente estudo que o índice de variação se aproximou, ou foi superior a 1,0, para quase todas as variáveis, indicando que elas podem ser exploradas para o melhoramento genético, com exceção do perímetro da plântula e largura da raiz (Tabela 11).

No agrupamento das médias dos 26 genótipos houve a formação de quatro grupos para o índice de velocidade de germinação e primeira contagem, demonstrando que os genótipos possuem elevada distinção quanto a estas características. Os genótipos A1, Beira Rio, NV2, LB1 e G20 apresentaram uma maior

velocidade de germinação e maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem (Tabela 12).

Para as variáveis germinação e plântulas anormais foram formados três e dois grupos, respectivamente. Os melhores genótipos para GE (NV2, Beira Rio, A1, Clementino, Z39, Pirata, LB1, LB15, RDM, Arara, G20, Ouro Negro, Bicudo, L80, Verdim R e Amarelo 5) apresentaram médias acima de 75,2%, já os melhores para PA (19 dos 26 genótipos avaliados) apresentaram médias abaixo de 12,8%.

Confrontando-se os dados de germinação com o padrão comercial de sementes fiscalizadas de café, a germinação deve ser \geq a 70% (Instrução Normativa MAPA Nº 35, de 29 de novembro de 2012). Alguns genótipos do presente estudo, apresentaram valores baixos de germinação, e, portanto, não seriam considerados aptos para a comercialização de sementes, como AP, Ouro Negro 1, CH1, R22, Graudão HP, Acauã, JC, Amarelo 6, Imbigudinho e Emcapa 02. Sendo que os dois últimos apresentaram germinação de apenas 44,8%, mesmo em ambiente controle.

Os resultados do presente estudo corroboram Romão et al. (2022), que trabalharam com 12 genótipos de café arábica e os resultados para variável germinação tiveram grande variação, com genótipos apresentando valores acima de 70%, enquanto outros apresentaram valores abaixo de 35% de germinação, evidenciando o vigor intrínseco de cada genótipo.

Para massa seca do hipocótilo foram formados quatro grupos, com destaque para o genótipo Amarelo 5 que apresentou, isoladamente, o maior valor de matéria seca. Já para massa seca radicular, foram formados quatro grupos, cujos genótipos Bicudo, LB1, Amarelo 5 e G20 foram considerados superiores, com médias acima de 11,76 mg plântula⁻¹.

Tabela 10: Estimativas dos quadrados médios da análise de variância individual para 14 características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp. em ambiente sem estresse salino.

FV	GL	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR	AP
			%			mg plântula ⁻¹		cm ²
Genótipos	25	0,51**	774,59**	878,18**	179,78**	10,90**	13,26**	0,28**
Resíduo	100	0,059	8,585	111,95	37,11	1,89	1,75	0,041
CV (%)		12,675	12,02	14,02	62,35	15,9	13	10,24
Média		1,918	77,02	75,43	9,76	8,66	9,94	1,98
Amplitude		0,61-2,65	28,0-100,0	16,0-100,0	0,0-32,0	3,9-14,75	3,26-15,27	1,343-3,165
		PEP	LH	LR	RRH	CR	CH	CT
cm								
Genótipos	25	129,18**	0,0081**	0,0004**	0,584**	1,215**	1,684**	4,004**
Resíduo	100	32,64	0,0009	0,00015	0,042	0,233	0,115	0,458
CV (%)		19,88	10,59	12,07	17,52	18,26	13,53	13,13
Média		28,72	0,292	0,101	1,176	2,64	2,5	5,15
Amplitude		16,43-55,87	0,221-0,451	0,073-0,184	0,534-2,943	1,405-5,283	1,108-4,381	2,775-9,215

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz, AP: área da plântula; PEP: perímetro da plântula; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total. ** - significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

Tabela 11: Estimativas das variâncias fenotípica (σ_f), ambiental (σ_e) e genotípica (σ_g), herdabilidade (h^2) e Índice de variação (Iv) para 14 características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas, de 26 genótipos de *Coffea* spp., em ambiente sem estresse salino.

Variável	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_e^2$	$\hat{\sigma}_g^2$	h^2	Iv
Índice de velocidade de germinação	0,103	0,012	0,092	88,6	1,24
Primeira contagem (%)	154,98	17,17	137,80	88,9	1,27
Germinação (%)	175,75	22,39	153,36	87,3	1,17
Plântulas anormais (%)	36,02	7,42	28,60	79,4	0,88
Massa seca do hipocótilo (mg plântula ⁻¹)	2,18	0,38	1,80	82,6	0,97
Massa seca da raiz (mg plântula ⁻¹)	2,65	0,35	2,30	86,8	1,15
Área da plântula (cm ²)	0,057	0,008	0,049	85,5	1,08
Perímetro da plântula (cm)	25,84	6,53	19,31	74,7	0,77
Largura do hipocótilo (cm)	0,0016	0,0002	0,0014	87,7	1,19
Largura da raiz (cm)	0,00009	0,00004	0,00005	59,9	0,55
Razão entre raiz e hipocótilo	0,117	0,008	0,108	92,7	1,60
Comprimento radicular (cm)	0,242	0,047	0,195	80,7	0,91
Comprimento do hipocótilo (cm)	0,337	0,023	0,314	93,1	1,65
Comprimento total da plântula (cm)	0,801	0,092	0,709	88,6	1,24

Quanto as características de geometria das plântulas, área e perímetro total, foram formados três grupos distintos, com os genótipos Bicudo e Amarelo 5 apresentando as melhores médias. Para largura do hipocótilo e largura da raiz, os genótipos Beira Rio, CH1, Graudão HP, Ouro Negro 1 e Arara apresentaram as maiores médias.

Para a razão entre raiz:hipocótilo o genótipo R22 se sobressaiu sobre os demais, com uma razão de 2,44 cm. Já para as variáveis comprimento radicular, comprimento do hipocótilo e comprimento total de plântula, o genótipo Amarelo 5 teve uma melhor performance, com médias de 4,12 cm, 3,99 cm e 8,11 cm, respectivamente.

Todas as características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas foram utilizadas para estimar a diversidade genética entre os genótipos. Por meio de análise de agrupamento, considerando as 14 variáveis, os genótipos foram reunidos em cinco grupos, de acordo com suas similaridades (Figura 14).

O grupo I reuniu 12 genótipos, A1, LB15, Z39, Pirata, L80, LB1, Graudão HP, Beira Rio, Ouro Negro, G20, Arara e Bicudo, que se assemelham quanto à velocidade de germinação, porcentagem de germinação e de plântulas anormais, sendo considerados os genótipos com as melhores médias.

Já o grupo II foi formado por 11 genótipos, CH1, Acauã, Verdim R, Clementino, JC, Amarelo 6, Emcapa 02, Imbigudinho, AP, Ouro Negro 1 e NV2, que apresentaram resultados medianos para todas as características avaliadas, exceto o genótipo NV2, mais distante dos demais, que apresentou melhores médias para IVG, PC, GE e PA.

O grupo III, formado apenas pelo genótipo RDM, apresentou as maiores médias para comprimento de raiz e largura de raiz. O grupo IV foi formado pelo genótipo Amarelo 5 que se diferenciou dos demais apresentando os melhores resultados para 10 das 14 características avaliadas. Enquanto o grupo V, composto pelo genótipo R22, o mais distante dos demais, apresentou médias inferiores para a maior parte das características, exceto para razão raiz:hipocótilo e largura do hipocótilo.

Tabela 12: Médias para caracteres físicos e fisiológicos de sementes e plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp. em ambiente sem estresse salino.

G	VARIÁVEIS													
	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR	AP	PEP	LH	LR	RRH	CR	CH	CT
		%			mg plântula ⁻¹		cm ²		cm					
1	1,98 b	84,8 a	87,2 a	5,6 a	9,26 c	10,34 b	1,91 c	25,63 c	0,28 c	0,09 b	1,27 c	2,71 c	2,28 d	4,99 c
2	1,99 b	82,4 b	75,2 a	17,6 b	7,90 d	7,30 d	1,678 c	24,70 c	0,26 d	0,09 b	0,95 d	2,26 c	2,48 d	4,74 c
3	2,25 a	90,4 a	88,8 a	6,4 a	9,08 c	10,62 b	2,04 c	28,48 c	0,32 b	0,10 b	1,18 c	2,69 c	2,45 d	5,14 c
4	2,02 b	81,6 b	88,0 a	11,2 a	7,54 d	7,76 d	1,74 c	26,30 c	0,27 c	0,10 b	1,17 c	2,47 c	2,29 d	4,77 c
5	2,23 a	92,0 a	92,8 a	1,6 a	7,76 d	10,84 b	2,11 b	26,36 c	0,34 a	0,10 a	1,23 c	2,47 c	2,14 d	4,62 c
6	2,39 a	95,2 a	92,8 a	3,2 a	11,2 b	9,00 c	1,93 c	30,86 b	0,23 d	0,09 b	0,78 d	2,69 c	3,51 b	6,21 b
7	1,85 c	77,6 b	80,8 a	4,8 a	10,36 b	12,40 a	2,56 a	36,28 b	0,32 b	0,10 a	1,14 c	2,96 b	2,79 c	5,75 b
8	1,80 c	73,6 b	66,4 b	20,0 b	8,98 c	8,52 d	1,84 c	24,30 c	0,35 a	0,12 a	0,76 d	1,90 c	2,72 c	4,62 c
9	1,32 d	55,2 d	44,8 c	17,6 b	6,92 d	8,64 d	1,72 c	27,25 c	0,31 b	0,10 b	1,07 d	2,16 c	2,27 d	4,43 c
10	1,49 d	66,4 c	66,4 b	4,8 a	7,40 d	8,56 d	1,84 c	24,75 c	0,37 a	0,11 a	1,01 d	2,08 c	2,08 d	4,16 c
11	2,08 b	80,0 b	68,8 b	11,2 a	8,76 c	9,52 c	1,81 c	27,33 c	0,24 d	0,10 b	0,88 d	2,39 c	2,83 c	5,22 c
12	1,79 c	75,2 b	77,6 a	4,0 a	9,38 c	10,96 b	2,19 b	31,96 b	0,30 b	0,11 a	1,09 d	2,89 b	2,84 c	5,72 b
13	1,73 c	80,8 b	80,8 a	5,6 a	7,56 d	11,30 b	1,93 c	24,68 c	0,33 a	0,11 a	1,48 b	2,28 c	1,62 e	3,91 c
14	2,42 a	89,6 a	87,2 a	1,6 a	10,64 b	11,76 a	2,21 b	31,81 b	0,26 c	0,11 a	0,91 d	2,66 c	3,07 c	5,73 b
15	1,88 c	76,8 b	67,2 b	18,4 b	8,98 c	9,66 c	1,81 c	28,95 c	0,24 d	0,09 b	1,19 c	2,87 b	2,61 c	5,49 b
16	1,59 d	61,6 c	60,8 b	8,8 a	7,78 d	8,18 d	1,83 c	28,47 c	0,27 c	0,09 b	1,04 d	2,66 c	2,68 c	5,34 b

Tabela 12, Cont.

17	2,07 b	81,6 b	82,4 a	11,2 a	8,80 c	10,80 b	1,87 c	26,32 c	0,33 a	0,11 a	1,65 b	2,70 c	1,68 e	4,38 c
18	2,07 b	90,4 a	88,0 a	7,2 a	8,56 d	10,72 b	2,17 b	31,34 b	0,28 c	0,09 b	1,38 b	3,04 b	2,31 d	5,34 b
19	1,40 d	55,2 d	44,8 c	16,8 b	6,50 d	7,18 d	1,73 c	25,02 c	0,24 d	0,09 b	0,88 d	2,08 c	2,75 c	4,83 c
20	1,61 d	65,87c	66,74 b	19,62 b	10,35 c	9,46 c	2,04 c	35,53 b	0,30 b	0,11 a	1,20 c	2,87 b	2,62 c	5,49 b
21	2,24 a	75,2 b	75,2 a	1,6 a	12,72 a	13,08 a	2,64 a	44,40 a	0,23 d	0,10 b	1,06 d	4,12 a	3,99 a	8,11 a
22	1,75 c	61,6 c	57,6 b	9,6 a	9,10 c	8,34 d	1,93 c	29,07 c	0,27 c	0,10 b	0,82 d	2,40 c	3,07 c	5,48 b
23	2,13 b	80,8 b	84,8 a	8,0 a	8,42 d	10,88 b	2,19 b	35,64 b	0,24 d	0,12 a	1,37 b	3,68 a	2,84 c	6,51 b
24	1,33 d	51,2 d	67,2 b	16,8 b	6,10 d	10,16 b	2,02 c	27,79 c	0,33 a	0,10 b	2,44 a	3,15 b	1,35 e	4,50 c
25	2,14 b	87,2 a	86,4 a	8,0 a	8,40 d	9,82 c	1,86 c	23,60 c	0,32 b	0,11 a	1,15 c	2,38 c	2,19 d	4,57 c
26	2,32 a	90,4 a	81,6 a	12,8 a	7,42 d	12,82 a	1,90 c	19,92 c	0,33 a	0,10 b	1,46 b	2,21 c	1,74 e	3,96 c

IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz, AP: área da plântula; PEP: perímetro da plântula; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott, em nível de 5 % de probabilidade

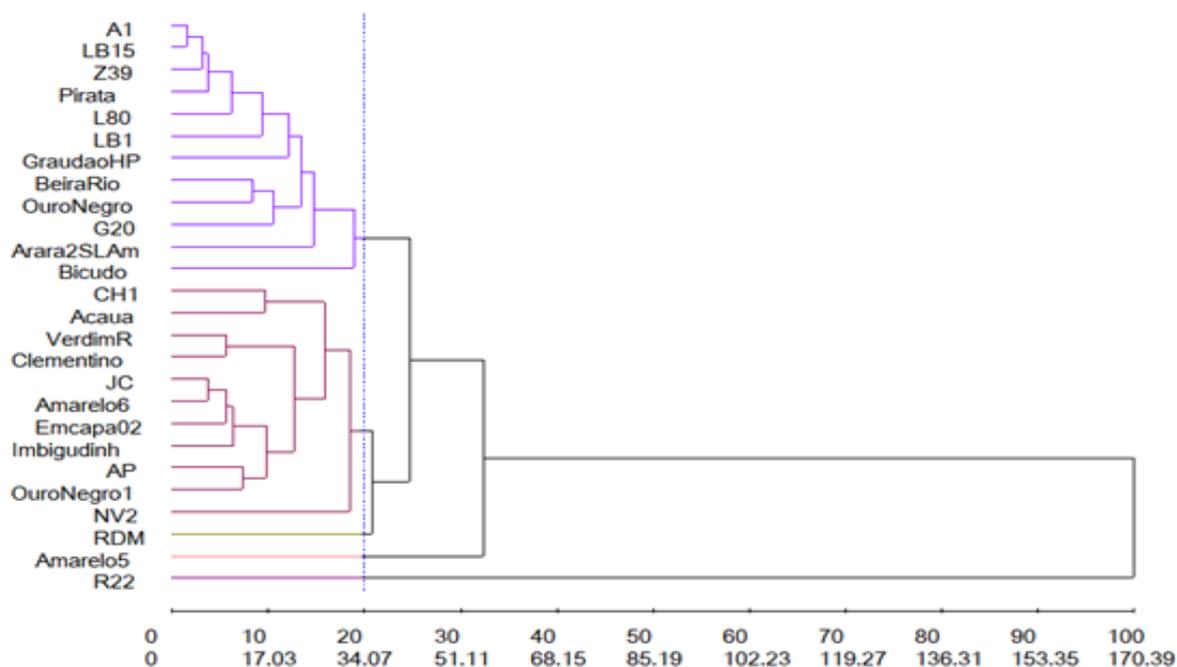


Figura 14: Dendrograma de similaridade genética a partir da distância generalizada de Mahalanobis para 26 genótipos de *Coffea* spp., considerando 14 características físicas e fisiológicas de plântulas em ambiente sem estresse salino.

Coefficiente de correlação cofenética ($r = 0,91$), método de agrupamento UPGMA

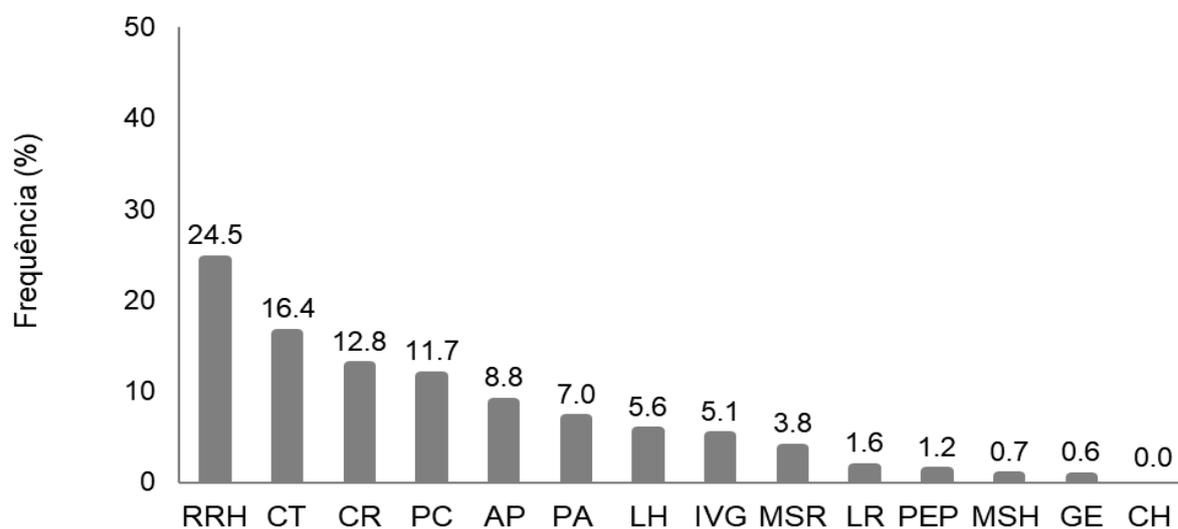


Figura 15: Estimativa da contribuição relativa de características de plântulas na divergência genética de genótipos de *Coffea* spp., em ambiente sem estresse salino. RRH: razão raiz:hipocótilo, CT: comprimento total, CR: comprimento radicular, PC: primeira contagem, AP: área da plântula, PA: plântulas anormais, LH: largura do hipocótilo, IVG: índice de velocidade de germinação, MSR: massa seca radicular, LR: largura da raiz, PEP: perímetro da plântula, MSH: massa seca do hipocótilo, GE: germinação, CH: comprimento do hipocótilo

No estudo da diversidade genética, a partir dos caracteres físicos e fisiológicos de sementes e plântulas, foi observado que a característica que mais contribuiu para a divergência foi a razão raiz:hipocótilo (24,54%), seguida do comprimento total das plântulas (16,4%). Verificou-se que a característica com menor contribuição foi germinação e comprimento do hipocótilo (0,6 e 0%, respectivamente) (Figura 15). O resultado está em concordância com Correia et al. (2024), que estudaram a diversidade genética de genótipos de café conilon, e também encontraram contribuição relativa baixa para a variável germinação (0,61%).

Foram identificadas correlações genotípicas significativas ($p < 0,05$), negativas e positivas de baixa ($r_g < 0,5$) e alta ($r_g > 0,5$) magnitude (Figura 16) entre características físicas e fisiológicas das sementes.

A correlação entre os caracteres físicos das sementes é, em sua maioria, significativa, positiva e de alta magnitude. O caractere área da semente apresentou alta correlação positiva com diâmetro máximo, diâmetro mínimo, perímetro da semente e PMS ($r_g = 0,93, 0,89, 0,98$ e $0,89$, respectivamente). A circularidade da semente apresentou correlação negativa de alta magnitude apenas com diâmetro máximo ($r_g = -0,65$), com os demais caracteres a correlação foi de baixa magnitude.

Os caracteres fisiológicos das sementes e físicos das plântulas apresentaram correlações de alta magnitude entre si. Os maiores valores de correlação genética foram estimados entre as características, IVG x PC, GE, PA, MSH e MSR ($r_g = 0,93, 0,82, -0,61, 0,58$ e $0,50$), PC x GE e PA ($r_g = 0,91$ e $-0,59$), GE x PA e MSR ($r_g = -0,65$ e $0,53$) e entre MSH x CR e CH ($r_g = 0,58$ e $0,78$).

Para a correlação genética entre os caracteres físicos das sementes e os caracteres físicos das plântulas, foram identificadas correlações de magnitudes positivas entre MSR x AS, DMIN, PES e PMS ($r_g = 0,58, 0,62, 0,54$ e $0,60$) e de magnitudes negativas entre CH x AS, DMIN, PES e PMS ($r_g = -0,52, -0,57, -0,51, -0,50$). Correia et al. (2024) também encontraram correlações de magnitudes baixas entre caracteres das sementes e de plântulas.

Uma vez que correlação genotípica é a parte herdável da correlação fenotípica entre duas características, a presença de correlações altas entre os caracteres indica que a seleção direta nos caracteres físicos das sementes, AS, DMIN, PES e PMS, permite, desde que sejam tomados os devidos cuidados, obter ganhos indiretos satisfatórios nas variáveis MSR e CH. A existência de correlação também

pode ser um indicativo de que, no controle genético dos dois caracteres, existem genes pleiotrópicos e/ou ligados (Falconer e Mackay, 1996, apud Maia et al., 2011).



Figura 16: Coeficiente de correlação genética entre os caracteres físicos e fisiológicos das sementes e as respostas físicas de plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp. submetidos à germinação em ambiente sem estresse salino.

*, **: significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F. AS: área da semente; C: circularidade da semente; DMAX: diâmetro máximo da semente; DMIN: diâmetro mínimo da semente; PES: perímetro da semente; PMS: peso de mil sementes; IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo. O tamanho do círculo e a coloração indicam a magnitude e a direção de cada correlação, respectivamente

D. DESEMPENHO GERMINATIVO DOS GENÓTIPOS EM AMBIENTE COM ESTRESSE SALINO

O resultado da análise individual para o ambiente com estresse salino indicou que houve efeito significativo ($p < 0,01$) de genótipo para todas as características avaliadas (Tabela 13). Para a maioria das variáveis, os valores de CV foram considerados de baixo a médios (8,33 – 22,02%) pela classificação de Pimentel Gomes (1985), exceto para as variáveis massa seca do hipocótilo e plântulas anormais com CV de 27,21% e 42,2%, respectivamente.

Para as estimativas dos parâmetros genéticos de todas as variáveis estudadas, a variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) foi superior à variância ambiental ($\hat{\sigma}_e^2$). Foram encontrados altos valores de herdabilidade ($h^2 > 88,55\%$) para todas as características, sugerindo uma forte influência genética sobre as características estudadas. O índice de variação (Iv) oscilou entre os caracteres, apresentando mínimo de 1,47, para largura da raiz, e máximo de 3,87, para área da plântula (Tabela 14).

Os genótipos de *Coffea arabica*, Arara e Acauã foram sensíveis ao estresse salino e não apresentaram plântulas normais ao final do teste de germinação, sendo detectado 0,0% de germinação para ambos. Os resultados demonstram que as sementes geminaram, mas não formaram plântulas com um desenvolvimento normal. Assim, não foi possível a avaliação de características de plântulas nos genótipos Arara e Acauã (Tabela 15). Estes resultados corroboram Figueirêdo et al. (2006) e Karasawa et al. (2003), ao constatarem que o crescimento inicial das plantas de café arábica é afetado negativamente quando a salinidade da água de irrigação atinge 1,2 dS m⁻¹, e que as plantas dessa variedade não conseguem sobreviver em condições de salinidades entre 1,5 e 6,0 dS m⁻¹.

No agrupamento das médias, com relação ao índice de velocidade de germinação e primeira contagem, houve a formação de quatro grupos. Os genótipos NV2, LB1 e AP apresentaram as maiores médias para as duas características, com valores de IVG de 1,90, 2,03 e 1,90, nesta ordem, e germinação na primeira contagem de 86,4%, 85,6% e 77,6%, respectivamente (Tabela 15).

Tabela 13: Estimativas dos quadrados médios da análise de variância individual para 14 características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp. germinadas em ambiente com estresse salino.

FV	GL	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR	AP
			%			mg plântula ⁻¹		cm ²
Genótipos	25	0,42**	2631,14**	2717,42**	1996,85**	25,83**	24,80**	1,02**
Resíduo	100	0,05	81,52	161,22	120,12	1,47	0,79	0,01
CV (%)		14,78	16,33	22,02	42,2	27,21	15,89	8,33
Média		1,48	55,26	57,66	25,97	4,46	5,62	1,392
Amplitude		0,72-2,24	0,0-96,0	0,0-96,0	0,0-96,0	0,0-18,45	0,0-10,71	0,0-2,272
		PEP (cm)	LH (cm)	LR (cm)	RRH (cm)	CR (cm)	CH (cm)	CT (cm)
		cm						
Genótipos	25	175,17**	0,085**	0,0048**	2,599**	2,71**	1,93**	8,00**
Resíduo	100	6,18	0,0026	0,0004	0,1078	0,1129	0,045	0,191
CV (%)		15,16	15,75	21,54	18,97	16,01	15,9	12,73
Média		16,4	0,329	0,0942	1,730	2,098	1,337	3,436
Amplitude		0,0-28,71	0,0-0,649	0,0-0,215	0,0-3,538	0,0-3,492	0,0-2,868	0,0-6,024

FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz; AP: área da plântula; PEP: perímetro da plântula; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total** - significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

Tabela 14: Estimativas das variâncias fenotípica (σ_f), ambiental (σ_a) e genotípica (σ_g), herdabilidade (h^2) e Índice de variação (Iv) para 14 características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas, em 26 genótipos de *Coffea*, em ambiente com estresse salino.

Variável	$\hat{\sigma}_f^2$	$\hat{\sigma}_a^2$	$\hat{\sigma}_g^2$	h^2	Iv
Índice de velocidade de germinação	0,084	0,001	0,074	88,6	1,24
Primeira contagem (%)	526,2	16,30	509,92	96,9	2,50
Germinação (%)	543,4	32,24	511,24	94,1	1,78
Plântulas anormais (%)	399,3	24,02	375,35	94,0	1,77
Massa seca do hipocótilo (mg plântula ⁻¹)	5,17	0,29	4,87	94,3	1,81
Massa seca da raiz (mg plântula ⁻¹)	4,96	0,16	4,80	96,8	2,45
Área da plântula (cm ²)	0,204	0,003	0,201	98,7	3,87
Perímetro da plântula (cm)	35,04	1,24	33,80	96,5	2,34
Largura do hipocótilo (cm)	0,017	0,001	0,016	96,8	2,47
Largura da raiz (cm)	0,001	0,0001	0,0009	91,6	1,47
Razão entre raiz e hipocótilo	0,52	0,02	0,50	95,8	2,15
Comprimento radicular (cm)	0,54	0,02	0,52	95,8	2,15
Comprimento do hipocótilo (cm)	0,39	0,01	0,38	97,7	2,89
Comprimento total da plântula (cm)	1,60	0,04	1,56	97,6	2,86

Para a variável germinação também foram formados quatro grupos de genótipos, sendo 12 considerados superiores com porcentagem de germinação acima de 66,4%. Para plântulas anormais, também houve formação de quatro grupos, destes, nove genótipos foram considerados superiores, com porcentagem de PA abaixo de 15,2%. Os genótipos superiores para germinação e plântulas anormais foram o NV2, LB1, Bicudo, AP, L80, Amarelo 5 e Z39.

Para massa seca do hipocótilo e radicular, e área da plântula, os genótipos foram divididos em seis grupos distintos. Para as três variáveis o genótipo LB1 se destacou positivamente, com valores de 9,75 mg plântula⁻¹ para MSH, 9,36 mg plântula⁻¹ para MSR e 2,02 cm² para área da plântula.

Para perímetro da plântula, sete genótipos apresentaram as maiores médias, NV2, Bicudo, CH1, AP, L80, LB1 e Amarelo 5. Para as demais variáveis físicas, comprimento radicular, do hipocótilo e total de plântulas, os genótipos foram divididos em quatro, seis e cinco grupos distintos, respectivamente. Os genótipos LB1 e Amarelo 5 apresentaram maiores médias de desenvolvimento das plântulas, ficando nos grupos superiores para as variáveis CR, CH e CT em ambiente salino.

Com base no método de agrupamento UPGMA, foi possível a formação de sete grupos (Figura 17). O primeiro grupo foi formado por 12 genótipos, A1, Z39, Pirata, Clementino, Ouro Negro 1, L80, RDM, Imbigudinho, Verdim R, Emcapa 02, Amarelo 6 e JC. Estes apresentaram valores acima da média geral para PC, GE, MSR, PEP, RRH, CR, CH e CT, e valores próximos à média geral para os demais caracteres.

O grupo dois, formado pelos genótipos NV2, AP e Amarelo 5, mostrou desempenho médio superior à média geral para a maior parte dos caracteres, exceto para LH, LR e RRH. Tais genótipos demonstraram bom desempenho de germinação e desenvolvimento inicial em ambiente salino, evidenciando tolerância ao estresse salino na fase inicial das plântulas.

O grupo três foi formado por seis genótipos: Beira Rio, Bicudo, Graudão HP, Ouro Negro, LB15 e R22. A média do grupo foi considerada inferior à média geral para a maior parte das características, exceto para LH, LR e RRH. O grupo demonstrou baixo desempenho em ambiente salino, o que sugere sensibilidade à salinidade na fase inicial de desenvolvimento.

O quarto grupo, formado apenas pelo genótipo G20, apresentou médias acima da média geral dos genótipos para as variáveis IVG, PC, GE, MSR, AS, LR, LH e RRH. No grupo cinco, o genótipo CH1 demonstrou média (32,8%) de plântulas anormais acima da média geral (25,9%), e também apresentou média superior para AS, PEP, LR, LH, CH e CT, porém exibiu média baixa para a porcentagem de germinação.

O sexto grupo, formado pelo genótipo LB1, apresentou as maiores médias para todas as características avaliadas, exceto LH e RRH, demonstrando bom desenvolvimento inicial em ambiente salino, e evidenciando a tolerância a esse

estresse abiótico. Não houve o aumento da largura do hipocótilo e nem aumento da razão raiz:hipocótilo.

Já o sétimo grupo, formado pelos genótipos Arara e Acauã, da espécie *C. arabica*, apresentou as maiores médias para a variável plântulas anormais e o pior desempenho em ambiente salino, evidenciando a sensibilidade destes ao estresse abiótico de salinidade na fase de germinação e de desenvolvimento inicial das plântulas.

A salinidade afeta negativamente o crescimento das plantas, inicialmente devido ao estresse osmótico e, posteriormente, devido à toxicidade do sal, de acordo com o tempo de exposição (Munns, 2008). É importante ressaltar que há diversidade no que diz respeito à capacidade das plantas em se ajustarem ao estresse salino, uma vez que, dentro de uma mesma espécie, pode haver variações entre genótipos e, ainda, para um mesmo genótipo, o nível de tolerância pode variar entre os diferentes estádios de desenvolvimento (Maas e Hoffman, 1977; Dias et al., 2011).

Temoteo et al. (2015) avaliaram os efeitos da salinidade no solo, em relação ao desenvolvimento inicial de mudas com cinco meses de clones de café conilon, e constaram diferenças entre as respostas dos clones. Neste, o clone 120 apresentou maior tolerância e desenvolvimento até 4,0 dS m⁻¹.

Tais diferenças entre os genótipos, em relação ao nível de salinidade aplicado, denotam a importância de estudá-los e, assim, poder classificá-los quanto à sua tolerância ou sensibilidade. A capacidade de adaptação é bastante útil e permite a seleção de genótipos mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente viáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo em níveis baixos (Tester e Davenport, 2003).

Tabela 15: Médias para caracteres físicos e fisiológicos de sementes e plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp. no ambiente com estresse salino.

G	VARIÁVEIS													
	IVG	PC	GE	PA	MSH	MSR	AP	PEP	LH	LR	RRH	CR	CH	CT
		%			mg plântula ⁻¹		cm ²		cm					
1	1,72 b	79,2 a	78,4 a	18,4 b	5,35 c	7,70 b	1,52 d	17,78 b	0,30 d	0,09 b	2,04 c	2,54 a	1,39 d	3,93 b
2	1,62 b	69,6 b	66,4 a	22,4 b	5,16 c	5,83 c	1,39 d	17,15 b	0,27 e	0,09 b	1,42 d	2,25 b	1,71 c	3,97 b
3	1,69 b	69,6 b	68,8 a	24,8 b	4,33 c	6,61 c	1,48 d	15,21 c	0,42 c	0,11 a	1,79 c	1,97 c	1,19 d	3,18 d
4	1,61 b	54,4 c	65,6 a	30,4 b	3,54 d	5,04 d	1,24 e	13,63 c	0,35 d	0,09 b	2,13 c	1,99 c	0,99 e	2,96 d
5	1,56 b	60,0 c	67,2 a	28,0 b	3,60 d	5,23 d	1,41 d	13,14 c	0,57 a	0,13 a	1,89 c	1,64 c	0,97 e	2,61 d
6	1,97 a	86,4 a	85,6 a	7,2 a	9,68 a	7,18 b	1,63 c	23,39 a	0,24 e	0,08 b	1,61 d	3,11 a	2,12 b	5,23 a
7	1,50 b	60,8 c	75,2 a	11,2 a	4,96 c	6,88 b	1,77 b	20,09 a	0,40 c	0,09 b	2,30 c	2,73 a	1,35 d	4,08 b
8	1,34 c	44,8 d	51,2 b	32,8 b	3,60 d	4,94 d	1,76 b	22,67 a	0,38 c	0,12 a	0,93 e	1,91 c	2,45 a	4,36 b
9	1,28 c	49,6 d	52, b	25,6 b	3,39 d	5,80 c	1,37 d	18,78 b	0,39 c	0,11 a	1,94 c	2,10 b	1,17 d	3,27 c
10	1,09 d	33,6 e	56,8 b	13,6 a	4,81 c	5,07 d	1,46 d	14,83 c	0,51 b	0,12 a	1,47 d	1,74 c	1,24 d	2,98 d
11	1,90 a	77,6 a	76,0 a	9,6 a	6,50 b	7,54 b	1,59 c	22,68 a	0,25 e	0,08 b	1,54 d	2,65 a	1,87 c	4,52 b
12	1,51 b	67,2 b	76,8 a	9,6 a	5,10 c	6,95 b	1,62 c	21,08 a	0,30 d	0,09 b	2,02 c	2,88 a	1,71 c	4,34 b
13	1,29 c	45,6 d	52,0 b	27,2 b	3,94 d	6,21 c	1,60 c	14,94 c	0,41 c	0,12 a	2,42 b	1,93 c	1,02 e	2,96 d
14	2,03 a	85,6 a	87,2 a	4,0 a	9,75 a	9,36 a	2,02 a	23,56 a	0,29 d	0,09 b	1,31 d	2,88 a	2,47 a	5,35 a
15	1,34 c	51,2 d	56,0 b	23,2 b	5,06 c	5,99 c	1,32 e	16,99 b	0,26 e	0,08 b	2,30 c	2,74 a	1,29 d	4,03 b
16	1,28 c	50,4 d	32,0 c	29,6 b	2,84 d	2,99 e	1,17 e	14,43 c	0,31 d	0,08 b	1,98 c	2,29 b	1,30 d	3,59 c

Tabela 15, Cont.

17	1,60 b	0,0 g	0,0 d	91,2 e	0,00 f	0,00 f	0,00 f	0,00 d	0,00 f	0,00 c	0,00 f	0,00 d	0,00 f	0,00 e
18	1,66 b	64,8 b	82,4 a	13,6 a	4,68 c	6,14 c	1,43 d	14,84 c	0,42 c	0,11 a	1,67 d	1,88 c	1,22 d	3,10 d
19	1,40 c	58,4 c	57,6 b	15,2 a	4,36 c	4,94 d	1,27 e	16,06 c	0,26 e	0,11 a	1,44 d	1,92 c	1,48 d	3,41 c
20	1,02 d	0,0 g	0,0 d	72,0 d	0,00 f	0,00 f	0,00 f	0,00 d	0,00 f	0,00 c	0,00 f	0,00 d	0,00 f	0,00 e
21	1,65 b	77,6 a	77,6 a	1,6 a	7,40 b	8,35 a	1,84 b	24,86 a	0,28 e	0,09 b	1,29 d	2,80 a	2,34 a	5,14 a
22	1,17 c	45,6 d	49,6 b	20,8 b	5,58 c	5,69 c	1,41 d	17,80 b	0,33 d	0,10 b	1,12 e	1,86 c	1,84 c	3,71 c
23	1,56 b	58,4 c	57,6 b	28,0 b	4,13 d	5,53 c	1,45 d	17,98 b	0,31 d	0,13 a	1,96 c	2,32 b	1,37 d	3,70 c
24	0,80 d	16,8 f	19,2 c	46,4 c	1,55 e	2,93 e	1,51 d	14,71 c	0,44 c	0,10 b	3,16 a	2,32 b	0,75 e	3,07 d
25	1,27 c	51,2 d	45,6 b	45,6 c	3,39 d	4,91 d	1,39 d	14,24 c	0,49 b	0,11 a	2,72 b	2,22 b	0,88 e	3,10 d
26	1,61 b	78,4 a	62,4 b	23,2 b	3,89 d	8,35 a	1,54 d	15,56 c	0,37 c	0,10 b	2,54 b	1,89 c	0,84 e	2,74 d

IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz, A: área; PE: perímetro; LH: largura do hipocótilo; LR: largura da raiz; RRH: razão entre raiz e hipocótilo; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo; CT: comprimento total. Médias seguidas pela mesma letra na cada coluna pertencem a um mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott-Knott, em nível de 5 % de probabilidade

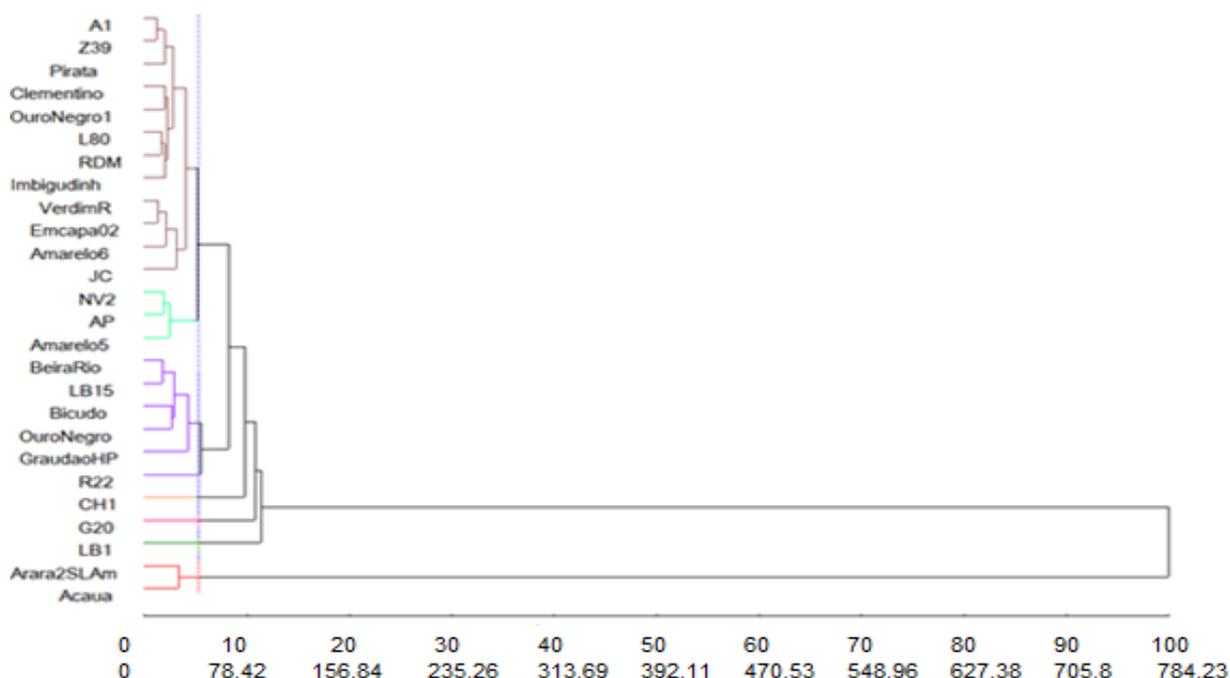


Figura 17: Dendrograma de similaridade genética, a partir da distância generalizada de Mahalanobis, para 26 genótipos de *Coffea* spp., considerando 14 caracteres físicos e fisiológicos de sementes e plântulas em ambiente com estresse salino.

Coefficiente de correlação cofenética ($r = 0,98$), método de agrupamento UPGMA

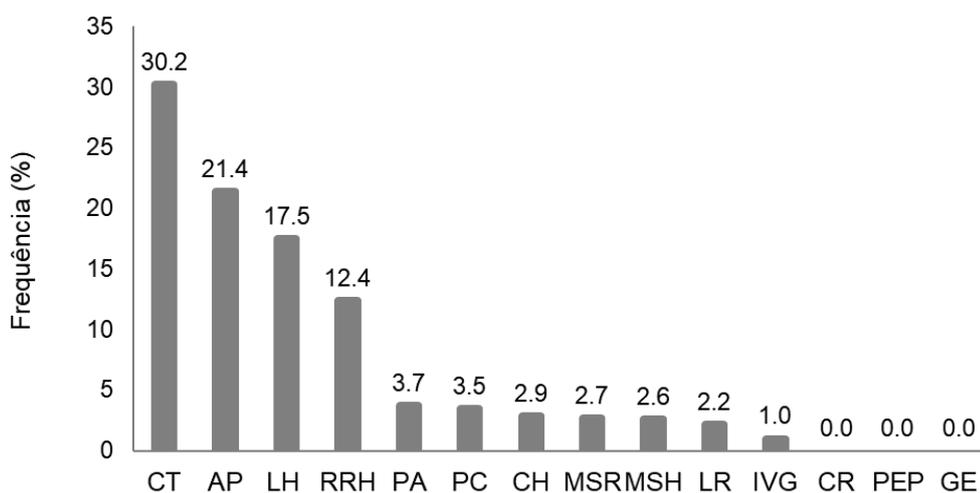


Figura 18: Estimativa da contribuição relativa das características de plântulas na divergência genética de genótipos de *Coffea* spp., em ambiente com estresse salino.

CT: comprimento total, AP: área da plântula, LH: largura do hipocótilo, RRH: razão raiz:hipocótilo, PA: plântulas anormais, PC: primeira contagem, CH: comprimento do hipocótilo, MSR: massa seca radicular, MSH: massa seca do hipocótilo, LR: largura da raiz, IVG: índice de velocidade de germinação, CR: comprimento radicular, PEP: perímetro da plântula, GE: germinação

Para o estudo da diversidade genética, a importância relativa das 14 variáveis foi analisada pelo método de Singh (1981). Constatou-se que a característica que mais contribuiu para a divergência foi o comprimento total das plântulas (30,2%), seguida da área das sementes (21,4%) e largura do hipocótilo (17,5%). Verificou-se que a característica com menor contribuição foi germinação, perímetro das plântulas e comprimento radicular, todas com 0% de contribuição (Figura 18).

Foram identificadas correlações genóticas significativas ($p < 0,05$), negativas e positivas de baixa ($r_g < 0,5$) e alta ($r_g > 0,5$) magnitude (Figura 19). A correlação entre os caracteres físicos das sementes se mantém como descritos em ambiente controle (Tópico 5.2.C).

Todos os caracteres fisiológicos das sementes e físicos das plântulas também apresentam correlações significativas, positivas e de alta magnitude entre si, com exceção de plântulas anormais que apresentaram correlação significativa, negativa e de alta magnitude com os demais caracteres. Quando comparadas, as correlações genéticas no ambiente salino com o ambiente controle, as magnitudes de correlação entre os caracteres das plântulas foram maiores para o ambiente com estresse salino.

Entretanto, diferindo do ambiente controle, não foram identificadas correlações de alta magnitude entre os caracteres físicos das sementes e os caracteres físicos das plântulas no ambiente salino (Figura 19). Desta forma, além da salinidade afetar o desenvolvimento inicial das plântulas, afeta também as correlações genéticas entre os caracteres.

Devido à ausência de correlações altas entre os caracteres, é importante destacar que a seleção direta dos caracteres físicos das sementes não permitiria obter ganhos indiretos nas variáveis físicas de desenvolvimento das plântulas em ambiente salino. Neste caso, o procedimento de seleção indireta por meio dos caracteres físicos das sementes não proporcionaria uma distribuição de ganhos esperados, adequada aos propósitos do presente trabalho, como a maior porcentagem de germinação e desenvolvimento das plântulas em ambiente com estresse salino.



Figura 19: Coeficiente de correlação genética entre os caracteres físicos e fisiológicos de sementes e físicos de plântulas de 26 genótipos de *Coffea* spp. submetidos à germinação em ambiente salino.

** : significativo $p < 0,01$; * : significativo $p < 0,05$; AS: área da semente; C: circularidade da semente; DMAX: diâmetro máximo da semente; DMIN: diâmetro mínimo da semente; PES: perímetro da semente; PMS: peso de mil sementes; IVG: índice de velocidade de germinação; PC: primeira contagem; GE: germinação; PA: plântulas anormais; MSH: massa seca do hipocótilo; MSR: massa seca da raiz; CR: comprimento radicular; CH: comprimento do hipocótilo. O tamanho do círculo e a coloração indicam a magnitude e a direção de cada correlação, respectivamente

6. CONCLUSÕES

Os genótipos de *Coffea* spp. estudados apresentam variabilidade genética, podendo ser utilizados para seleção em programas de melhoramento genético de café.

A germinação das sementes e o crescimento inicial de plântulas de *Coffea* spp. foram afetados negativamente pela concentração de 50,0 mM de NaCl, utilizada para o estudo de tolerância ao estresse salino.

Existe efeito significativo de genótipos, ambientes e de interação genótipos x ambientes sobre as características físicas e fisiológicas de sementes e plântulas de *Coffea* spp. submetidos ao estresse salino na germinação.

No estudo da divergência genética, os genótipos foram agrupados de maneira distinta em cada ambiente, evidenciando os efeitos da interação genótipos x ambientes.

A salinidade interfere nas correlações genéticas entre caracteres físicos de sementes e físicos de plântulas. Assim, em condição de estresse salino, caracteres físicos de sementes de café não são eficientes para a seleção indireta de genótipos tolerantes à salinidade.

Os dois genótipos de *Coffea arabica*, Arara e Acauã, não foram tolerantes à salinidade na germinação e fase de desenvolvimento inicial das plântulas, sendo considerados muito sensíveis ao estresse salino.

Entre os genótipos de *C. canephora*, os genótipos LB1, NV2, AP e L80 se destacaram e apresentaram desenvolvimento superior nos dois ambientes, demonstrando maior tolerância ao estresse salino na germinação e desenvolvimento inicial das plântulas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIC (2023) Associação Brasileira da Indústria de Café. Indicadores da Indústria de Café. Desempenho da produção e consumo interno. Disponível em: <https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2023/>. Acesso em 18 de março de 2024.

Alvares, C. A. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22: 711-728.

Antunes, C.S.N. (1962) Melhoramento do cafeeiro: produtividade de progênies e híbridos de café. *Bragantia*, Campinas-SP, 21(33): 591-615.

Asplund, R. (2024) Robusta Coffee Climbs to a New Record High on Global Crop Concerns. *Barchart*. Disponível em: <https://www.nasdaq.com/articles/robusta-coffee-climbs-to-a-new-record-high-on-global-crop-concerns>. Acesso em: 13 de maio de 2024.

Berthaud, J., Charrier, A. (1945) Genetic resources of *Coffea*. In: Clark, R. J.; Macrae, R. (Ed). *Coffee. Agronomy*. London: Elsevier Applied Science, 1-40.

Berthaud, J. (1980) L'Incompatibilitê chez *Coffea canephora*: Méthode de test et déterminisme génétique. *Café Cacao Thé*. Nogest-sur-Marne, London, 24(1): 167-174.

Borges, C. T., Deuner, C., Rigo, G. A., Oliveira, S., Moraes, D. M. (2014) O estresse salino afeta a qualidade fisiológica de sementes de rúcula? *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer, 10(19): 1049-1057.

Borém, A., Miranda, G. V. (2013) *Melhoramento de plantas*. 6° edição. Viçosa - MG: Ed. UFV, 523p.

Bos, I., Galigari, P. (1997) *Selection methods in plant breeding*. London: Chapman e Hall. 347p.

Brasil (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 395p.

Brasil (2022) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Café no Brasil e Ementário do Café. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>. Acesso em 06 de setembro de 2023.

Cardoso, D. L., Silva, R. F., Pereira, M. G., Viana, A. P. (2009) Genetic diversity and genetic parameters related to physiological seed quality in papaya germplasm. *Revista Ceres*, 56: 572-579.

Carvalho, A., Monaco, L.C. (1965) Natural cross pollination in *Coffea arabica*. In: International Horticultural Congress, Ed. 26, Brussels. Proceedings. Toronto: International Horticultural Society, 4: 447-449.

Carvalho, N.M., Nakagawa, J. (2000) Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Campinas: FUNEP, 588p.

Carvalho, A. C., Carvalho, D. F., Filgueiras, G. C., Araújo, A. C. S., Carvalho, A. V. (2017) Panorama e importância econômica do café no mercado internacional de commodities agrícolas: uma análise espectral. *Agroecossistemas*, ISSN: 2318-0188, 9: 223 – 222.

Cavalcante, J. A., Reolon, F., Moraes, C. L., Ternus, R. M., Silva, R. N. O., Martins, A. B. N., Moraes, D. M. (2019) Potencial fisiológico de sementes de duas cultivares de arroz em resposta ao estresse salino. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1): 184-193.

Conab (2023a) Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de café. Brasília, DF. 10(1): 1-42. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>. Acesso em 10 de fevereiro de 2023.

Conab (2023b) Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de café. Brasília, DF. 10(4): 1-49. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>. Acesso em 11 de março de 2024.

Conagin, C. H. T. M., Mendes, A. J. T. (1961) Pesquisas citológicas e genéticas em três espécies de *Coffea*: autoincompatibilidade em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner. *Bragantia*, 20 (34):787-804.

Correia, L. Z., Vieira, H. D., Souza, R., Viana, A. P., Partelli, F. L., Santos, E. A., Acha, A. J. (2024) Understanding genetic diversity in selected genotypes *Coffea canephora* by seed attributes. *International Journal of Agricultural Biology*.

Costa Neto, G. M. F.; Morais Júnior, O. P.; Heinemann, A. B.; Castro, A. P. De; Duarte, J. B. (2020) A novel GIS-based tool to reveal spatial trends in reaction norm: upland rice case study. *Euphytica*, 216 (37): 1-16.

Cruz, C. D. (2016) Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum Agronomy*, 38: 547-552.

Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S., Regazzi, A. J. (2014) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. v. 2. Viçosa: UFV.

Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S. (2006) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2.ed. Viçosa: UFV, 2: 585p.

Cruz, C. D., Castoldi, F. (1991) Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. *R. Ceres*, Viçosa, MG, 38: 422-430.

Cruz, C. D., Ferreira, F. M., Pessoni, L. A. (2011) Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. Visconde do Rio Branco: Suprema, 620p.

Cruz, C. D., Regazzi, A. J., Carneiro, P. C. S. (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 1: 480p.

Cubry, P., De Bellis, F., Pot, D., Musoli, P., Leroy, T. (2012) Global analysis of *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (Rubiaceae) from the Guineo-Congolese region reveals impacts from climatic refuges and migration effects. *Genetic Resource and Crop Evolution*, 60: 483-501.

D'almeida, D. M. B. A., Andrade, E. M., Meireles, A. C. M., Ness, R. L. (2005) Importância relativa dos íons na salinidade de um Cambissolo na Chapada do Apodi, Ceará. *Engenharia Agrícola*, 25: 615-621.

Davis, A. P., Tosh, J., Ruch, N., Fay, M. F. (2011) Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 167: 357-377.

Debez, A., Ben Hamed, K., Grignon, C., Abdelly, C (2004) Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*. *Plant and Soil*, 262: 179-189. DOI doi.org/10.1023/B:PLSO.0000037034.47247.67

Dias, N.D., Blanco, F.F. (2010) Efeitos dos sais no solo e na planta. In: Gheyi, H.R.; Dias, N.S.; Lacerda, C.F., Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade.

Dias, N. S., Oliveira, A. M. de, Sousa Neto, O. N. de, Blanco, F. F., Rebouças, J. R. L. (2011) Concentração salina e fases de exposição à salinidade do meloeiro cultivado em substrato de fibra de coco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3): 915-921.

Duarte, J. M. S. Q., Ferrão, M. A. G., Volpi, P. S., Fonseca, A. F. A., Verdin Filho, A. C. (2020) Interação genótipos x ambientes e estimativas de adaptabilidade e estabilidade de produção em café conilon, *Multi-Science Research*, ISSN: 2595-7252., 3(2).

Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. (1996) Introduction to quantitative genetics. New York: Longman, 4: 464p.

FAO (2021) Food and Agriculture Organization of The United Nations. The Global map os salt-affected soils (GSASmap). Global Soil Partnership. Disponível em: <https://www.fao.org/global-soil-partnership/gsasmap/en>. Acesso em 04 de dezembro de 2023.

Faria, F. H. S., Lima, L. A., Ribeiro, M. S., Rezende, F. C., Carvalho, J. G. (2009) Effects Of N And K Fertirrigation Fractional And Soil Salinity On Coffee Varieties Growth. Irriga, Botucatu, 14(2): 145-157. DOI doi.org/10.15809/irriga.2009v14n2p145-157

Fernandez, G. C. J. (1992) Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan, 13-16: 257-270.

Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G., Verdin Filho, A. C. (2015) O Café Conilon. In: Fonseca, A. F. A; Sakiyama, N. S.; Borém, A. Café Conilon: do plantio à colheita. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 1: 9-28.

Ferrão, M.A.G., Ferrão, R.G., Fonseca, A.F.A., Verdin Filho, A.C., Volpi, P.S. (2019) Origin, geographical dispersion, taxonomy and genetic diversity of *Coffea canephora*. In: Ferrão, R.G, Fonseca, A.F.A, Ferrão, M.A.G. and DeMuner LH (eds) Conilon coffee. Incaper, Vitória, p. 85-110.

Ferrão, R. G. (2004) Biometria aplicada ao melhoramento genético do café Conilon. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 256p.

Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., Volpi, P. S., Verdin Filho, A. C., Fonseca, A. F. A., Marcone, C., Senra, J. F. B. (2022) Comportamento e a variabilidade genética entre clones de café conilon em ambientes representativos e não irrigados do Espírito Santo. M-SR: Multi-Science Research Vitória, Multivix, 5: 06-21.

Figueirêdo, V.B., Faria, M.A., Silva, E.L. (2006) Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e

Ambiental, Campina Grande, 10:50-57.

Fonseca, A. F. A., Ferrão, M. A. G., Ferrão, R. G., Verdin Filho, A. (2015) O Café Conilon. In: Fonseca, A. F. A; Sakiyama, N. S.; Borém, A., *Café Conilon: do plantio à colheita*. 1. ed. Viçosa, MG: UFV, 9-28.

François, L.E., Donvan, T., Maas, E.V. (1984) Salinity effects on seed yield, Growth, and germination of sorghum. *Agronomy journal*, 76(5): 741-44.

Guerra, A. F., Santos, J. F., Ferreira, L. T., Rocha, O. C. (2021) Cafés do Brasil: pesquisa, sustentabilidade e inovação. In: Telhado, S. F. P. E; Capdeville, G. de (Ed.). *Tecnologias poupa-terra*. Brasília, DF: Embrapa, 63-75.

Guerreiro Filho, O., Mendes, A. N. G., Carvalho, G. R., Silvarolla, M. B.; Botelho, C. E., Fazuoli, L. C. (2008) Origem e classificação botânica do cafeeiro; In: Carvalho, C.H.S, (Ed.). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café.

Hebron, D. (1967) Os problemas de salinização na irrigação. Recife: SUDENE (Divisão de Documentação).

Henning, F. A., Mertz, L. M., Jacob Junior, E. A., Machado, R. D., Fiss, G., Zimmer, P. D. (2010) Chemical composition and reserve mobilization in soybean seeds with high and low vigor. *Bragantia*, 69: 727-734. DOI doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026

Hussain, M., Kumar, A. (2022) Germination and seedling growth of sesame cultivars under salinity stresses. *Current Agricultural Research Journal*, 10: 366-374. DOI doi.org/10.12944/CARJ.10.3.20

IBGE (2023) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra. Sistema IBGE De Recuperação De Dados. Tabela 1613. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1613>. Acesso em: 5 março de 2023.

ICO (2023) International Coffee Organization; Relatório sobre o mercado de café. Disponível em: <https://icocoffee.org/>. Acesso em: 7 abril de 2023.

Isayenkov, S. V., Maathuis, F. J. M. (2019) Plant Salinity Stress: Many Unanswered Questions Remain. *Front. Plant Abiotic Stress.* 10:80. DOI doi.org/10.3389/fpls.2019.00080

Karasawa, S., Eguchi, E. S., Miranda, J. H., Duarte, S. N., Karasawa, M. M. G. (2003) Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigadas com água salina. *Engenharia Rural*, 14.

Krug, C.A., Carvalho, A. (1950) Taxonomia de *Coffea arabica* L. Instituto Agronômico de Campinas. Segunda Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Curitiba, PR, 10 (8).

Larcher, W. (2006) *Ecofisiologia vegetal*. Rima, São Carlos. 2006.

Leite, M., Pereira, M., Zuffo, A., Steiner, F. (2022) Tolerância de Plântulas de Pinhão-Manso ao Estresse Salino. 10.46420/9786581460280cap4. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359249163_Tolerancia_de_Plantulas_de_Pinhao-Manso_ao_Estresse_Salino. Acesso em: 3 fevereiro de 2023.

Lima, G. S., Dias, A. S., Soares, L.A. A., Gheyi, H. R., Nobre, R. G., Silva, A. A. R. (2019) Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. *Revista de Ciências Agrárias*, 42(1): 214-225.

Lima, M. G. S., Lopes, N. F., Moraes, D. M., Abreu, C. M. (2005) Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. *Revista Brasileira de Sementes*, 27(1): 54-61.

Lynch, M., Walsh, B. (1998) *Genetics and analysis of quantitative traits*. Sunderland: Sinauer Associates, 980p.

Mahalanobis, P.C. (1936) On the generalized distance in statistics. Proceedings of the National Institute of Sciences of India, 2: 49-55.

Maguire, J. D. (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlings emergence and vigor. Crop Science, 2(1): 176-177.

Maia, L. G. S., Silva, C. A., Ramalho, M. A. P., Abreu, Â. F. B. (2011) Variabilidade genética associada à germinação e vigor de sementes de linhagens de feijoeiro comum. Ciência e Agrotecnologia, 35(2): 361-367.

Marcos Filho, J. (2015) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Abrates.

Matias, J. R., Pereira, A. L., Silva, R. De C. B. Da, Nascimento, M. A., Reis, R. C. R., Dantas, B. F. (2011) Efeito de estresse salino no processo germinativo de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina*). Embrapa Semiáridos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/905766/efeito-de-estresse-salino-no-processo-germinativo-de-sementes-de-angico-anadenanthera-colubrina>. Acesso em: 20 de janeiro 2023.

Melo, B., Sousa, L. B. (2011) Biologia da reprodução de *Coffea arabica*. L. e *Coffea canephora* Pierre. Revista Verde, Grupo Verde De Agricultura Alternativa (GVAA) ISSN 1981-8203 (Mossoró – RN – Brasil) 6(2): 01-07.

Meira, A. L., Santana, T. M., Amaral, C. L. F., Miguel, D. L., dos Santos Júnior, N. S. (2017) Estimativas de parâmetros genéticos para características de crescimento em feijão-caupi sob estresse hídrico severo. Agropecuária Científica no Semiárido, 13(1): 41-47. DOI doi.org/10.30969/acsa.v13i1.817

Menezes, A. S., Souza, M. C. M. R., Santos, C. K. G., Tavares, M. K. N., Aragão, M. F., Moreira, F. J. C. (2014) Avaliação da germinação de sementes de noni (*Morinda citrifolia* L.) sob estresse salino em duas dosagens de composto orgânico. In II Inovagri International Meeting, Fortaleza, p. 1473-1480.

Molina, L. M. R. (2007) Um estudo sobre métodos estatísticos na avaliação da interação genótipo x ambientes em genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 68p.

Munns, R., Tester, M. (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.

Nasri, N., Maatallah, S., Kaddour, R., Lachâal, M. (2016) Effect of salinity on *Arabidopsis thaliana* seed germination and acid phosphatase activity. *Archives of Biological Sciences*, 68(1): 17-23. DOI doi.org/10.2298/ABS150620003N

Nazário, A. A., Garcia, G. O., Gonçalves, I. Z.; Madalão, J. C., Araujo, G. L. (2010) Crescimento do cafeeiro conilon irrigado com água salina. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 7(3): 178-195.

Oliveira, A. M., Linhares, P. C. F., Maracajá, P. B., Ribeiro, M. C., Benedito, C. P. (2007) Salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* FR ALL). *Revista Caatinga*, 20(2): 39-4.

Oliveira, H., Nascimento, R., Leão, A. B., Cardoso, J. A. F., Guimarães, R. F. B. (2017) Germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de algodão submetidas a diferentes concentrações de NaCl e PEG 6000. *Revista Espacios*, 38(47): 13.

Oliveira, L. C., Oliveira, L. S., Silva, M. M., Santos, R. S. L., Nascimento, B. M. C., Pereira, D. D. (2023) Aceita Um Cafezinho? O Semiárido Hospitaleiro. *Produção E Produtividade*. VXIII Semana da Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/393>. Acesso em 5 de março de 2024

Pandey M., Penna S. (2017) Curso temporal de alterações fisiológicas, bioquímicas e de expressão gênica sob estresse salino de curto prazo em *Brassicajuncea* L. *The Crop J* 5:219–230. DOI doi.org/10.1016/j.cj.2016.08.002

Partelli, F. L., Covre, A. M., Olios, G., Covre, D. T. (2021) Monte Pascoal: First Clonal Conilon Coffee Cultivar For Southern Bahia - Brazil. *Functional Plant Breeding Journal*, 3: 107-112.

Partelli, F. L., Olios, G., Campanharo, A., Ramalho, J. C., Bonomo, R. (2022a) Plena: Média superior a 100 sacas por hectare por ano, obtida em seis colheitas. In: Fábio Luiz Partelli. (Org.). *Café Conilon: Tecnologias na produção e na qualidade*. 1ed. Alegre - ES: Caufes. 1: 21-32.

Partelli, F. L., Olios, G., Farah, A., Lima, J., De Oliveira, F., Henrique, F. O., Salvador, H. P. (2022b) Salutar: First Cultivar Bred For Soluble Coffee Production And Health. *Functional Plant Breeding Journal*, 4: 59-65.

Partelli, F. L., Giles, J. A. D., Olios, G., Covre, A. M., Ferreira, A., Rodrigues, V. M. (2020) Tributun: A coffee cultivar developed in partnership with farmers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 20.

Partelli, F. L., Golinski, A., Ferreira, A., Martins, M. Q., Mauri, A. L., Jose, C. R., Vieira, H. D. (2019) Andina - First Conilon Clonal Variety for High-Altitude Production. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 19: 476-480.

Pedrotti, A., Chagas, R. M., Ramos, V. C., Prata, A. P. N., Lucas, A. A. T., Santos, P. B. (2015) Causas e consequências do processo de salinização dos solos. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria*, 19(2): 1308-1324.

Pimentel Gomes, F. (1985) *Curso de Estatística Experimental*. São Paulo: Nobel, 467p.

Prisco, J. T., Gomes-Filho, E. (2010) Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: H. R. Ghery, N. S. Dias, C. F. Lacerda (Eds.), *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCT Sal.

Ramalho, A. R., Rocha, R. B., Souza, F. F., Veneziano, W., Lara, A. (2016) Progresso genético da produtividade de café beneficiado com a seleção de clones de cafeeiro 'Conilon'. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3): 516-523.

Rao, C. R. (1952) *Métodos estatísticos avançados em pesquisa biométrica*.

Rashwan, A. M. A. (2010) Estimation of some genetics parameters using six populations of two cowpea hybrids. *Asian Journal Crop Science*, 2(4): 261-266.

Rena, A. B., Maestri, M. (1986) *Fisiologia do cafeeiro*. Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fosfato, p.13-85.

Rhoades, J. D., Kandiah, A., Mashali, A. M. (2000) *Uso de águas salinas para produção agrícola*. Estudos FAO Irrigação e Drenagem. Campina Grande: UFPB. 48p.

Ribeiro, M. R., Freire, F. J., Montenegro, A. A. (2003) Solos halomórficos no Brasil: Ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In: Curi, N.; Marques, J. J.; Guilherme, L. R. G.; Lima, J. M.; Lopes, A. S.; Alvarez V., V. H. (ed.) *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 3:165-208.

Riva-Souza, E. M., Ferrão, M. A. G., Fonseca, A. F. A., Spadeto, J., Belisário, C. P., Santos, W. G. (2022) Diversidade genética entre linhagens de café arábica do programa de melhoramento genético de café do INCAPER. In: *Simpósio Incaper Pesquisa - SIP 2021 e Seminário de Iniciação Científica do Incaper*; editores, Martins, A. G., et al. - Vitória, ES: INCAPER. 20p.

Robertson, A. (1959) The Sampling Variance of the Genetic Correlation Coefficient. *Biometrics*, 15(3): 469–485. DOI doi.org/10.2307/2527750

Rodrigues, C. A., Vieira, H. D., Souza, R., Mendes, D. S., Viana, A. P. (2023a) Genetic divergence for seed traits in *Passiflora* full-sib families under recurrent selection for resistance to the cowpea aphid-borne mosaic virus. *Bragantia*, 82, e20230063. DOI doi.org/10.1590/1678-4499.20230063

Rodrigues, C. A., Vieira, H. D., Souza, R., Mendes, D. S., Viana, A. P. (2023b) Genetic gain in *Passiflora* seed traits from recurrent selection among full-sib families. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 23(1), e44302319. DOI doi.org/10.1590/1984-70332023v23n1a9

Romaneli, R. C., Sebbenn, A. M. (2004) Parâmetros genéticos e ganhos na seleção para produção de resina em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, no sul do Estado de São Paulo. *Revista Instituto Florestal*, 16(1): 11-23.

Romão, A. P. S., Barreto, L. L., Azerêdo, G. A. de, Araújo, A. E. de, Silva, A. F., Silva, J. H. C. S. (2022) Germinação de sementes e emergência de plântulas de café (*Coffea arabica* L.) colhidas em sistema agroflorestal. Universidade Federal da Paraíba.

Rosa, L. S., Felippi, M., Nogueira, A. C., Grossi, F. (2005) Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* Baill (timbó); UFRA, CERNE, 11(3): 306-314.

Santos, A. S., Lopes, K. P., Rodrigues, M. H. B. S., Limão, M. A. R., Barbosa, L. S. (2020) Potencial da técnica do osmocondicionamento de sementes como estratégia para minimizar os efeitos da salinidade. *Meio Ambiente (Brasil)*, 2(2): 56-61.

Scott-Knott, A. J., Knott, M. (1974) Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30(1): 507-512.

Senra, J. F. de B. (2022) Genetic variability of conilon coffee population from cultivar 'ES8152' based on morphoagronomic variables. *Coffee Science*, 17p.

Silva, C. C. A. D., Vieira, H. D., Viana, A. P., Maitan, M. Q., Santos, E. A. (2021) Abordagens fenômicas: diversidade genética e componentes de variância em uma família de goiabeira S2 por características de sementes. *Bragança*, 80, e3721. DOI doi.org/10.1590/1678-4499.20200449

Silva, M. J. da, Souza, J. G., Barreiro Neto, M. (1992) Seleção de três cultivares de algodoeiro para tolerância à germinação em condições salinas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 27(4): 655-659.

Silva, L. F., Cortez, J. G. (1998) A qualidade do café no Brasil: histórico e perspectivas. Cadernos de Ciência Tecnologia, 15(1): 65-91.

Simões, W. L., Oliveira, A. R., Salviano, A. M., Guimarães, M. J. M., Silva, J. S., Oliveira, C. R. S. (2021) Cultivo de cana-de-açúcar em áreas salinizadas: seleção de cultivares tolerantes e manejo de irrigação. In: Agricultura irrigada em ambientes salinos / editores Cerqueira, P. R. S., et al. – Brasília: Codevasf. 149-173p.

Singh, D. (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, New Delhi, 41(2): 237-245.

Sousa, P., Vieira, H., Santos, E., Viana, A., Boaechat, M., Partelli, F. (2022) *Coffea canephora*: Heterotic Crosses Indicated by Molecular Approach. Plants, 11: 3023-3039. DOI doi.org/10.3390/plants11123023

Souza, F. de F., Ferrão, L. F. V., Caixeta, E. T., Sakiyama, N. S., Pereira, A. A.; Oliveira, A. C. B. de. (2015) Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*. In: Marcolan, A. L.; Espíndula, M. C. (Ed.). Café na Amazônia. Brasília, DF: Embrapa, cap. 4, 84-98.

Souza, J. (2016) Supressão da irrigação no café conilon. Agrarian Academy, 3(6): 65-78.

Souza, M. C. M. R. de, Lacerda, C. F. de, Amorim, A. V., Menezes, A. S. (2014) Influência da matéria orgânica e do ambiente no crescimento e acúmulo de solutos em *Morinda citrifolia* submetida à salinidade. Revista Brasileira de Fruticultura, 36(3): 704-712.

Souza, R., Vieira, H. D., Rodrigues, C. A., Silva, F. W. A., Souza, K. S., Gregolin, F. S., Souza, P. G. F. (2022). Alterações Fisiológicas e análise de imagens de plântulas

de milho-pipoca submetido ao estresse salino. In ABRATES (Ed.), Anais do XXI Congresso Brasileiro de Sementes. Curitiba, PR. 29:410.

Souto, A. G. L., et al. (2013) Comportamento do Noni à salinidade da água de irrigação em solo com biofertilizante bovino. *Irriga*, 18(3): 442-453.

Squilassi, M. G. (2003) Interação de genótipos com ambientes. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 47p.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora.

Teermaat, A., Munns, R. (1986) Use of concentrated macronutrient solutions to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. *Australian Journal of Plant Physiology*, 13(4): 509-522.

Temoteo, A. S., Sousa, A. P., Santos, C. M., Teramoto, E. T. (2015) Crescimento de cultivares de cafeeiro conilon submetidas ao estresse salino-hídrico. *Revista Caatinga*, Universidade Federal Rural do Semi-Árido Mossoró, 28(2): 46-56.

Tester, M., Davenport, R. (2003) Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91(5): 503-527.

Tuberosa, R., Salvi, S. (2006) Abordagens baseadas na genômica para melhorar a tolerância das culturas à seca. *Tendências da Planta*, 11:405-412.

Venora, G., Grillo, O., Shahin, M. A., Symons, S. J. (2007) Identificação de raças locais sicilianas e cultivares canadenses de lentilha usando um sistema de análise de imagens. *Pesquisa Alimentar Internacional*, 40:161-166. DOI doi.org/10.1016/j.foodres.2006.09.001

Wu, G. Q., Jiao, Q., Shui, Q. Z. (2015) Effect of salinity on seed germination, seedling growth, and inorganic and organic solutes accumulation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant, Soil and Environment*, 61(5): 220-226. DOI doi.org/10.17221/22/20.

APÊNDICE

APÊNDICE A: UMIDADE MÉDIA DAS SEMENTES DOS GENÓTIPOS ESTUDADOS

Tabela 1A: Umidade média das sementes dos 26 genótipos de *Coffea* spp. utilizados no estudo.

GENÓTIPO	UMIDADE DAS SEMENTES (%)
Pirata	16,61
Verdim R	13,95
A1	16,77
Clementino	13,54
Beira Rio	29,87
NV2	15,44
Bicudo	17,07
CH1	14,57
Imbigudinho	14,29
Graudão HP	16,10
AP	18,65
L80	17,01
Ouro Negro	21,26
LB1	20,34
Ouro Negro 1	17,14
JC	14,18
Arara	13,82
Z39	17,39
Emcapa 02	14,53
Acauã	14,44
Amarelo 5	24,19
Amarelo 6	17,33
RDM	18,57
R22	26,19
LB15	16,38
G20	22,23