

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – MELHORAMENTO
GENÉTICO DE PLANTAS

FERNANDO ANTÔNIO TENÓRIO ROCHA

SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE
MELHORAMENTO EM COENTRO PARA TOLERÂNCIA À SALINIDADE E À
ACIDEZ DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

RECIFE

2021

FERNANDO ANTÔNIO TENÓRIO ROCHA

**SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE
MELHORAMENTO EM COENTRO PARA TOLERÂNCIA À SALINIDADE E
ACIDEZ DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, para obtenção do título de Doutor em Melhoramento Genético de Plantas.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Dr. Dimas Menezes - Orientador - UFRPE

Dr. Islan Diego Espíndula de Carvalho - Coorientador

RECIFE

2021

**SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE
MELHORAMENTO EM COENTRO PARA TOLERÂNCIA À SALINIDADE E
ACIDEZ DA SOLUÇÃO NUTRITIVA**

FERNANDO ANTÔNIO TENÓRIO ROCHA

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 18/02/2021

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Dimas Menezes – UFRPE

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Adônis Queiroz Mendes – IFPE

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho – UFRPE

Prof. Dr. Kleyton Danilo da Silva Costa – IFAL

Prof. Dr. Roberto de Albuquerque Melo – UFRPE

RECIFE

2021

DEDICO

A Deus, fonte de inspiração constante em minha vida.

"Aquele que oferta a semente ao que semeia, e pão ao que tem fome, também vos suprirá e multiplicará a semente e fará desenvolver os frutos da vossa fidelidade."

2 Coríntios 9: 10 (Versão King James atualizada).

OFEREÇO

À minha esposa Mônica e aos meus filhos Jônatas e Pedro, que compartilharam seu tempo e sonhos comigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, o qual reconheço como criador de todas as coisas animadas e inanimadas.

À minha esposa, Mônica de Menezes Frazão Rocha, pelo apoio e compreensão durante esta jornada de trabalho e de vida.

Ao meu orientador, Prof. Dimas Menezes e ao conselheiro Islan Diego Espíndula de Carvalho pela orientação, paciência e estímulo.

Aos professores do Programa de Melhoramento Genético de Plantas dos quais recebi valiosos ensinamentos profissionais e para a vida.

Aos colegas de trabalho, que fazem parte da Área de Fitotecnia da UFRPE por me acompanharem e ajudarem na realização dos trabalhos de campo.

Aos estagiários de agronomia, que foram uma grande ajuda nos trabalhos de campo e coletas de dados.

Ao Programa de Pós-graduação em Melhoramento Genético de Plantas da UFRPE, representado pela coordenadora Prof^a. Gheysa Coelho, pela oportunidade de estudar neste programa.

A todos que contribuíram para a conclusão deste trabalho de tese,

muito obrigado!

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Páginas

CAPÍTULO II - Seleção massal estratificada como estratégia de melhoramento em coentro para estresse salino

Tabela 1.	Resultado da Análise de variância, em esquema fatorial triplo, para as variáveis ARP14, NF14, ARP21, NF21, ARP28, NF28, ARP35, NF35, CR, MFPA, MFR, MSPA, MSR, TCA e SPA.....	36
Tabela 2.	Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade, na fonte de variação época de plantio, para as variáveis ARP14, NF14, ARP21, NF21, ARP28, NF28, ARP35, NF35, CR, MFPA, MFR, MSPA, MSR, TCA e SPA.....	37
Tabela 3.	Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade, na fonte de variação salinidade, para as variáveis ARP14, NF14, ARP21, NF21, ARP28, NF28, ARP35, NF35, CR, MFPA, MFR, MSPA, MSR, TCA e SPA.....	38
Tabela 4.	Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade para a variável CR na fonte de variação Populações.....	39

CAPÍTULO III - Seleção massal estratificada como estratégia de melhoramento em coentro para estresse ácido

Tabela 1.	Resultado da análise de variância, em esquema fatorial triplo, para as variáveis ARP14, ARP21, ARP28, ARP35, NF21, NF28, NF35, MFPA, MSPA, MFR, MSR, CR, TCA e SPA.....	51
Tabela 2.	Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade, na fonte de variação época de plantio, para as variáveis ARP14, ARP21, ARP28, ARP35, NF21, NF28, NF35, MFPA, MSPA, MFR, MSR, CR, TCA e SPA.....	52
Tabela 3.	Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade para as variáveis ARP14, ARP28, MSR e CR na fonte de variação Populações.....	53
Gráfico 1.	Comportamentos das temperaturas máximas e mínimas durante as duas épocas de plantio.....	54

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA.....	3
1. REVISÃO DE LITERATURA	
1.1 Aspectos botânicos e fisiológicos.....	4
1.2 Importância econômica.....	5
1.3 Aspectos fitossanitários e abióticos.....	7
1.4 Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento do coentro.....	7
1.5 Acidez no desenvolvimento da cultura do coentro.....	9
1.6 Melhoramento genético do coentro.....	11
2.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO II - SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO EM COENTRO PARA ESTRESSE SALINO.....	25
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	27
INTRODUÇÃO.....	28
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
CAPÍTULO III - SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO EM COENTRO PARA ESTRESSE ÁCIDO.....	40
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
INTRODUÇÃO.....	43
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
CONCLUSÕES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55

RESUMO

Como uma olerícola bastante apreciada no Norte e Nordeste brasileiros, o coentro é cultivado em ambientes sujeitos a salinização e acidificação. Neste contexto, o desenvolvimento de cultivares tolerantes a estes estresses abióticos se faz necessário. Este trabalho tem como objetivo a obtenção de populações de coentro Verdão tolerantes a salinidade e acidez, usando como método de melhoramento a seleção massal estratificada. Foram realizados 1 policruzamento entre plantas provenientes de 5 empresas produtoras de sementes para obtenção da população base e 4 ciclos sob estresse salino com condutividade elétrica $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$ e 3 ciclos sob estresse ácido com pH 4,0. As características avaliadas foram altura e números de folhas aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio e massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca das raízes, massa seca das raízes, comprimento das raízes, taxa de crescimento acumulado e suculência da parte aérea aos 35 dias após o plantio, por ocasião da colheita.

Todos os cultivos foram realizados em casa de vegetação, em hidroponia com substrato. Para o experimento de salinidade foram encontradas diferenças significativas para a fonte de variação época de plantio e salinidade, porém não houve diferença significativa para fonte populações e para as interações entre as fontes. Para o experimento de acidez verificou-se que houve diferença significativa para época de plantio e entre poucas características para populações. Também não houve diferenças significativas para as interações entre as fontes. A ausência de interações mostra que os fatores são independentes, podendo o melhoramento ser praticado em qualquer época de plantio. Embora não tenha havido resultado efetivo para a seleção, informações importantes foram encontradas, tais como a possibilidade de se cultivar coentro Verdão em solução nutritiva com condutividade elétrica de $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$ com produção reduzida e em pH 4,0 satisfatória. Também foi identificado que o cultivo de coentro Verdão em casa de vegetação sob estresse salino e acidez é afetado por condições ambientais.

Palavras-chaves: Seleção recorrente, *Coriandrum sativum*, cultivo hidropônico.

ABSTRACT

As an olive grower widely appreciated in the North and Northeast of Brazil, coriander is grown in environments subject to salinization and acidification. In this context, the development of cultivars tolerant to these abiotic stresses is necessary. This work aims to obtain populations of Coriander Verdão tolerant to salinity and acidity, using stratified mass selection as an improvement method. One polycross was carried out between plants from 5 seed producing companies to obtain the base population and 4 cycles under saline stress with electrical conductivity 8.0 dS.m⁻¹ and 3 cycles under acid stress with pH 4.0. The characteristics evaluated were height and number of leaves at 14, 21, 28 and 35 days after planting and fresh mass of the aerial part, dry mass of the aerial part, fresh mass of the roots, dry mass of the roots, length of the roots, rate of accumulated growth and succulence of the aerial part at 35 days after planting, at the time of harvest.

All cultivations were carried out in a greenhouse, in hydroponics with substrate. For the salinity experiment, significant differences were found for the source of variation, planting time and salinity, but there was no significant difference for source populations and for interactions between sources. For the acidity experiment it was found that there was a significant difference for planting time and between few characteristics for populations. There were also no significant differences for the interactions between the sources. The absence of interactions shows that the factors are independent, and the improvement can be practiced at any time of planting. Although there was no effective result for the selection, important information was found, such as the possibility of growing Verdão coriander in a nutrient solution with an electrical conductivity of 8.0 dS.m⁻¹ with reduced production and at a satisfactory pH 4.0. It was also identified that the cultivation of Coriander Verdão in a greenhouse under saline stress and acidity is affected by environmental conditions.

Keywords: Recurrent selection, *Coriandrum sativum*, hydroponic cultivation.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Aspectos botânicos e fisiológicos

O coentro pertence à família Apiaceae, gênero *Coriandrum*, espécies *Coriandrum sativum* L. e *Coriandrum toridylum* (silvestre) (Prakash 1990, Wei et al. 2019). Originário da região mediterrânea-europeia, foi inicialmente cultivado pelos chineses no século I a.C e, atualmente, é plantado em todo o mundo, sendo uma das especiarias mais utilizadas na culinária mundial (Laribi et al. 2015, Wei et al. 2019).

É uma espécie alógama de ciclo anual e altura variando de 20 a 70 cm. Em sua estrutura morfológica, exhibe: raiz pivotante; caule cilíndrico, oco e ramificado; folhas verdes, sendo as inferiores ovadas e as superiores recortadas, dispostas em roseta; inflorescências (umbrelas) compostas por três a dez raios que sustentam umbeletas com dez a vinte flores, cada; flores brancas ou róseas, estaminadas e hermafroditas, as quais são distribuídas aleatoriamente em toda inflorescência (Almeida 2006, Diederichsen 1996, Mandal and Mandal 2015). O ambiente é o fator promotor da diferenciação dos dois tipos de flores (Singh and Ramanujam 1973). No interior das umbeletas estão as flores estaminadas. As umbeletas de ordem superior geralmente contêm mais flores estaminadas do que as primeiras, apresentando um período de floração mais curto. O ciclo fenológico da cultura é entre 90 -120 dias (Diederichsen 1996).

Por apresentar protandria, o pólen está viável antes da antese e o estigma está receptivo do 3º ao 6º dias após a antese. A realização da polinização artificial deve ser feita no 3º e 4º dias (repetidamente). Previamente, deve-se proceder à emasculação (com auxílio de lupa binocular) pela manhã antes da antese ou na noite anterior. Os cruzamentos são bem-sucedidos em 23% das flores polinizadas artificialmente, em média. A probabilidade de produção de fruto varia entre 9,52 e 83,3%. Os polens são viáveis por dois dias no campo e podem ser armazenados por três semanas em incubadora a 25°C, mantendo a viabilidade em torno de 88% (Giridhar et al. 2016).

Os frutos de coentro são esquizocarpos, globulares, com superfícies longitudinais sulcadas (Mandal and Mandal 2015). O fruto-semente é constituído de dois aquênios (diaquênio), geralmente comercializado inteiro. Alguns produtores o dividem, obtendo-se sementes individualizadas, para aumentar o rendimento de

semeadura e germinação (Nascimento et al. 2014). Dentre os compostos presentes nos frutos, têm-se os óleos essenciais, sendo o linalol o que possui maior porcentagem, correspondendo a 73,11% (Zoubiri and Baaliouamer 2010).

Todas as partes da planta, incluindo sementes, são comestíveis e apresentam óleos essenciais com diferentes composições químicas (Mandal And Mandal, 2015).

Os diferentes aromas em suas folhas e frutos fazem com que sejam destinados para diferentes fins. As folhas frescas são usadas como tempero em muitos pratos - salada, molhos, entre outras - e os frutos são utilizados como condimento (Singletary 2016). As raízes são utilizadas na culinária tailandesa como ingrediente em pastas de curry (Prachayasittikul et al. 2018).

Além de conferir aroma e sabor aos alimentos, o coentro contém vitamina C, folato, vitamina A, polifenóis, gordura, proteínas, elementos minerais, etc (Bhat et al. 2014, Daly et al. 2010, Puthusseri et al. 2012, 2013). É um potente antioxidante e, por isso, destaca-se como conservante natural, podendo substituir os sintéticos (cancerígenos) na produção de alimentos (Nanditha et al. 2009).

Sementes, óleos essenciais, folhas e raízes de coentro são utilizados em todo o mundo na composição de alimentos, chocolates, cosméticos e drogas utilizadas em diversos tratamentos médicos, devido a suas ações imunomodulatórias, antioxidantes, anti-inflamatórias e anticancerígenas (Beyzi et al. 2017, Reyes et al. 2010, Zhang et al. 2015). A cultura tem potencial uso no tratamento do câncer de próstata, espasmo, reumatismo, queixa gástrica, bronquite, diabetes, doença de Alzheimer e infecções vaginais causadas por bactérias e fungos (Bogavac et al. 2015, Elmas et al. 2019, Mani et al. 2011, Sreelatha and Inbavalli 2012). O coentro é uma erva milagrosa que devido sua ação protetora e preventiva contra várias doenças crônicas é chamada de “erva da felicidade” (Bhat et al.2014).

1.2 Importância econômica

Os maiores produtores mundiais de coentro são: China, Índia e a antiga União Soviética, com a maior parte da produção voltada ao abastecimento dos mercados locais. No continente americano, o México é o maior produtor e exportador, enquanto os Estados Unidos da América, o Canadá e alguns países europeus são os maiores consumidores (Reis and Lopes 2016).

Em 2016 a produção de coentro no Brasil foi de 1.109.063 toneladas em uma área de 73.938 hectares e produtividade média de 15 t/ha. O faturamento com a

produção de mudas e sementes foi de \$243,57 e \$10,99 milhões de dólares, respectivamente, colocando o coentro entre as 12 hortaliças com maior participação no mercado nacional, com tendência de crescimento (Garcia Filho et al. 2017). O coentro produzido no país destina-se, principalmente, para o consumo das folhas (Reis and Lopes 2016). Contrariamente ao que ocorre em diversos países, onde o cultivo tem como produto principal os frutos (Santos 2018).

No Brasil, são registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) 56 cultivares de coentro mantidas por instituições do setor privado (Mapa 2020). As cultivares são divididas em precoces e tardias. O grupo das precoces é composto pelas cultivares Verdão, Tabocas, Palmeira, entre outras. Tais cultivares apresentam fase vegetativa em torno de 30 a 45 dias e são mais adaptadas ao clima tropical, sendo indicadas para as regiões Norte e Nordeste do país. Já o grupo das tardias é composto pelas cultivares Português, Asteca, Americano Gigante, Tapacurá, entre outras. Tais cultivares apresentam fase vegetativa de 50 a 60 dias e são adaptadas ao clima subtropical ou temperado, sendo indicadas para as regiões Sudeste e Sul do País (Nascimento et al. 2014).

A cultivar Verdão, a mais plantada no país, apresenta ciclo precoce, durando de 30 a 40 dias para produção de folhas, folhas de coloração verde-escura, rusticidade e boa resistência às doenças foleares (Hortivale 2015).

O coentro é, comumente, cultivado por agricultores familiares, em hortas domésticas, escolares e comunitárias, em monocultura ou consorciada com outras hortaliças (Grangeiro et al. 2008, Linhares et al. 2012). O cultivo é realizado durante o ano todo, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, envolvendo um grande número de produtores (Silva et al. 2012). Torna-se, assim, uma das culturas de grande importância socioeconômica (Santos et al. 2018).

O cultivo do coentro é realizado, geralmente, por semeadura direta em canteiros, utilizando como adubo esterco bovino e caprino (Linhares et al. 2012, Maciel et al. 2012). Quanto à irrigação, o sistema de microaspersão é um dos métodos mais usuais, tendo maior eficiência do uso da água em lâmina real necessária (Angeli et al. 2016, Lima et al. 2007, Tavella et al. 2010). A cultura prefere solos com pH em torno de 6,0, sendo adaptada a diversos tipos de cultivo, quais sejam: convencional, orgânico, protegido, fertirrigado e hidropônico (Filgueira 2008).

1.3 Aspectos fitossanitários e abióticos

Diversos fatores bióticos e abióticos afetam a produção do coentro. Os estresses bióticos de maior importância são: o tombamento de mudas (*Alternaria dauci*, *Rhizoctonia solani* ou espécies do gênero *Pythium*); os nematoides (*Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Rotylenchulus reniformis*); e a queima de folhas (*Alternaria dauci*). Existem, ainda, porém com menor importância, o mofo branco ou podridão de esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*); oídio (*Oidiopsis haplophylli*); e o vira cabeça (*Groundnut ringspot vírus*) (Reis and Lopes 2016). Além dos patógenos citados, atenta-se às pragas que atacam as lavouras de coentro, principalmente os pulgões e tripes, que causam danos mecânicos e transmitem doenças - como o vírus do vira cabeça.

Quanto aos fatores abióticos que influenciam no cultivo do coentro, destacam-se: 1) o comprimento do dia e temperaturas elevadas, que promovem o florescimento precoce, fazendo com que as plantas atinjam o ponto de colheita ainda com tamanho fisiológico reduzido, impactando na produtividade (Oliveira et al. 2015); 2) a salinidade, que provoca efeitos negativos quanto ao desenvolvimento, a presença dos íons Na^+ , Cl^- e K^+ , a concentração dos compostos orgânicos e a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase (Bonifacio et al. 2014) e 3) o estresse hídrico, que promove redução considerável no crescimento das plantas, afetando também a composição do óleo essencial presente nos frutos (Silva 2017). Embora o coentro apresente tolerância à acidez moderada, o alto nível de acidez pode se tornar um fator limitante a produção da cultura (Filgueira 2008).

Com base nos fatores limitantes, os programas de melhoramento buscam desenvolver cultivares que atendam às necessidades dos produtores, consumidores, bem como as demandas ambientais e socioeconômicas.

1.4 Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento do coentro

As culturas respondem diferentemente à salinidade, onde algumas produzem rendimentos aceitáveis em altos níveis de salinidade e outras são sensíveis, com redução significativa da produtividade (Santana et al. 2007). Essa variação na tolerância a salinidade entre e dentro das espécies vegetais é controlada por mais de um gene, com grande influência do ambiente sobre a expressão do caráter (Esteves and Suzuki 2008, Flowers and Flowers 2005, Munns and Tester 2008, Taiz and Zeiger 2013).

O processo de salinização dos solos é típico de regiões áridas e semiáridas, em geral causado pela associação de diversos fatores, tais como: a formação geológica predominante na paisagem; a má distribuição das chuvas; drenagem deficiente e má exploração agrícola (Pedrotti et al. 2015); má utilização de terras marginais, manejo inadequado da irrigação e do solo (Ribeiro et al. 2003), fatores estes presentes no Nordeste brasileiro.

A elevação das concentrações de sais no solo é um grave problema ambiental que provoca consideráveis perdas na agricultura mundial, tais como: a inviabilização da exploração de novas áreas agricultáveis e os danos causados aos cultivos já estabelecidos (Flowers 2004, Munns et al. 2006); a influência negativa sobre todas as fases de desenvolvimento das plantas cultivadas (Silva et al. 2009); redução da taxa de crescimento e a produção de biomassa (Larcher 2000); diminuição do potencial osmótico da solução do solo, o que reduz a disponibilidade de água para as plantas e a taxa de absorção de água e nutrientes, principalmente o K^+ , afetando a cadeia fotossintética - limitando a síntese proteica e todo o metabolismo vegetal (Munns 2011).

Em coentro, os efeitos adversos causados por estresse salino causam a redução: na porcentagem de emergência de plântulas (Sá et al. 2016); na altura da planta; na produção de massa de matéria fresca e seca da parte aérea (Sales et al. 2015); na concentração de minerais foliares e no conteúdo de vitamina C (Ahmadi and Souri 2018); na produção e qualidade química dos frutos.

Em estudo avaliando o efeito da salinidade sobre a composição do óleo essencial dos frutos de coentro, verificou-se que os níveis de NaCl a 75 mM reduziram expressivamente o rendimento de frutos em 36%. Embora tenham aumentado as concentrações de linalol e cânfora, com o aumento das concentrações de NaCl, as atividades antioxidantes dos extratos metanólicos e as taxas de fenólicos totais reduziram significativamente (Neffati et al. 2011).

Dentre os métodos que podem atenuar o impacto negativo do estresse salino, há o tratamento de sementes, por meio da indução de tal estresse a partir da imersão em soluções de NaCl (Sedghi et al. 2010). Esse procedimento pode induzir alterações fisiológicas e bioquímicas, que resultam em melhor comportamento quando as plantas são, subsequentemente, expostas a diferentes níveis de salinidade (Bakht et al. 2011). A utilização de cultivares tolerantes ao estresse salino

é uma opção que reduz os custos do tratamento de semente e garante produções aceitáveis em áreas com solos salinos ou sob irrigação com água que apresente elevados níveis de sais.

Neste contexto, a busca por genótipos de coentro tolerantes a salinidade entre e dentro de cultivares é uma opção que pode promover ganhos com a seleção de indivíduos superiores, podendo resultar na obtenção de uma população melhorada.

1.5 Acidez no desenvolvimento da cultura do coentro

Nas regiões tropicais, os fatores ligados à acidez do solo - saturação por bases, acidez potencial, solubilidade de nutrientes e o pH - são os que mais interferem na produtividade agrícola (Sanchez and Salinas 1983).

A importância do pH do solo reside na necessidade de manutenção da disponibilidade de todos os elementos para a planta (Zieslin 1994). A eficácia da absorção também depende da natureza do sistema radicular e do volume de solo explorado (Raij 2011). Valores de pH entre 6,0 e 6,5 são satisfatórios para a maioria das espécies, assegurando boa disponibilidade de macro e micronutrientes, bem como crescimento contínuo das plantas.

No entanto, valores baixos de pH inferiores a 4, provocam uma competição iônica entre o íon H^+ e os diversos cátions, tais como: amônio (NH_4^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), cobre (Cu^{+2}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}) e zinco (Zn^{+2}). Isto pode causar danos às raízes pelos íons H^+ da solução solo e resultar em graves perdas de cultivo. A integridade das membranas também é afetada, podendo haver perdas de nutrientes já absorvidos.

Por outro lado, valores elevados de pH, superiores a 7, diminuem a absorção dos ânions, tais como: nitrato (NO_3^-), ácido fosfórico ($H_2PO_4^-$), sulfato (SO_4^-), cloreto (Cl^-) e molibdato (MoO_4^{-2}). Também podem ocorrer reações entre cálcio e fosfato ou cálcio e sulfatos. Com os micronutrientes, por sua vez, podem ocasionar a formação de hidróxidos e ter sua disponibilidade reduzida.

Altas concentrações de hidrogênio podem afetar a permeabilidade das membranas das células de raízes e permitir a liberação de íons já absorvidos (Yan et al. 1992).

Em hidroponia, é importante manter a acidez adequada da solução nutritiva ao longo de todo o ciclo de crescimento. Uma vez que as soluções nutritivas não são tamponadas, o pH deve ser ajustado diariamente para uma determinada faixa de

valores. A importância do pH está em manter na solução todos os nutrientes em formas disponíveis às plantas. Se o pH subir acima de 6,5 poderá haver precipitação de elementos como o cálcio, fósforo, ferro e manganês, que deixam então de estar disponíveis (Zieslin 1994). O problema da acidez na solução nutritiva está relacionado ao desequilíbrio, disponibilidade e absorção dos nutrientes e não a efeitos tóxicos do Al^{+3} , haja vista que este elemento não entra na composição da solução nutritiva formulada para o cultivo hidropônico.

O ajuste do pH nas soluções nutritivas pode ser feito por meio da adição de ácidos (sulfúrico, fosfórico, clorídrico ou nítrico), quando se quer abaixar o índice, ou com bases (hidróxido de potássio, de sódio ou de amônio), quando a finalidade é elevar o pH.

Tanto os ácidos quanto os álcalis que contenham um ou mais nutrientes essenciais são menos recomendados do que aqueles que não os contenham. Desse modo, o hidróxido de sódio e o ácido clorídrico são, respectivamente, o álcali e o ácido sugeridos para o ajuste do pH. Raramente há necessidade de se usar hidróxido de sódio para o controle de pH, isso porque o aumento de pH ocorre normalmente com a absorção dos nutrientes da solução. Sendo assim, deve-se manter o pH da solução acima de 5,0 e abaixo de 7,0 para se disponibilizar todos os nutrientes para as plantas (Santos and Minami 2002).

O pH influencia diretamente tanto na solubilidade, quanto na disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Por exemplo, em uma solução básica, com pH acima de 8, o ferro (Fe^{3+}) precipita como hidróxido de ferro [$Fe(OH)_3$] insolúvel, resultando na indisponibilidade do ferro para absorção pelas plantas (Epstein and Bloom 2006). O nível adequado de pH em água no ambiente radicular deve ficar entre 5,0 e 6,0 (Araújo 2003).

Deve-se atentar para as respostas das plantas sob um único estresse, pois às vezes não é possível fazer inferências diretas dos efeitos isoladamente, uma vez que os estresses ocorrem conjuntamente. A associação de estresses (salino e ácido) pode provocar respostas singulares para a adaptação da planta, e assim é necessário que os futuros programas de pesquisa enfatizem as respostas das plantas aos efeitos associados de estresses ambientais, o que se aproxima mais da realidade dos ambientes agrícolas (Mittler 2006).

A cultura do coentro é pouco exigente em relação ao solo e muito tolerante à acidez, havendo poucas cultivares plantadas, destacando-se as cultivares Verdão, Americano Gigante e Português (Filgueira 2008). Entretanto, a cultura desenvolve-se e produz melhor em solos bem drenados e com acidez fraca, com pH entre 6,0 a 6,5, respondendo bem à adubação orgânica ou mineral em cobertura (parcelada).

1.6 Melhoramento genético do coentro

O melhoramento genético do coentro, assim como de outras plantas, tem como base a exploração da variabilidade genética existente em busca de genótipos resistentes a pragas e doenças; obtenção de indivíduos tolerantes a estresses abióticos; entre outros.

A busca por plantas com determinadas características tem motivado pesquisas avaliando genótipos de diferentes origens, características morfológicas e agronômicas, visando compreender a variabilidade existente e explorá-la da melhor forma possível nos programas de melhoramento genético do coentro no Brasil e no mundo, possibilitando, inclusive, o intercâmbio de acessos de interesse para os melhoristas.

Em muitos países, os frutos de coentro apresentam grande importância, motivando a busca de genótipos promissores na produção de óleo essencial. Em trabalho avaliando sementes de coentro obtidas em farmácias de diferentes países europeus, verificou-se variação expressiva nas concentrações dos óleos essenciais, o que evidencia a grande variabilidade genética existente, a qual pode ser explorada nos programas de melhoramento genético (Orav et al. 2011).

Em outro segmento, avaliando genótipos de coentro procedentes de diferentes regiões do estado do Ceará, identificou-se grande variabilidade genética quanto à altura da planta, diâmetro do colo, surgimento da primeira inflorescência, antese, média de umbeletas e ao início e término do amadurecimento dos frutos (Bertini et al. 2010).

A presença de variabilidade genética com possibilidade de ganhos de seleção também foi verificada para as variáveis: altura da planta, com alturas até 97,27 cm; tempo para 50% da floração, variando de 42,67 - 68,67 dias; e rendimento na produção de sementes, oscilando entre 1,81 - 10,78 g por planta (Phurailatpam et al. 2016). Em estudo semelhante, verificou-se correlação positiva entre a altura da

planta e o número de umbelas principais (0,331), número de frutos por umbelas (0,290) e rendimento de sementes por planta (0,361) (Kumar et al. 2017).

Quanto aos parâmetros genéticos, em experimento conduzido em casa de vegetação com 55 progênies obtidas do cultivar Verdão, avaliaram-se as variáveis: pendoamento, presença de antocianina, massa média das folhas e altura da planta. Foi verificado que a herdabilidade no sentido amplo variou de 7,19 para o peso médio de plantas à 81,09 para número de plantas pendoadas; a relação dos coeficientes de variação genético e ambiental (CV_g / CV_e) variou de 0,27 para o peso médio de plantas a 2,07 para o número de plantas pendoadas, confirmando a presença de variabilidade genética na população avaliada e a possibilidade de sucesso com a seleção contra o pendoamento precoce em termos de ganhos genéticos imediatos (Melo et al. 2009).

O melhoramento do coentro também visa a resistência a doenças, sendo as principais que acometem a cultura no Brasil: o tombamento de mudas (*Rhizoctonia solani*); o apodrecimento do caule (*Sclerotinia sclerotiorum*); as manchas foliares (*Alternaria dauci*); a queimar foliar (*Alternaria dauci*); a mancha amarela e mofo branco sobre as folhas (*Oidiopsis haplophyllii*); o vira cabeça (*Groundnut ringspot vírus*); as diversas espécies de nematoides, com destaque para o gênero *Meloidogyne* (*M. incognita* e *M. javanica*) e o nematoide que causa o nanismo do coentro (*Rotylenchulus reniformis*) (Reis and Lopes 2016)

Uma das grandes conquistas no melhoramento do coentro para resistência a doenças foi a obtenção de genótipos resistentes às doenças foliares, como a antracnose e a alternariose. A antracnose apresentava alta incidência e causava lesões necróticas e queima das partes aéreas das plantas, tornando-as inviáveis para o consumo, além de promover o tombamento de plântulas em sementeiras, reduzindo o estande (Aquino and Sena 1972). A cultivar Verdão, a qual apresenta tolerância à antracnose e à alternariose, foi desenvolvida a partir da seleção de plantas da cultivar Palmeira e posterior cruzamento com acessos de coentro crioulos coletados em propriedades nos estados do Piauí, Maranhão e Pernambuco (Oliveira 2013). É necessário o desenvolvimento de cultivares que possuam elevada relação folha/talo, maior tamanho e espessura da folha, período pós-colheita mais extenso e aroma intenso (Oliveira 2013).

Embora líder de mercado por apresentar características como resistência a doenças foliares e ciclo precoce, a cultivar Verdão, assim como as cultivares Palmeira e Português, são suscetíveis a doenças causadas por nematoides do gênero *Meloidogyne*, com destaque para a espécie *M. incógnita*, que causa maiores prejuízos nos cultivos de coentro (Moura et al. 2001, Santos et al. 2018). Trabalhos vêm sendo desenvolvidos buscando identificar genótipos resistentes a tais patógenos. Foi verificado que as cultivares de coentro Português, Tabocas, Tapacurá, Verdão, Palmeira e HTV-9299 são suscetíveis a *M. incognita* raça 1 e resistentes a *M. incognita* raça 3 e *M. Javanica* (Diniz et al. 2018). Buscando identificar genótipos resistentes ao *M. incognita* raça 1, foram encontradas 31 progênies promissoras para dar continuidade ao programa de melhoramento, além de verificar que as correlações fenotípicas e genéticas do caráter número de galhas no sistema radicular foram significativas com número de ovos, sendo uma possibilidade para a seleção indireta (Santos et al 2018).

Dentre as pragas que acometem a cultura, merecem destaque os pulgões e tripses, os quais causam danos diretos pela sucção da seiva, e indiretos pela transmissão de viroses, como o vírus do vira cabeça. Embora haja relato da redução do ataque de pulgões em lavouras consorciadas com coentro, a presença de pulgão e tripses em plantios de coentro é frequente (Resende et al. 2011). Os trabalhos de melhoramento genético do coentro buscando identificar genótipos resistentes ao ataque de tripses e pulgão são escassos, havendo apenas relatos sobre o nível populacional de pulgões e agromizídeos em função da idade da planta, sendo necessário que os programas insiram a resistência a tais pragas em seus objetivos, tendo em vista sua importância (Santos et al. 1997).

Quanto aos fatores abióticos, a temperatura elevada, que causa o pendoamento precoce em grande parte das cultivares, é um problema para os produtores de coentro no Brasil. O pendoamento é caracterizado pelo alongamento do caule e redução da produção de folhas para a emissão do pendão floral durante a transição da fase vegetativa para a reprodutiva, culminando no tamanho reduzido no ponto de colheita, interferindo diretamente na comercialização e aceitação do produto nas gôndolas dos supermercados (Oliveira et al. 2015). É mais indicada a utilização de cultivares com pendoamento tardio para os plantios comerciais de coentro,

possibilitando maior período de crescimento vegetativo e melhor qualidade final do produto (Maciel et al. 2012).

Embora a cultivar Verdão seja líder de mercado, apresenta pendoamento precoce. São poucas as pesquisas realizadas no Brasil para obtenção de cultivares de coentro com essas características, tornando-se necessário que os programas de melhoramento genético desenvolvam cultivares com maior tolerância ao pendoamento precoce para disponibilizar aos produtores (Oliveira et al. 2015). Segundo os autores, a identificação de populações promissoras, obtidas de linhagens adaptadas ao calor dentro do cultivar Verdão, é uma opção no melhoramento da cultura para resistência ao pendoamento precoce.

Em experimentos com 85 progênies de meios-irmãos do segundo ciclo de seleção recorrente, foi avaliado o número de dias para início do pendoamento, altura de plantas, diâmetro do caule e massa fresca (Oliveira et al. 2015). No referido trabalho, foram estimados herdabilidade alta ($h^2 = 89,08$ para o número de dias para o início do pendoamento) e relações CV_g/CV_e superiores a 1 para todos os caracteres avaliados, exceto para altura de plantas, comprovando que as progênies apresentavam variabilidade genética. Além disso, os autores selecionaram 13 progênies de meios-irmãos para dar continuidade ao programa de melhoramento de coentro para tolerância ao calor.

Em trabalho verificando o desempenho agrônômico de três linhagens de coentro tolerantes ao pendoamento precoce (Guarani#1, Guarani#21 e Guarani#36) e a cultivar Verdão, em dois sistemas de plantio (semeadura direta e transplante de mudas), avaliando: número de folhas por planta; massa verde do maço; rendimento de massa verde por m^2 ; período comercial suportado no campo; ciclo em dias e percentagem de pendoamento (PP); verificou-se que as linhagens Guarani#21 e Guarani#36 apresentam pendoamento mais tardio em ambos os sistemas de produção quando comparados com a cv. Verdão (Maciel et al. 2012), sendo opções a serem utilizadas em programa de melhoramento genético da cultura para tolerância ao pendoamento precoce.

A cultivar HTV Dom Luiz apresentou maior tolerância ao pendoamento quando comparada com a cultivar Verdão, com início de pendoamento aos 37 e 31,2 dias, respectivamente, na condição de telado (temperatura média máxima de 37,8 °C). Porém, em campo (temperatura média máxima de 29,4 °C) as duas cultivares não

diferiram entre si quanto ao número de dias para início do pendoamento (Santos et al. 2019). Quanto aos parâmetros genéticos, obteve-se herdabilidade alta ($h^2=91,61$) e $CV_g/CV_a = 2,48$ para a característica em questão, comprovando ser possível a obtenção de resultados promissores com a seleção de indivíduos mais tolerantes ao pendoamento em altas temperaturas na cultivar HTV Dom Luiz (Santos et al. 2019).

Além do pendoamento precoce, a tolerância de genótipos de coentro a condições de salinidade é essencial, pois grande parte do seu cultivo é feito em áreas com solos salinos. A salinidade do solo é geralmente provocada, dentre outras causas, pelo uso de águas apresentando elevado teor de sais na irrigação e/ou pela precipitação dos sais em sistemas de irrigação mal manejados. Plantas de importância econômica, dentre elas o coentro, com tolerância a salinidade, são uma opção a serem plantadas em áreas de solos degradados ou que não dispõem de água na qualidade adequada, como em regiões semiáridas. Levando em consideração que nem todos os genótipos respondem igualmente a salinidade, é possível identificar alguns que produzam rendimentos aceitáveis em condição de estresse salino, motivando os programas de melhoramento genético de plantas a desenvolver cultivares tolerantes a este tipo de estresse abiótico.

Estudos têm buscado identificar genótipos de coentro tolerantes a salinidade, como o realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco, avaliando duas cultivares de coentro (Tabocas e Verdão) submetidas aos seguintes tratamentos: 0 (controle), 50 e 100 mM de cloreto de sódio (NaCl); sendo o controle solução nutritiva sem NaCl e os demais com a mesma solução nutritiva acrescida de NaCl nas proporções necessárias. A salinidade provocou efeitos maléficos na maioria das variáveis avaliadas, entre elas: crescimento, número de folhas e altura da planta, em ambas cultivares. Observou-se que os teores de Na^+ e Cl^- aumentaram enquanto que os de K^+ decresceram, tanto na parte aérea como nas raízes das cultivares; a relação Na/K alcançou valores de até 1,5; além disso, as concentrações dos compostos orgânicos decresceram com a elevação da salinidade na solução nutritiva, bem como as atividades das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Embora as duas cultivares tenham sofrido efeitos negativos decorrentes do estresse salino, a cv. Verdão apresentou melhor desenvolvimento nas condições impostas (Bonifacio et al. 2014).

A submissão das cultivares de coentro Tunisina, Argelina, Síria e Egípcia à soluções salinas, causam redução na composição mineral (K^+ e Ca^{2+}), no crescimento e teor de clorofila (Meriem et al. 2014), e além da redução dos parâmetros citados, verificou-se o acúmulo de Na^+ e a síntese de prolina, açúcares e proteínas solúveis. A preparação das sementes com NaCl (*priming* com 4 g / l NaCl por 12h) diminuiu o impacto do estresse salino em todas as cultivares, com plantas apresentando melhor resposta à salinidade em comparação com as plantas que as sementes não foram preparadas (sem *priming*). A cultivar Tunísia apresentou-se mais tolerante a salinidade em relação às características avaliadas; já a cultivar Argelina foi a mais sensível ao estresse salino.

Ao se avaliar o desenvolvimento de duas cultivares de coentro (Verdão SF 177 e Português Pacífico) sob estresse salino, (concentrações: 0,6 como controle; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 $dS.m^{-1}$), verificou-se que o aumento da salinidade da água de irrigação reduziu a porcentagem de emergência, crescimento e acúmulo de fitomassa em plantas de coentro, sendo a cultivar Português Pacífico mais tolerante à salinidade que a Verdão SF 177, podendo ser utilizada água para irrigação de até 2,6 e 1,9 $dS m^{-1}$, respectivamente, no estágio inicial de crescimento (Sá et al. 2016).

A cultivar Verdão é tolerante à salinidade da água na fase da germinação e desenvolvimento inicial, para concentrações inferiores a 5,5 $dS m^{-1}$ (Sales et al. 2015). Porém, com o aumento da salinidade do solo: S0=1,86; S1=2,39; S3=3,93; S5=6,06; S7=8,41 e S9=9,55 $dS.m^{-1}$, verificou-se redução linear na altura da planta, matéria fresca e matéria seca da parte aérea das plantas de coentro da cultivar Verdão (Lira et al. 2015). Logo, a obtenção de genótipos de coentro que sejam tolerantes ao estresse salino desde a germinação até completar o ciclo de vida é fundamental, tanto para os produtores de sementes, quanto para os agricultores que abastecem o mercado com a produção de folhas frescas de coentro.

Mediante as dificuldades que a cultura do coentro vem apresentando, do sistema produtivo de folhas e frutos, até o consumidor final, é necessário o desenvolvimento de genótipos que sejam tolerantes a estresses bióticos (doenças e pragas) e resistentes a abióticos, além de apresentarem características agrônômicas de interesse, como: aroma e coloração das folhas e frutos; durabilidade pós-colheita; produtividade elevada (folhas e frutos); precocidade para colheita das folhas. Embora não existam trabalhos desenvolvidos buscando o melhoramento genético do

coentro para tolerância a acidez do solo é importante colocar esta característica dentre os fatores abióticos que limitam a produção da cultura, devendo ser inserida entre os objetivos dos programas.

Salienta-se que as populações objeto da presente pesquisa são provenientes da cultivar Verdão, o qual, como exposto acima, apresenta ampla variabilidade genética e necessidade de melhorias para diversas das principais características de interesse agrônomo, entre elas o estresse salino e a acidez. Assim, objetiva-se avaliar populações de coentro verdão por meio de seleção recorrente massal estratificada para salinidade e acidez.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmadi M and Sourì MK (2018) Growth and mineral content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. **Acta Physiologiae Plantarum**40: 1-8.

Almeida D (2006) **Manual de culturas hortícolas**. Editorial Presença, Lisboa, 346p.

Angeli KP, Delazari FT, Nick C, Ferreira MG and Silva DJH (2016) Yield components and water use efficiency in coriander under irrigation and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 20: 415-420.

Aquino MLN and Sena RC (1972) A “antracnose” do coentro (*Coriandrum sativum* L.) em Pernambuco. **Revista de Olericultura** 12: 81.

Bakht J, Shafi M and Jamal Y (2011) Response of maize (*Zea mays* L.) to seed priming with NaCl and salinity stresses. **Spanish Journal of Agricultural Research** 9:252-261.

Bertini CHM, Pinheiro EAR, Nóbrega GN and Duarte JML. (2010) Desempenho agrônomo e divergência genética de genótipos de coentro. **Revista Ciência Agronômica**41:409-416.

Beyzi E, Karaman K, Gunes A and Beyzi SB (2017) Change in some biochemical and bioactive properties and essential oil composition of coriander seed (*Coriandrum sativum* L.) varieties from Turkey. **Industrial Crops and Products**109: 74-78.

Bhat S, Kaushal P, Kaur M and Sharma HK (2014) Coriander (*Coriandrum sativum* L.): processing, nutritional and functional aspects. **African Journal of Plant Science** 8: 25-33.

Bogavac M, Karaman M, Janjusević LJ, Sudji J, Radovanovic B, Novaković Z, Simeunović J and Bozin B (2015) Alternative treatment of vaginal infections – in vitro antimicrobial and toxic effects of *Coriandrum sativum* L. and *Thymus vulgaris* L. essential oils. **Journal of Applied Microbiology**119: 697-710.

Bonifacio A, Silva Júnior GS, Silva LE, Rodrigues AC, Willadino LG and Camara TJR (2014) Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro submetidas à salinidade. **II INOVAGRI International Meeting**1: 5482-5489.

Daly T, Jiwan MA, O'brien NM and Aherne SA (2010) Carotenoid content of commonly consumed herbs and assessment of their bioaccessibility using an in vitro digestion model. **Plant Foods for Human Nutrition**65: 164-169.

Diederichsen A (1996) **Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 82p.

Diniz GMM, Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Oliveira CL, Chagas WFT and Santos LS (2018) Reação de cultivares de coentro ao nematoide das galhas. **Ciência Agrícola**, 16: 61-68.

Elmas L, Secme M, Mammadov R, Fahrioglu U and Dodurga Y (2019) The determination of the potential anticancer effects of *Coriandrum sativum* in PC-3 and LNCaP prostate cancer cell lines. **Journal of Cellular Biochemistry** 120: 3506-3513.

Epstein E and Bloom A (2006) **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Ed Planta, Londrina, 403p.

Esteves BS and Suzuki MS (2008) Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia brasiliensis** 12: 662-679.

Filgueira FAR (2008) **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, 421p.

Flowers TJ (2004) Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**55: 307-319.

Flowers TJ and Flowers SA (2005) Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? **Agricultural Water Management** 78: 15-24.

Garcia Filho E, Nakatani JK, Pinto MJA, Neves MF, Caserta PG, Kalaki RB and Gerbasi T (2017) **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil – CNA, Brasília, 79p.

Giridhar K, Suryakumari S, Sarada C and Naidu LN (2016) Crop improvement of coriander (*Coriandrum sativum* L. subsp. *indicum* var. *indicum*.) through crossing. **Journal of Spices and Aromatic Crops**25: 1-6.

Grangeiro LC, Negreiros MZ, Santos AP, Costa LM, Silva ARC and Lucena RRM (2008) Crescimento e produtividade de coentro e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Ciência e Agrotecnologia** 32: 55-60.

Hortivale (2015) **Hortivale - Sementes do Vale Ltda**. Disponível em: <http://www.hortivale.com.br/>. Acesso em: 13 de agosto de 2019.

Kumar S, Singh JP, Sing D, Mohan C, Sarkar M and SAH H (2017) Character association and path analysis in coriander (*Coriandrum sativum* L.) for yield and its attributes. **International Journal of Pure & Applied Bioscience** 5: 812-818.

Larcher W (2000) **Ecofisiologia vegetal**. RIMA Artes e Textos: São Carlos, 531p.

Laribi B, Kouki K, M'hamdi M and Bettaieb T (2015) Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. **Fitoterapia**103: 9-26.

Lima JSS, Bezerra Neto F, Negreiros MZ, Freitas KKC and Barros Júnior AP (2007) Desempenho agroeconômico de coentro em função de espaçamentos e em dois cultivos. **Revista Ciência Agronômica** 38: 407-413.

linhares PCF, Pereira MFS, Assis JP and Bezerra AKH (2012) Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agronômico do coentro. **Ciência Rural**42: 243-248.

Lira RM, Santos AN, Silva EFF, Silva JS, Barros MS and Gordin LC (2015) Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo. **Revista Geama** 1: 293-303.

Maciel GM, Costa ACP and Sala FC (2012) Linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira**30: 607-612.

Mandal S and Mandal M (2015) Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: chemistry and biological activity. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine** 5: 421-428.

Mani V, Parle M, Ramasamy K and Majeed ABA (2011) Reversal of memory deficits by *Coriandrum sativum* leaves in mice. **Journal of the Science of Food and Agriculture 91**: 186-192.

MAPA (2020) **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**.

Disponível em:

http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php.

Acesso em: 13 de abril de 2020.

Melo RA, Menezes D, Resende LV, Wanderley Júnior LJG, Melo PCT and Santos VF (2009) Caracterização morfológica de genótipos de coentro. **Horticultura Brasileira 27**: 371-376.

Meriem BF, Kaouther Z, Chérif H, Tijani M and André B (2014) Effect of priming on growth, biochemical parameters and mineral composition of different cultivars of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under salt stress. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry 10**: 84-109.

Mittler R (2006) Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science 11**: 15-19.

Moura RM, Biondi CM, Prado MDC, Medeiros JE and Pedrosa EMR (2001) Tolerância do coentro ao parasitismo do nematoide *Meloidogyne incognita* Raça 1. **Nematologia Brasileira 25**: 239-241.

Munns R (2011) Plant adaptations to salt and water stress: differences and commonalities. **Advances in Botanical Research 57**: 1-32.

Munns R, Richard A, James RA and Lauchli A (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. **Journal of Experimental Botany 57**: 1025-1043.

Munns R and Tester M (2008) Mechanism of salinity tolerance. **Annual review of plant biology 59**: 651-681.

Nanditha BR, Jena BS and Prabhasankar P (2009) Influence of natural antioxidants and their carry-through property in biscuit processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture 89**: 288-298.

Nascimento WM, Silva PP, Villela RP and Wanderley Júnior LJG (2014) Produção de sementes de coentro. In Nascimento WM (ed) **Produção de sementes de hortaliças**. EMBRAPA, Brasília, p. 147-167.

Neffati M, Sriti J, Hamdaoui G, Kchouk ME and Marzouk, B (2011) Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. **Food Chemistry 124**: 221-225.

Oliveira NS (2013) **Parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 48p.

Oliveira NS, Carvalho Filho JLS, Silva DO, Pastoriza RJG, Melo RA, Silva JW and Menezes D (2015) Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira 33**: 319-323.

Orav A, Arak E and Raal A (2011) Essential oil composition of *Coriandrum sativum* L. fruits from different countries. **Journal of Essential Oil Bearing Plants 14**: 118-123.

Pedrotti A, Chagas RM, Ramos VC, Prata APN, Lucas AAT and Santos PB (2015) Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental 19**: 1308-1324.

Phurailatpam AK, Geetha KA, Meena RS and Maiti S (2016) Evaluation of coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars for yield and yield contributing characters in Gujarat. **Journal of Spices and Aromatic Crops 25**: 7-12.

Prachayasittikul V, Prachayasittikul S, Ruchirawat S and Prachayasittikul V (2018) Coriander (*Coriandrum sativum*): A promising functional food toward the well-being. **Food Research International 105**: 305-323.

Prakash V (1990) **Leafy Spices**. CRC Press Inc, Boca Raton, 126p.

Puthusseri B, Divya P, Lokesh V and Neelwarne B (2012) Enhancement of folate content and its stability using food grade elicitors in coriander (*Coriandrum sativum* L.). **Plant Foods for Human Nutrition 67**: 162-170.

Puthusseri B, Divya P, Lokesh V and Neelwarne B (2013) Salicylic acid-induced elicitation of folates in coriander (*Coriandrum sativum* L.) improves bioaccessibility and reduces pro-oxidant status. **Food Chemistry 136**: 569-575.

Raij BV (2011) **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. IPNI, Piracicaba, 420p.

Reis A and Lopes CA (2016) **Doenças do coentro no Brasil**. EMBRAPA Hortaliças, Brasília, 6p.

Resende ALS, Lixa AT, Santos CMA, Souza SAS, Guerra JGM and Aguiar-Menezes EL (2011) Comunidade de joaninha (Coleoptera: Coccinellidae) em consórcio de couve (*Brassica oleraceae* var. acephala) com coentro (*Coriandrum sativum*) sob manejo orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia 6**: 81-89.

Reyes MR, Reyes-Esparza J, Angeles OT and Rodriguez-Fragoso L (2010) Mutagenicity and safety evaluation of water extract of coriander sativum leaves. **Journal of Food Science**75: 6-12.

Ribeiro MR, Freire FJ and Montenegro AAA (2003) Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. In Novais RF (ed) **Tópicos em ciência do solo**. Embrapa Semiárido, Viçosa, p. 165-208

Sá FVS, Souto LS, Paiva EP, Ferreira Neto M, Silva RA, Silva MKN, Mesquita EF, Almeida FA and Alves Neto A (2016) Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research** 11: 3728-3732.

Sales MAL, Moreira FJC, Eloi WM, Ribeiro AA, Sales FAL and Monteiro RNF (2015) Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**9: 221-227.

Sanchez PA and Salinas JG (1983) **Suelos acidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en America Tropical**. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, 93p.

Santana JM, Carvalho JA, Souza KJ, Sousa AMG, Vasconcelos CL and Andrade LAB (2007) Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) e em solos com diferentes níveis texturais. **Ciência e Agrotecnologia**31: 1470-1476.

Santos AMM (2018) **Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 134p.

Santos AMM, Costa KDS, Oliveira TRA, Silva JW, Souza EGF and Carvalho Filho JLS (2018) Resistência ao nematoide das galhas em progênies de coentro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**13: 150-155.

Santos AMM, Costa KDS, Silva J, Pereira JWL, Menezes D and Carvalho Filho JLS (2018) Methodology for the genetic improvement of coriander aiming for resistance to the root knot nematode. **Journal of Experimental Agriculture International**20: 1-10.

Santos AMM, Costa KDS, Silva MO, Martins CSR, Rodrigues EDB and Carvalho Filho JLS (2018) Factors influencing the evaluation of the reaction of coriander genotypes to root-knot nematodes: A review. **Journal of Experimental Agriculture International**20: 1-9.

Santos AMM, Nascimento DL, Costa KDS, Costa CSR, Carvalho Filho JLS, Silva MO, Menezes D, Veloso CL, Santos JS and Almeida LTS. Parâmetros genéticos de genótipos de coentro quanto à tolerância ao calor. In: **Anais do 2º Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura de 2019**. UFG, Goiânia, p. 125.

Santos AMM, Nascimento DL, Costa KDS, Lima RSR, Costa CSR, Carvalho Filho JLS, Oliveira J, Almeida LTS, Santos JS, Figueira HTR and Lima FF Tolerância de genótipos de coentro ao pendoamento precoce. In: **Anais do 2º Congresso Luso-Brasileiro de Horticultura de 2019**. UFG, Goiânia, p. 86.

Santos JHR, Pinho JH, Mendes SP, Alves JMA and Pinheiro JN (1997) Níveis populacionais de pulgões e agromizídeos em coentro em Fortaleza, Ceará. **Caatinga 10**: 23-25.

Santos RNC and Minami K (2002) **Cultivo hidropônico do meloeiro**. ESALQ, Piracicaba, 38p.

Sedghi M, Nemati A and Esmailpour B (2010) Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. **Emirates Journal of Food and Agriculture22**: 130-139.

Silva FEO, Maracaja PB, Medeiros JF, Oliveira FA and Oliveira MKT (2009) Desenvolvimento vegetativo do feijão caupi irrigado com água salina em casa de vegetação. **Revista Caatinga22**: 156-159.

Silva MAD, Coelho Júnior LF and Santos AP (2012) Vigor de sementes de coentro (*Coriandrum sativum* L.) provenientes de sistemas orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais14**: 192-196.

Silva TSP (2017) **Caracterização do óleo essencial de frutos de coentro submetidos à restrição hídrica**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 54p.

Singh VP and Ramanujam S (1973) Expression of andromoeicy in Coriander, *Coriandrum sativum* L. **Euphytica22**: 181-188.

Singletary K (2016) Coriander: overview of potential health benefits. **Nutrition Today51**: 151-161.

Sreelatha S and Inbavalli R (2012) Antioxidant, antihyperglycemic, and antihyperlipidemic effects of *Coriandrum sativum* leaf and stem in alloxan-induced diabetic rats. **Journal of Food Science77**: 119-123.

Taiz, L and Zeiger E (2013) **Fisiologia vegetal**. Artmed, Porto Alegre, 918p.

Tavella LB, Galvão RO, Ferreira RLF, Araújo Neto SE and Negreiros JRS (2010) Cultivo orgânico de coentro em plantio direto utilizando cobertura viva e morta adubado com composto. **Revista Ciência Agronômica 41**: 614-618.

Wei JN, Liu ZH, Zhao YP, Zhao LL, Xue TK and Lan QK (2019) Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry286**: 260-267.

Yan F, Schubert S and Mengel K (1992) Effect of low root medium pH on net proton release, root respiration and root growth of corn (*Zea mays* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.). **Plant Physiology99**: 415-421.

Zhang CR, Dissanayake AA, Kevseroğlu K and Nair MG (2015) Evaluation of coriander spice as a functional food by using in vitro bioassays. **Food Chemistry67**: 24-29.

Zieslin N (1994) Effect of pH in the root environment on leakage from plant roots. **Acta Horticulturae361**: 282-289.

Zoubiri S and Baaliouamer A (2010) Essential oil composition of *Coriandrum sativum* seed cultivated in Algeria as food grains protectant. **Food Chemistry122**: 1226-1228.

CAPÍTULO II

SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO EM COENTRO PARA ESTRESSE SALINO

Seleção massal estratificada como estratégia de melhoramento em coentro para estresse salino

RESUMO – Neste trabalho foi utilizado o sistema de cultivo hidropônico com substrato pó de coco, com solução nutritiva na condutividade elétrica de $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$, para selecionar populações de coentro tolerantes a estresse salino. A partir de uma população base da cultivar Verdão foram realizados quatro ciclos de seleção massal estratificada. Assim, a população básica e as quatro populações selecionadas foram avaliadas no delineamento experimental de blocos ao acaso no esquema fatorial triplo, constituído por duas épocas de plantio, duas condutividades elétricas nas soluções nutritivas, $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$ e $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$, e as cinco populações de coentro Verdão. A solução com $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$ foi obtida com a adição de cloreto de sódio. Os experimentos foram conduzidos em canteiros de alvenaria com cinco metros de comprimento, 20 cm de largura e 20 cm de profundidade, totalmente isolados por reboco de cimento e um filme plástico preenchidos com areia lavada. Para se evitar excesso de umidade, foi utilizado um dreno composto por um tubo corrugado recoberto por uma manta de drenagem conhecida como BIDIM ou geotêxtil. As variáveis altura do ramo principal e número de folhas foram avaliadas aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio. O comprimento da raiz, massa fresca e massa seca da parte aérea, massa fresca e massa seca de raiz foram avaliados após a colheita, realizada aos 35 dias após o plantio. Não foram detectadas diferenças significativas para estas características entre a população original e os ciclos de seleção. Assim, a seleção massal estratificada praticada não foi efetiva no sentido de aumentar a tolerância à salinidade de populações de coentro Verdão, talvez pela reduzida variabilidade genética para esta característica.

Palavras-chave: Seleção recorrente, *Coriandrum sativum* L., cultivo hidropônico.

Stratified mass selection as a breeding strategy in coriander for saline stress

ABSTRACT - In this work, the hydroponic cultivation system with coconut powder substrate, with nutrient solution in the electrical conductivity of 8.0 dS.m⁻¹, was used to select coriander populations tolerant to salt stress. From a basic population of the cultivar Verdão, four cycles of stratified mass selection were carried out. Thus, the basic population and the four selected populations were evaluated in a randomized block design in a triple factorial scheme, consisting of two planting times, two electrical conductivities in nutrient solutions, 2.0 dS. m⁻¹ and 8.0 dS.m⁻¹, and the five populations of coriander Verdão. The solution with 8.0 dS. m⁻¹ was obtained with the addition of sodium chloride. The experiments were carried out in masonry beds with five meters in length, 20 cm in width and 20 cm in depth, totally insulated by cement plaster and a plastic film filled with washed sand. To avoid excess moisture, a drain consisting of a corrugated pipe covered by a drainage mat known as BIDIM or geotextile was used. The variables height of the main branch and number of leaves were evaluated at 14, 21, 28 and 35 days after planting. The length of the root, fresh weight and dry weight of the aerial part, fresh weight and dry weight of the root were evaluated after harvest, performed at 35 days after planting. No significant differences were detected for these characteristics between the original population and the selection cycles. Thus, the stratified mass selection practiced was not effective in the sense of increasing the salinity tolerance of populations of Coriander Verdão, perhaps due to the reduced genetic variability for this trait.

Keywords: Recurrent selection, *Coriandrum sativum* L., hydroponic cultivation.

INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertence à família Apiaceae, gênero *Coriandrum* (Prakash 1990, Wei et al. 2019). Nativo da região mediterrânea da Europa, foi domesticado pelos chineses, que começaram a cultivar a espécie desde o século I a.C. Atualmente é plantado em todo o mundo, sendo considerado uma das especiarias mais utilizadas na culinária mundial (Laribi et al. 2015, Wei et al. 2019). Nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil, suas folhas e sementes são utilizadas na culinária como tempero na elaboração de pratos salgados.

No Brasil são cultivadas mais de 58 cultivares de coentro, as quais foram registradas por instituições do setor privado e, boa parte delas, mantidas sob proteção pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa 2020).

A cultivar Verdão é a mais plantada no Brasil, tendo sido lançada comercialmente em 1988 pela empresa que em 1995 seria registrada como HORTIVALE – Sementes do Vale Ltda. Foi selecionada na Estação Experimental de Vitória de Santo Antão, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pesquisa – IPA, a partir de plantas da cultivar Palmeira que resistiram ao ataque de doenças foliares, especialmente da antracnose provocada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* e de plantas, também resistentes a essas doenças, selecionadas a partir do plantio de sementes crioulas adquiridas nos estados do Maranhão, Piauí e Pernambuco.

No Brasil, as sementes de coentro são produzidas apenas em algumas áreas do Rio Grande do Sul e do Nordeste. Alguns produtores produzem suas próprias sementes e praticam de forma empírica a seleção contínua a cada ciclo (Oliveira et al. 2007). Esta atividade está se tornando cada vez mais rara, haja visto a facilidade de se adquirir sementes com qualidade e a preços módicos.

A variabilidade genética dessa cultivar tem sido explorada para melhora-la em relação a diversos caracteres de interesse agrônomo, entre eles se destacam: pendoamento precoce, resistência a pragas e doenças, entre outros. Apesar de ser amplamente cultivada no Brasil, na região semiárida do Nordeste, onde se cultiva para produção de sementes e em áreas da zona da mata e agreste de Pernambuco, onde o cultivo é para produção de folhas frescas, a disponibilidade de água com baixa condutividade elétrica nem sempre é possível, desta forma faz-se necessário o desenvolvimento de programas de melhoramento visando a tolerância à salinidade.

O aumento nos teores de sais no solo é causado pela elevada taxa de evapotranspiração, que excede a precipitação pluvial durante a maior parte do ano (Câmara and Willadino 2004). Atenta-se também aos cultivos intensivos com mau uso dos recursos hídricos na irrigação e ao manejo nutricional inadequado, principalmente a adubação química.

Em coentro, os efeitos adversos causados por estresse salino causam a redução na porcentagem de emergência de plântulas (Sá et al. 2016), na altura da planta, na produção de matéria fresca e matéria seca da parte aérea (Sales et al. 2015), na concentração de minerais foliares e no conteúdo de vitamina C (Ahmadi and Souri 2018) e na produção e qualidade química dos frutos (Neffati et al. 2011).

Atualmente o cultivo hidropônico do coentro é uma realidade nos municípios de Vitória de Santo Antão, Pombos, Chã Grande e Passira, locais onde nem sempre há disponibilidade de água com baixos teores de sais. Tal realidade é comum a outras cidades e regiões do país.

A obtenção de cultivares que tolerem o estresse salino, pelos programas de melhoramento genético de coentro, torna-se uma necessidade de primeira hora. O desenvolvimento de cultivares tolerantes a esse estresse abiótico poderá trazer melhores perspectivas econômicas para áreas sujeitas à salinização, como a região do semiárido nordestino, culminando na transformação local pela geração de emprego, renda e suprimento alimentar.

Neste sentido, uma estratégia é explorar a variabilidade genética dos materiais tradicionalmente cultivados e selecionar populações tolerantes ao estresse salino, preservando as características comercialmente desejáveis. Diante do exposto, buscou-se verificar se a variabilidade genética disponível dentro da cultivar Verdão pode favorecer à seleção de populações tolerantes à salinidade.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Área de Fitotecnia, Recife, Pernambuco (Latitude: 8° 01' 02" S Longitude de 34°56'41" O), Brasil entre os meses de julho de 2015, quando foi produzida a população base, a dezembro de 2019, quando foram realizados os experimentos para verificação da tolerância das populações obtidas quanta à salinidade.

As sementes para obtenção da população base foram obtidas pelo policruzamento ao acaso de plantas da cultivar Verdão oriundas de sementes produzidas pelas empresas Feltrin, Horticeres, Hortivale, Isla e Sakata, cultivadas em hidroponia, sob casa de vegetação. A disposição das plantas na casa de vegetação foi tal que permitiu a todas as populações cruzarem-se na mesma proporção, promovendo assim uma completa panmixia. Após colhidas as sementes foram separadas em duas partes: a primeira, foi acondicionada e armazenada em câmara fria; a segunda foi utilizada para semeadura e obtenção do primeiro ciclo de seleção.

Para o primeiro ciclo de seleção, a semeadura foi realizada em vasos tipo Holambra número 11 (415 ml) contendo como substrato o pó-de-coco; totalizando 5600 plantas divididos em 200 vasos. Os vasos foram mantidos sob casa de vegetação em hidroponia por sub-irrigação por 30 dias após a semeadura, ciclo vegetativo. A solução nutritiva utilizada foi mantida com condutividade elétrica (CE) de $8,0 \text{ dS.m}^{-1}$.

O método de melhoramento adotado nesta etapa foi a de seleção massal estratificada (Paterniani and Campos 1999). Nesta pesquisa, cada vaso foi considerado um estrato ou parcela de seleção, contendo 28 plantas, na qual foi aplicada uma intensidade de seleção de 14,3%; compatível com o proposto para este método. Em cada estrato foram selecionadas quatro plantas que se apresentavam com melhor desenvolvimento da parte aérea. Posteriormente, as plantas selecionadas foram transplantadas para vasos de 5 litros, contendo como substrato o pó-de-coco, mantidos em casa de vegetação em hidroponia. Esta solução nutritiva utilizada manteve-se com condutividade elétrica de $2,0 \text{ dS.m}^{-1}$.

Após colhidas as sementes deste primeiro ciclo de seleção, foram separadas em duas partes: a primeira, foi identificada e guardada e armazenada em câmara fria e a segunda, utilizada para obtenção de um novo ciclo de seleção. Os procedimentos citados anteriormente se repetiram até o quarto ciclo de seleção.

Em todos os ciclos o estresse salino foi induzido a partir da semeadura, prolongando-se até os 35 dias após a mesma.

Para a avaliação das populações, foram instalados experimentos no delineamento de blocos ao acaso, arranjos em fatorial triplo e três repetições. Os fatores avaliados foram: duas épocas de semeadura (18/06/2019 a 22/07/2019, e

01/08/2019 a 05/09/2019), cinco populações (população base e quatro ciclos de seleção) e duas condutividades elétricas (CE 2,0 dS.m⁻¹ e 8,0 dS.m⁻¹).

Os experimentos foram conduzidos em canteiros de alvenaria com cinco metros de comprimento, 20 cm de altura e 20 cm de profundidade, totalmente isolados por reboco de cimento e um filme plástico preenchidos com areia lavada (4,91% de argila, 1,81% de silte e 93,28% de areia). Para se evitar excesso de umidade, foi utilizado um dreno composto por um tubo corrugado recoberto por uma manta de drenagem conhecida como BIDIM ou geotêxtil.

A semeadura foi feita em sulcos marcados com gabarito de canos de PVC perfurados a cada 2 cm, onde foi depositada uma semente por furo.

O sistema de irrigação usado foi o de gotejamento, com gotejadores espaçados em 20 cm. A lâmina total de irrigação aplicada foi: 299 mm em 35 dias de cultivo.

A solução nutritiva utilizada foi composta de: nitrato de cálcio 885 g, nitrato de potássio 550 g, MKP 220 g, sulfato de magnésio 450 g, quelatec 25 g, ultraferro 25 g, solução de ácido bórico 75 ml (concentração de 25g de ácido bórico para 1 litro de água), diluídos em 1000 litros. Para atingirem a condutividade e o pH especificados, as soluções foram ajustadas com NaCl e HCl, respectivamente, e água quando havia a necessidade de diluição.

Foram avaliadas a altura do ramo principal - ARP e número de folhas - NF aos 14, 21, 28 e 35 dias após a semeadura. Os seguintes caracteres: comprimento da raiz - CR, massa fresca da parte aérea - MFPA, massa fresca da raiz - MFR, massa seca de raiz - MSR e massa seca da parte aérea - MSPA foram realizadas aos 35 dias após a semeadura, a taxa de crescimento acumulado-TCA e suculência da parte aérea - SPA calculadas com base na altura das plantas (Benicasa 2003)

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância ($p \leq 0.01$ e $\leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$) com o programa estatístico GENES (Cruz 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação estimados pela análise de variância (ANAVA) ficaram entre 5,52 e 36,51 % sendo considerados baixos e médios. Coeficientes de variação baixo e médio indicam boa e média precisão experimental, enquanto os considerados altos indicam baixa precisão experimental (Gomes 2009). Entretanto,

as maiores variações foram observadas para os caracteres relacionados à produtividade, os quais apresentam natureza poligênica e são altamente influenciados pelos efeitos dos componentes ambientais, sendo comum e aceitável maiores variações (Tabela 1).

Os resultados da ANAVA mostram que não há diferenças significativas para as interações Épocas x Salinidade; Salinidade x Populações e Épocas x Salinidade x Populações e para a fonte de variação Populações apenas a característica comprimento de raiz (CR) há diferença significativa (Tabela 1). A ausência de interações significativas indica que os fatores independem, sendo os resultados dos ciclos de seleção independentes dos experimentos e da condutividade elétrica.

As plantas da população do segundo ciclo de seleção, apresentam os melhores valores de Comprimento da raiz (CR) (tabela 4). Levando-se em consideração os dados apresentados na tabela 3, onde verifica-se que as concentrações salinas não afetam significativamente o comprimento da raiz (CR), nem na massa seca da raiz (MSR), acredita-se que essa diferença significativa observada não seja de ordem genética, atribuindo-se ao acaso.

Salienta-se que as populações avaliadas são obtidas por meio de polinização livre, o que tende a restabelecer o equilíbrio da população, de acordo com a Lei do Equilíbrio de Hardy-Weinberg. Isso é verificado pelo restabelecimento dos valores iguais estatisticamente aos da população base e dos ciclos iniciais de seleção.

Quando comparadas as duas épocas de plantio, verifica-se que apenas a característica número de folhas aos 21 dias após o plantio (NF-21) não é influenciada pela época de semeadura (Tabela 1). No entanto, para a maioria dos caracteres os valores obtidos na Época 1 são superiores, desta forma, acredita-se que as condições ambientais neste período foram mais adequadas ao desenvolvimento das plantas (Tabela 2). Essa afirmação é reforçada pelo resultado obtido para os caracteres: Comprimento da raiz (CR), Massa fresca e Seca da parte aérea (MSPA), Massa fresca (MSR) e Seca das raízes (MSR) e suculência da parte aérea (SPA), as quais apresentam os melhores resultados na Época 1 em contraposição ao resultado obtido nas condições ambientais na Época 2 (Tabela 2).

Embora temperaturas médias entre 18 a 25°C favoreçam o melhor desenvolvimento vegetativo das plantas, com estímulo para produção de folhas e

talos (Nascimento et al. 2014), não é possível identificar qual componente ambiental influenciou por não ser objeto desta pesquisa

De modo geral, as plantas cultivadas sob solução nutritiva com condutividade elétrica - CE 2,0 dS.m⁻¹ apresentam desenvolvimento superior às cultivadas com CE 8,0 dS.m⁻¹. Salinidade em níveis altos na fase inicial é mais prejudicial (Tabela 3). Os resultados obtidos mostram que as plantas tem maior desenvolvimento inicial quando submetidas à CE 2,0 dS.m⁻¹. Entretanto, ao 28º dia, praticamente apresentam o mesmo número de folhas, não havendo diferença estatística significativa entre as duas concentrações avaliadas (Tabela 3). Segundo Lima (2008), o número de folhas não apresentou diferenças estatisticamente significativa em função da presença/ausência de salinidade, nem entre as cultivares, as quais apresentaram variação entre 7 e 7,59 folhas por planta aos 45 dias após a semeadura.

Com relação à altura do ramo principal, verifica-se que a cultura tem maior crescimento em todos os períodos avaliados, culminando em maior taxa de crescimento acumulado, quando submetidas a CE 2,0 dS.m⁻¹ (Tabela 3). Segundo Medeiros (1998), o aumento de CE 0,56 dS.m⁻¹ para CE 3,93 dS.m⁻¹ prejudica o desenvolvimento da altura das plantas na ordem de 67%. Lima (2008) verificou que a cultivar Verdão apresenta respostas fisiológicas diferenciadas e deletérias ao desenvolvimento da altura da planta, quando submetidas ao aumento na concentração de NaCl.

A altura da planta também diminuiu significativamente em solução nutritiva com 8,53 dS.m⁻¹, refletindo em menor desenvolvimento da matéria fresca da parte aérea (Silva et al. 2015). O coentro cultivado em sistema NFT sob soluções com CE de 7,29 dS.m⁻¹ e 7,73 dS.m⁻¹ sofre redução significativa na MFPA (Cazuza Neto et al. 2014).

Por não haver diferença significativa nas populações obtidas sugere-se que os experimentos sejam repetidos utilizando outros métodos, tais como a seleção massal estratificada geneticamente, entre outros.

CONCLUSÕES

As épocas de semeadura influenciam no desenvolvimento das plantas de coentro; Quatro ciclos de seleção massal estratificada não são suficientes para promover tolerância à salinidade nas populações utilizadas;

É possível cultivar coentro em areia lavada, com solução nutritiva e condutividade elétrica (CE) de 8,0 dS.m⁻¹, para consumo doméstico em pequena escala.

Os fatores populações, salinidade e época de plantio são independentes nas condições do presente estudo, podendo-se praticar o melhoramento genético de coentro em estufas a qualquer época investigada nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmadi M and Souri MK (2018) Growth and mineral content of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. **Acta Physiologiae Plantarum**40: 1-8.

Benincasa MMP (2003) **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. FUNEP, Jaboticabal, 41p.

Câmara TR and Willadino L (2004) Origen y naturaleza de los ambientes salinos. In Reigosa MJ, Pedrol N and Sánchez A (eds) **La Ecofisiología Vegetal – Una ciencia de síntesis**. Thomson, Madrid, p. 303-330.

Cazuza Neto A, Soares TM, Bione MA, Freitas FTO, Melo DM and Silva Filho JA. Qualidade do molho de coentro produzido em água salobra em sistema hidropônico NFT. In: **Anais do I Brazilian Symposium on Salinity & II Brazilian Meeting on Irrigation Engineering de 2014**. Inovagri, Fortaleza, 2014a. p.3678- 3684.

Cruz CD (2006) **Programa GENES: diversidade genética**. Viçosa: Editora UFV, 382 p.

Gomes FP (2009) **Curso de estatística experimental**. Fealq, Piracicaba, 451p.

Laribi B, Kouki K, M'Hamdi M and Bettaieb T (2015) Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. **Fitoterapia** 103: 9-26.

Lima AB de (2008) **Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse salino**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 55p.

Mapa (2020) **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 13 de abril de 2020.

Medeiros JF, Medeiros DS, Porto Filho FQ and Nogueira ICC (1998) Efeitos da qualidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**2: 22-26.

Nascimento WM, Silva PP, Villela RP and Wanderley Júnior LJG (2014) Produção de sementes de coentro. In Nascimento WM (ed) **Produção de sementes de hortaliças**. EMBRAPA, Brasília, p. 147-167.

Neffati M, Sriti J, Hamdaoui G, Kchouk ME and Marzouk, B (2011) Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. **Food Chemistry** 124: 221-225.

Oliveira AP, Melo PCT, Wanderley Júnior LG, Alves AU, Mora MF and Oliveira ANP (2007) Desempenho de genótipos de coentro em Areia. **Horticultura Brasileira**25: 252-255.

Paterniani E and Campos MS (1990) Melhoramento do milho. In Borém A (ed) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Editora UFV, Viçosa, p. 429-485

Prakash V (1990) **Leafy Spices**. CRC Press Inc, Boca Raton, 126p.

Sá FVS, Souto LS, Paiva EP, Ferreira Neto M, Silva RA, Silva MKN, Mesquita EF, Almeida FA and Alves Neto A (2016) Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research** 11: 3728-3732.

Sales MAL, Moreira FJC, Eloi WM, Ribeiro AA, Sales FAL and Monteiro RNF (2015) Germinação e crescimento inicial do coentro em substrato irrigado com água salina. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**9: 221-227

Silva MAG, Soares TM, Oliveira IS, Santos JCS, Pinho JS and Freitas FTO (2015) Produção de coentro em hidroponia NFT com uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** 9: 246-258.

Wei JN, Liu ZH, Zhao YP, Zhao LL, Xue TK and Lan QK (2019) Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**286: 260-267.

Tabela 1. Resultado da análise de variância, em esquema fatorial triplo, para as variáveis ARP14, NF14, ARP21, NF21, ARP28, NF28, ARP35, NF35, CR, MFPA, MFR, MSPA, MSR, TCA e SPA

FV	GL	Quadrado médio														
		ARP 14	NF 14	ARP 21	NF 21	ARP 28	NF 28	ARP 35	NF 35	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR	TCA	SPA
Bloco	2	4,74	0,04	16,99	0,31	59,64	10,18	137,98	3,48	8,69 ^{ns}	39,72	0,39	0,79	0,039	37,03 ^{ns}	56,08
Épocas	1	50,47 ^{**}	2,74 ^{**}	87,96 ^{**}	0,16 ^{ns}	937,49 ^{**}	308,22 ^{**}	3348,50 ^{**}	0,04 ^{**}	388,42 ^{**}	379,51 ^{**}	0,98 ^{**}	0,39 ^{**}	0,021 [*]	584,44 ^{**}	316,48 ^{**}
Salinidade	1	76,91 ^{**}	1,40 ^{**}	280,15 ^{**}	1,80 ^{**}	962,48 ^{**}	2,77 ^{ns}	1946,32 ^{**}	6,56 ^{**}	4,16 ^{ns}	340,34 ^{**}	0,74 ^{**}	1,07 ^{**}	0,010 ^{ns}	283,32 ^{**}	134,46 ^{**}
ExS	1	0,13 ^{ns}	0,016 ^{ns}	2,47 ^{ns}	0,43 ^{ns}	16,53 ^{ns}	0,45 ^{ns}	8,36 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	10,33 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	2,39 ^{ns}	13,34 ^{ns}
Populações	4	0,54 ^{ns}	0,013 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,11 ^{ns}	2,23 ^{ns}	0,92 ^{ns}	14,74 ^{ns}	0,50 ^{ns}	4,87 ^{**}	3,46 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,004 ^{ns}	2,95 ^{ns}	2,59 ^{ns}
ExP	4	0,18 ^{ns}	0,015 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,03 ^{ns}	2,24 ^{ns}	0,50 ^{ns}	7,48 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,40 ^{ns}	2,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	1,59 ^{ns}	1,11 ^{ns}
SxP	4	0,11 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,32 ^{ns}	15,42 ^{ns}	0,22 ^{ns}	4,81 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	3,28 ^{ns}	6,22 ^{ns}
ExSxP	4	0,24 ^{ns}	0,017 ^{ns}	1,67 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,75 ^{ns}	0,44 ^{ns}	5,09 ^{ns}	0,31 ^{ns}	1,16 ^{ns}	2,32 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,84 ^{ns}	8,61 ^{ns}
Resíduo	38	0,60	1,77	0,97	0,046	3,82	0,83	13,47	0,62	1,18	2,59	0,04	0,03	0,004	2,38	5,81
C.V. (%)		5,52	14,71	10,15	6,28	10,46	13,27	10,72	10,19	9,50	20,87	30,44	26,57	36,51	11,28	23,80

^{**} e ^{*} - significativo ao nível de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste f, respectivamente; altura do ramo principal aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio - ARP14, ARP21, ARP28 e ARP35, respectivamente; número de folhas aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio - NF14, NF21, NF28, e NF35, respectivamente; comprimento de raiz - CR; massa fresca da parte aérea - MFPA; massa fresca da raiz - MFR; massa seca da parte aérea - MSPA; massa seca da raiz - MSR; taxa de crescimento acumulado - TCA; suculência da parte aérea - SPA.

Tabela 2. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade, na fonte de variação época de plantio, para as variáveis ARP14, NF14, ARP21, NF21, ARP28, NF28, ARP35, NF35, CR, MFPA, MFR, MSPA, MSR, TCA e SPA

Época	ARP 14	NF 14	ARP 21	NF 21	ARP 28	NF 28	ARP 35	NF 35	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR	TCA	SPA
E1	6,44a	1,68 ^a	11,38a	3,37a	22,65a	5,65 ^a	41,72a	7,76a	14,00a	10,23a	0,79a	0,77a	0,20a	16,80 ^a	12,42a
E2	4,60b	1,25b	8,94b	3,47a	14,74b	4,75b	26,78b	7,71a	8,91b	5,20b	0,54b	0,60b	0,16b	10,56b	7,83b
Época de plantio 1 - E1		18/06/2019 a 22/07/2019													
Época de plantio 2 - E2		01/08/2019 a 05/09/2019													

Tabela 3. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade, na fonte de variação salinidade, para as variáveis ARP14, NF14, ARP21, NF21, ARP28, NF28, ARP35, NF35, CR, MFPA, MFR, MSPA, MSR, TCA e SPA

Salinidade	ARP 14	NF 14	ARP 21	NF 21	ARP 28	NF 28	ARP 35	NF 35	CR	MFPA	MFR	MSPA	MSR	TCA	SPA
CE 2,0	6,65a	1,62a	12,31a	3,60a	22,70a	7,09a	39,94a	8,07a	11,72a	10,10a	0,78a	0,82a	0,19a	15,82a	11,63 ^a
CE 8,0	4,39b	1,31b	7,99b	3,25b	14,69b	6,65a	28,55b	7,40b	11,19a	5,33b	0,55b	0,55b	0,17a	11,51b	8,63b

Tabela 4. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade para a variável CR na fonte de variação Populações

Ciclos	Comprimento da raiz
2º ciclo de seleção	12,50a
4º ciclo de seleção	11,65ab
População base	11,08b
3º ciclo de seleção	11,04b
1º ciclo de seleção	11,02b
Média	11,46

CAPÍTULO III

SELEÇÃO MASSAL ESTRATIFICADA COMO ESTRATÉGIA DE MELHORAMENTO EM COENTRO PARA ESTRESSE ÁCIDO

Seleção massal estratificada como estratégia de melhoramento em coentro para estresse ácido

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi selecionar populações de coentro a partir de uma população base da cultivar Verdão. Foram realizados três ciclos de seleção massal estratificada e, uma vez obtidas as populações, estas foram avaliadas no delineamento experimental de blocos ao acaso no esquema fatorial triplo, constituído por duas épocas de plantio, dois pH nas soluções nutritivas, 4,0 e 7,0 e as quatro populações de coentro Verdão. A solução com pH 7,0 foi obtida com a adição HCl. Os experimentos foram conduzidos em canteiros de alvenaria com cinco metros de comprimento, 20 cm de altura e 20 cm de profundidade, totalmente isolados por reboco de cimento e um filme plástico preenchidos com areia lavada. Para se evitar excesso de umidade, foi utilizado um dreno composto por um tubo corrugado recoberto por uma manta de drenagem conhecida como BIDIM ou geotêxtil. As variáveis altura do ramo principal e número de folhas foram avaliadas aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio. O comprimento da raiz, massa fresca e massa seca da parte aérea, massa fresca e massa seca de raiz foram avaliados após a colheita, realizada aos 35 dias após o plantio.

Não foram detectadas diferenças significativas em todas as características para a fonte de variação (FV) acidez. Para a FV populações, apenas as características altura do ramo principal aos 14 e 28 dias após o plantio, a matéria seca da raiz e o comprimento da raiz apresentaram diferenças significativas. Para FV época de plantio, todas as características avaliadas foram significativamente afetadas. Pela constatação da cultivar Verdão apresentar tolerância à acidez da solução nutritiva, a seleção massal estratificada mostrou-se desnecessária além de não haver interação entre as fontes de variação.

Palavras-chave: Seleção recorrente, *Coriandrum sativum* L., cultivo hidropônico.

ABSTRACT - The objective of this work was to select coriander populations from a base population of the cultivar Verdão. Three stratified mass selection cycles were carried out and, once the populations were obtained, they were evaluated in a randomized block design in a triple factorial scheme, consisting of two planting times, two pH in nutrient solutions, 4.0 and 7, 0 and the four populations of coriander Verdão. The pH 7.0 solution was obtained with the addition of HCl. The experiments were conducted in masonry beds with five meters in length, 20 cm in height and 20 cm in depth, totally isolated by cement plaster and a plastic film filled with washed sand. To avoid excess moisture, a drain consisting of a corrugated pipe covered by a drainage mat known as BIDIM or geotextile was used. The variables height of the main branch and number of leaves were evaluated at 14, 21, 28 and 35 days after planting. The length of the root, fresh weight and dry weight of the aerial part, fresh weight and dry weight of the root were evaluated after harvest, performed at 35 days after planting.

No significant differences were detected in all characteristics for the source of variation (FV) acidity. For VF populations, only the main branch height characteristics at 14 and 28 days after planting, root dry matter and root length showed significant differences. For FV planting time, all evaluated characteristics were significantly affected. Due to the fact that the cultivar Verdão has a tolerance to the acidity of the nutrient solution, stratified mass selection proved to be unnecessary and there was no interaction between the sources of variation.

Keywords: Recurrent selection, *Coriandrum sativum* L, hydroponic cultivation.

INTRODUÇÃO

O coentro (*Coriandrum sativum* L.), também conhecido em espanhol por cilantro e coriander em inglês é uma planta condimentar plantada em todo o mundo (Laribi et al. 2015, Wei et al. 2019) e bastante apreciada no Brasil, notadamente nas regiões Norte e Nordeste.

A colonização europeia das américas foi a grande responsável pela sua difusão no Brasil e outros países da região (Cunha et al. 2011).

A cultivar Verdão foi lançada comercialmente em 1988 e até hoje permanece como a mais plantada no Brasil.

Nas regiões tropicais, os fatores ligados à acidez do solo - saturação por bases, acidez potencial, solubilidade de nutrientes e o pH - são os que mais interferem na produtividade agrícola (Sanchez and Salinas 1983).

A importância do pH do solo reside na manutenção da disponibilidade de todos os elementos para a planta (Zieslin 1994). A eficácia da absorção também depende da natureza do sistema radicular e do volume de solo explorado (Rajj 2011). Valores de pH entre 6,0 e 6,5 são satisfatórios para a maioria das espécies, assegurando boa disponibilidade de macro e micronutrientes, bem como crescimento contínuo das plantas.

No entanto, valores baixos de pH - inferiores a 4 - provocam uma competição iônica entre o íon H^+ e os diversos cátions, tais como: amônio (NH_4^+), potássio (K^+), cálcio (Ca^{+2}), magnésio (Mg^{+2}), cobre (Cu^{+2}), ferro (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}) e zinco (Zn^{+2}). Isto pode causar danos às raízes pelos íons H^+ da solução nutritiva e resultar em graves perdas de cultivo. A integridade das membranas também é afetada, podendo haver perda de nutrientes já absorvidos (Yan et al. 1992). Nessas condições, a concentração de alumínio (Al^{3+}) hidratado também reduz a capacidade de troca de cátions, em função da redução da concentração de cálcio e magnésio. Na faixa de pH entre 4 e 5,5, ocorre a diminuição da concentração de Al^{3+} e o aumento da forma $Al(OH)^{2+}$, o qual é neutralizado a pH 6. A partir do pH 5, ocorre a elevação dos teores de $Al(OH)_3$, atingindo o máximo a pH 7, momento no qual a forma $Al(OH)^{4-}$ tem suas concentrações aumentadas (Marschner 1986). Por outro lado, valores elevados de pH - superiores a 7 - diminuem a absorção dos ânions, tais como: nitrato (NO_3^-), ácido fosfórico ($H_2PO_4^-$), sulfato (SO_4^-), cloreto (Cl^-) e molibdato (MoO_4^{2-}). Também podem ocorrer reações entre cálcio e fosfato ou cálcio

e sulfatos. Com os micronutrientes, por sua vez, podem ocorrer a formação de hidróxidos e ter sua disponibilidade reduzida. Em uma solução básica, com pH acima de 8, o ferro (Fe^{3+}) precipita como hidróxido de ferro $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ insolúvel, resultando na indisponibilidade do ferro para absorção pelas plantas (Epstein and Bloom 2006). Segundo Araújo (2003), o nível adequado de pH em água no ambiente radicular deve ficar entre 5,0 e 6,0.

A importância do pH está em manter na solução todos os nutrientes em formas disponíveis às plantas. Se o pH subir acima de 6,5 poderá haver precipitação de elementos como o cálcio, fósforo, ferro e manganês, que deixam então de estar disponíveis (Zieslin 1994). O problema da acidez na solução nutritiva está relacionado ao desequilíbrio, disponibilidade e absorção dos nutrientes e não a efeitos tóxicos do Al^{3+} , haja vista que este elemento não entra na composição da solução nutritiva formulada para o cultivo hidropônico.

Grande parte das soluções nutritivas não tem capacidade de funcionar como uma solução tampão e o pH não se mantém dentro da faixa ideal, variando continuamente com a absorção dos íons por parte da planta. Assim, recomenda-se que o pH seja monitorado diariamente. O ajuste do pH nas soluções nutritivas pode ser feito por meio da adição de ácidos (sulfúrico, fosfórico, clorídrico ou nítrico), quando se quer abaixar o índice, ou com bases (hidróxido de potássio, de sódio ou de amônio), quando a finalidade é elevar o pH.

Tanto os ácidos quanto os álcalis que contenham um ou mais nutrientes essenciais são menos recomendados do que aqueles que não os contenham. Desse modo, o hidróxido de sódio e o ácido clorídrico são, respectivamente, o álcali e o ácido sugeridos para o ajuste do pH. Raramente há necessidade de se usar hidróxido de sódio para o controle de pH, isso porque o aumento de pH ocorre normalmente com a absorção dos nutrientes da solução. Sendo assim, deve-se manter o pH da solução acima de 5,0 e abaixo de 7,0 para se disponibilizar todos os nutrientes para as plantas (Santos and Minami 2002).

Atualmente o cultivo hidropônico de coentro é uma realidade nos municípios de Vitória de Santo Antão, Pombos, Chã Grande e Passira, locais onde nem sempre há disponibilidade de água com baixos teores de sais e faixa de pH ideais. Tal realidade é comum a outras cidades e regiões do país. Desta feita, a obtenção de cultivares

adaptadas a faixas de pH mais ácidas, pelos programas de melhoramento genético de coentro, torna-se uma necessidade proeminente.

Neste sentido, uma estratégia é explorar a variabilidade genética dos materiais tradicionalmente cultivados e selecionar populações tolerantes à acidez, preservando as características comercialmente desejáveis. Diante disso, buscou-se verificar se a variabilidade genética disponível dentro do cultivar Verdão pode favorecer seleção de populações tolerantes a acidez através da seleção massal estratificada.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil entre os meses de julho de 2015, para obtenção população base a dezembro de 2019, para realização dos experimentos com acidez na Latitude: 8° 01' 02" S e Longitude de 34°56'41" O.

A formação da população base foi através do policruzamento ao acaso de plantas da cultivar Verdão (Feltrin, Horticeres, Hortivale, Isla e Sakata), cultivadas em hidroponia, sob casa de vegetação. A disposição das plantas na casa de vegetação foi tal que permitiu a todas as populações cruzarem-se na mesma proporção, promovendo assim a panmixia. As sementes colhidas foram separadas em dois lotes: um para armazenamento em câmara fria e outro para plantio e obtenção do primeiro ciclo de seleção.

Para o primeiro ciclo de seleção, a semeadura foi realizada em vasos tipo Holambra número 11 (415 ml) contendo como substrato o pó-de-coco; totalizando 5600 plantas divididos em 200 vasos. Os vasos foram mantidos sob casa de vegetação em hidroponia por sub-irrigação por 30 dias após a semeadura, ciclo vegetativo. A solução nutritiva utilizada foi mantida com condutividade elétrica (CE) de 2,0 ds.m⁻¹ e pH 4,0.

O método de melhoramento adotado nesta etapa foi a de seleção massal estratificada (Paterniani and Campos 1999). Neste estudo, cada vaso foi considerado um extrato ou parcela de seleção, cada um com 28 plantas, na qual foi aplicada uma intensidade de seleção de 14,3%.

Em cada extrato foram selecionadas as quatro plantas com melhor crescimento e desenvolvimento. Posteriormente, as plantas selecionadas foram transplantadas

para vasos de 5 litros, contendo como substrato o pó-de-coco, mantidos em casa de vegetação em hidroponia. A solução nutritiva utilizada foi mantida com condutividade elétrica de $2,0 \text{ ds.m}^{-1}$ e pH 6,5.

Após colhidas as sementes deste primeiro ciclo de seleção, foram separadas em duas partes: a primeira, foi identificada e guardada e armazenada em câmara fria e a segunda, utilizada para obtenção de um novo ciclo de seleção. Os procedimentos citados anteriormente se repetiram até o terceiro ciclo de seleção.

Em todos os ciclos o estresse ácido foi induzido a partir da semeadura, prolongando-se até os 30 dias após a mesma.

Para a avaliação das populações, foram instalados experimentos no delineamento de blocos ao acaso, arranjos em fatorial triplo e três repetições. Os fatores avaliados foram: duas épocas de semeadura (23/04/2019 a 27/05/2019 e 05/11/2019 a 09/12/2019), quatro populações (população base e três ciclos de seleção) e dois pH (pH 7,0 e pH 4,0).

As plantas foram semeadas em canteiros de alvenaria, com dimensões de 5 m x 0,20 m x 0,20 m, revestidos com filme plástico para impermeabilização e preenchidos com areia lavada (4,91% de argila, 1,81% de silte e 93,28% de areia). Para se evitar excesso de umidade, foi utilizado um dreno composto por um tubo corrugado recoberto por uma manta de drenagem conhecida como BIDIM ou geotêxtil. A semeadura foi feita em sulcos marcados com gabarito de canos de PVC perfurados a cada 2 cm, onde foi depositada uma semente por furo.

O sistema de irrigação usado foi o de gotejamento, com gotejadores espaçados em 20 cm. A lâmina total de irrigação aplicada foi: 299 mm em 35 dias de cultivo. A solução nutritiva utilizada foi composta de: nitrato de cálcio 885 g, nitrato de potássio 550 g, MKP 220 g, sulfato de magnésio 450 g, quelatec 25 g, ultraferro 25 g, solução de ácido bórico 75 ml (concentração de 25g de ácido bórico para 1 litro de água), diluídos em 1000 litros. Para atingirem a condutividade e o pH especificados, as soluções foram ajustadas com HCl, e água quando havia a necessidade de diluição.

As avaliações foram realizadas aos 14, 21, 28 e 35 dias após a semeadura. Foram avaliados os seguintes caracteres: ARP - altura do ramo principal e NF - número de folhas; a mensuração das características CR - comprimento da raiz, MFPA - massa fresca da parte aérea, MFR - massa fresca da raiz, MSR - massa

seca de raiz e MSPA - massa seca da parte aérea foram realizadas aos 35 dias após a semeadura, a TCA - taxa de crescimento acumulado - calculada com base na altura das plantas (Benincasa 2003) - e SPA - suculência da parte aérea.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância ($p \leq 0,01$ e $\leq 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) através do programa GENES (Cruz 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicam que a época de cultivo influencia no desenvolvimento das plantas para todos os caracteres avaliados, bem como, as populações para os caracteres: Altura do ramo principal aos 14 dias após a semeadura - ARP-14; Altura do ramo principal aos 28 dias após a semeadura - ARP-28; Massa seca da raiz - MSR e Comprimento da raiz - CR, mostrando que a seleção só se mostra eficiente para estes caracteres (Tabela 1).

Por outro lado, para a Acidez e as interações ExA, ExP, AxP, ExAxP não se observa pelos resultados da Anava a existência de variação a 5% de probabilidade, o que significa que a Acidez não influencia nenhum dos caracteres avaliados, indicando que a cultivar Verdão já apresenta suficiente tolerância à acidez (pH 4,0)

A ausência de interações significativas mostram que a seleção das populações para produção de folhas frescas poderá ser realizada independentemente da Época e Acidez da solução (Tabela 1). Samarakoon et al. (2020) encontrou que o pH não influenciou nos sintomas de tipburn, em alface, mas que o rendimento máximo para todas as cultivares foi atingido entre os pH 6,0 e 6,2. Semelhante, não foi visualizado, neste trabalho, nenhum sintoma ou injúria no coentro que possa estar associado ao pH da solução.

Estudos para seleção de genótipos de trigo e de Brachiaria demonstram que plantas cultivadas em solução nutritiva com pH próxima a 4,0 desenvolvem mais suas raízes que aquelas cultivadas em pH na faixa de 6,0 (Camargo et al., 2005 e Martins et al., 2011), o que não foi observado no presente estudo.

Os coeficientes de variação estimados foram considerados baixos e médios, variando de 4,41 a 35,51% (Tabela 1). Segundo Gomes (2009), coeficientes de variação baixo e médio indicam boa e média precisão experimental. Entretanto, as maiores variações foram observadas para os caracteres relacionados à

produtividade, os quais apresentam natureza poligênica e são altamente influenciados ambiente, por apresentarem herdabilidade baixa, sendo comum e aceitável maiores variações (Tabela 1).

Para a maioria dos caracteres, exceto Comprimento da raiz - CR as plantas cultivadas entre 23/04/2019 a 27/05/2019 apresentaram melhor desempenho quando comparadas as plantas cultivadas entre 05/11/2019 a 09/12/2019. Como não houve efeito significativo para populações para a maioria dos caracteres, nem alterações de local e solução nutritiva, é possível que as condições do tempo entre 23/04/2019 a 27/05/2019 tenham se mostrado mais adequado para o cultivo de coentro sob casa de vegetação (Tabela 2), não havendo a possibilidade de isolar qual efeito foi preponderante para isso ocorrer em função da ausência deste estudo.

Temperaturas entre 18 e 25 °C favorecem o melhor desenvolvimento vegetativo do coentro, com estímulo para produção de folhas e talos (Nascimento et al. 2014) porém, os dados de temperatura coletados na estação Curado (82900) do Inmet (2021) não indicam que a temperatura tenha sido o fator determinante para a diferença encontrada.

Para os caracteres que mostram variação nos diferentes ciclos de seleção (Tabela 3), verifica-se que para ARP-28 o 2º ciclo apresenta melhor desempenho, embora não apresente diferença da população base e do 1º e 3º ciclo; para MSR os melhores resultados são obtidos no 1º e 2º ciclo, não diferindo o 2º ciclo do 3º, e por fim para CR o 2º ciclo obteve os melhores resultados, não diferindo do 1º e 3º ciclo. Estes resultados mostram que existe grande possibilidade destas diferenças observadas serem resultados dos efeitos ambientais, principalmente em relação à época de cultivo, pois não se verificou, portanto, um aumento significativo das médias destes caracteres ao longo dos ciclos de seleção (Tabela 3).

CONCLUSÕES

A População base obtida da cultivar Verdão apresenta tolerância satisfatória a acidez, podendo ser cultivada em areia lavada com solução hidropônica com pH 4,0 satisfatoriamente;

A ausência de variação quanto a acidez da solução nutritiva não permitiu a obtenção de ganhos pela utilização da seleção massal estratificada.

Não há interação entre acidez da solução nutritiva, ciclos de seleção massal e época de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benincasa MMP (2003) **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. FUNEP, Jaboticabal, 41p.
- Camargo CEO, Ferreira Filho AWP and Salomon MV (2005) Efeito da concentração salina e pH de soluções nutritivas no crescimento radicular de plântulas de trigo. **Bragantia** 64: 315-321
- Cruz CD (2006) **Programa GENES: diversidade genética**. Viçosa: Editora UFV, 382 p.
- Cunha, AP, Roque, OR and Gaspar, N. (2011), Cultura e utilização das plantas medicinais e aromáticas. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Gomes FP (2009) **Curso de estatística experimental**. Fealq, Piracicaba, 451p.
- Inmet (2021) **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em 10/01/2021.
- Laribi B, Kouki KM Hamdi M and Bettaieb T (2015) Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. **Fitoterapia** 103: 9-26.
- Marschner H (1986) **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, London, 647p.
- Martins EM, Miguel PSB, Rocha WSD, Sobrinho FS, Gomes FT and Oliveira AV (2011) Seleção de genótipos de *brachiaria ruziziensis* quanto à tolerância ao alumínio em solução nutritiva. I: resposta a diferentes concentrações de alumínio e valores de pH em solução nutritiva. **Rev. de ciências agrárias**. v34 n1 154-162
- Nascimento WM (2014) **Produção de sementes de hortaliças**. Embrapa, Brasília, 316p.
- Oliveira AP, Melo PCT, Wanderley Júnior LG, Alves AU, Mora MF and Oliveira ANP (2007) Desempenho de genótipos de coentro em areia. **Horticultura Brasileira** 25: 252-255.
- Paterniani E and Campos MS (1999). Em Borém A (eds) **Melhoramento de espécies cultivadas**. Editora UFV, Viçosa, p. 429-485
- Prakash V (1990) **Leafy Spices**. CRC Press Inc., Boca Raton, 126p.

Sanchez PA and Salinas JG (1983) **Suelos acidos: estrategias para su manejo con bajos insumos en America Tropical**. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Bogotá, 93p.

Santos RNC and Minami K (2002) **Cultivo hidropônico do meloeiro**. ESALQ, Piracicaba, 38p.

Samarakoon U, Palmer J, Ling P and Altland J (2020) Effects of Electrical Conductivity, pH, and Foliar Application of Calcium Chloride on Yield and Tipburn of *Lactuca sativa* Grown Using the Nutrient–Film Technique. **HortScience** 55(8):1265–1271

Yan F, Schubert S and Mengel K (1992) Effect of low root medium pH on net proton release, root respiration and root growth of corn (*Zea mays* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.). **Plant Physiology**99: 415-421.

Wei JN, Liu ZH, Zhao YP, Zhao LL, Xue TK and Lan QK (2019) Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. **Food Chemistry**286: 260-267.

Zieslin N (1994) Effect of pH in the root environment on leakage from plant roots. **Acta Horticulturae**361: 282-289

Tabela 1. Resultado da análise de variância, em esquema fatorial triplo, para as variáveis ARP14, ARP21, ARP28, ARP35, NF21, NF28, NF35, MFPA, MSPA, MFR, MSR, CR, TCA e SPA

FV	GL	Quadrado Médio													
		ARP14	ARP21	ARP28	ARP35	NF21	NF28	NF35	MFPA	MSPA	MFR	MSR	CR	TCA	SPA
Bloco	2	0,39	1,17	48,58	239,30	0,17	0,78	1,42	40,43	0,21	1,44	0,13	5,94	20,96	1,88
Época (E)	1	9,85**	234,61**	500,58**	464,57**	4,63**	1,17**	3,98**	147,18**	0,43**	3,01**	0,64**	10,24*	27,76**	52,08**
Acidez (A)	1	0,15 ^{ns}	1,37 ^{ns}	0,05 ^{ns}	5,90 ^{ns}	0,068 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,07 ^{ns}	5,45 ^{ns}	0,34 ^{ns}	5,08 ^{ns}
E x A	1	0,19 ^{ns}	0,023 ^{ns}	0,004 ^{ns}	31,48 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	2,93 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,20 ^{ns}	3,64 ^{ns}
Populações(P)	3	0,67*	2,07 ^{ns}	13,76*	26,14 ^{ns}	0,054 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,43 ^{ns}	1,74 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,17**	10,34**	1,60 ^{ns}	1,61 ^{ns}
E x P	3	0,15 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,49 ^{ns}	11,28 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,79 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,87 ^{ns}	1,09 ^{ns}	5,21 ^{ns}
A x P	3	0,18 ^{ns}	0,78 ^{ns}	1,29 ^{ns}	4,24 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,66 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,73 ^{ns}
E x A x P	3	0,07 ^{ns}	0,22 ^{ns}	3,40 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,011 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2,23 ^{ns}
Resíduo	30	0,23	0,74	3,57	8,47	0,019	0,14	0,46	1,39	0,015	0,14	0,02	1,93	0,61	3,22
C.V. (%)		8,20	8,62	9,72	8,12	4,41	7,17	8,75	14,01	16,37	28,32	35,61	9,89	9,04	17,68

** e * - significativo ao nível de 1 e 5 % de probabilidade pelo teste f, respectivamente; altura do ramo principal aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio - Alt14, Alt21, Alt28 e Alt35, respectivamente; número de olhas aos 21, 28 e 35 dias após o plantio - NF21, NF28 e NF35, massa fresca da parte aérea – MFPA; massa seca da parte aérea – MSPA; massa fresca da raiz – MFR; massa seca da raiz – MSR ; Comprimento de raiz – CR; taxa de crescimento acumulado – TCA e suculência da parte aérea – SPA.

Tabela 2. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade, na fonte de variação época de plantio, para as variáveis ARP14, ARP21, ARP28, ARP35, NF21, NF28, NF35, MFPA, MSPA, MFR, MSR, CR, TCA, SPA

Exp.	ARP14	ARP21	ARP28	ARP35	NF21	NF28	NF35	MFPA	MSPA	MFR	MSR	CR	TCA	SPA
1	6,19a	12,20a	22,69a	38,96 ^a	3,49a	5,43a	8,06a	10,16a	0,84a	1,60a	0,54a	13,59b	9,36a	11,19a
2	5,28b	7,78b	16,23b	32,74b	2,87b	5,12b	7,49b	6,66b	0,66b	1,08b	0,31b	14,52 ^a	7,85b	9,11b

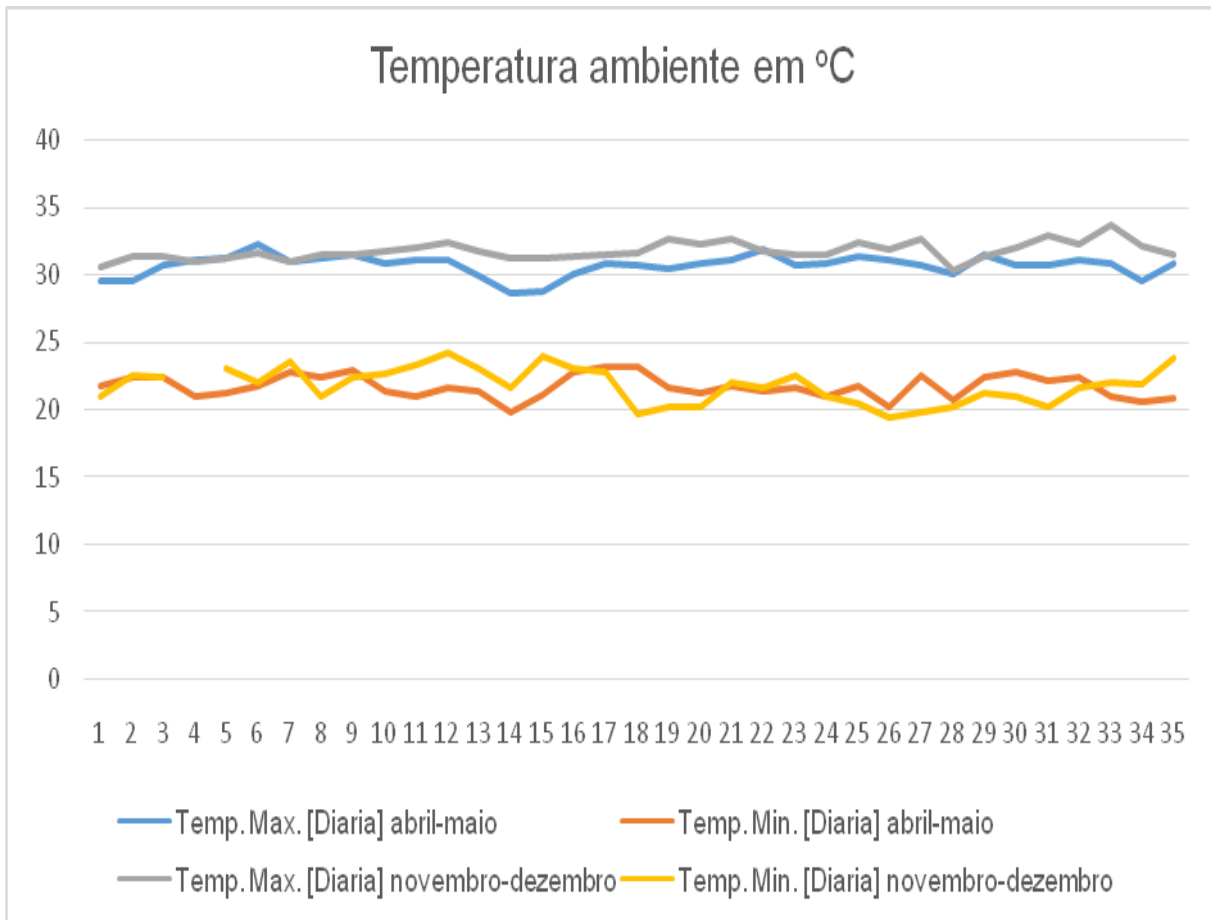
Altura do ramo principal aos 14, 21, 28 e 35 dias após o plantio - ARP14, ARP21, ARP28 e ARP35, respectivamente; número de olhas aos 21, 28 e 35 dias após o plantio - NF21, NF28 e NF35, comprimento de raiz – CR; massa fresca da parte aérea – MFPA; massa fresca da raiz – MFR; massa seca da parte aérea – MSPA; massa seca da raiz – MSR; taxa de crescimento acumulado – TCA e suculência da parte aérea – SPA.

Tabela 3. Resultado do teste de Tukey a 5% de probabilidade para as variáveis ARP14, ARP28, MSR e CR na fonte de variação Populações

Ciclos	ARP14	ARP28	MSR	CR
População base	5,81a	18,92ab	0,27b	12,95b
1º ciclo de seleção	5,38a	18,24b	0,49 ^a	14,05ab
2º ciclo de seleção	5,85a	20,56a	0,54 ^a	15,22a
3º ciclo de seleção	5,89a	20,13ab	0,39ab	14,02ab
Média	5,73	19,46	0,42	14,06

Altura do ramo principal aos 14 e 28 dias após o plantio - ARP4 e ARP28, massa seca da raiz – MSR e comprimento de raiz – CR.

Gráfico 1. Comportamentos das temperaturas máximas e mínimas durante as duas épocas de plantio



Média das máximas: abril – maio 30,7 °C

Média das mínimas: 21,7 °C

Média das máximas: novembro - dezembro 31,7 °C

Média das mínimas: 21,8°C

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os experimentos de seleção massal estratificada para estresse salino e estresse ácido mostram que as populações apresentam pouco progresso em quatro e em três ciclos de seleção respectivamente.

O fator ambiental época de cultivo é muito significativo para cultivo do coentro com solução nutritiva em estufa.

Para seleção massal estratificada os fatores época de plantio, estresse salino ou ácido e populações são independentes entre si.