

AURENÍVIA BONIFÁCIO DE LIMA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE
CULTIVARES DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.)
SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

**RECIFE
FEVEREIRO - 2008**

AURENÍVIA BONIFÁCIO DE LIMA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E BIOQUÍMICAS DE
CULTIVARES DE COENTRO (*Coriandrum sativum* L.)
SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO**

Dissertação apresentada
ao Programa de Pós-
Graduação em Botânica
(PPGB) na área de
concentração em Taxonomia,
Fisiologia e Ecologia dos
Ecossistemas do Nordeste
(Linha de Pesquisa em
Fisiologia e Biotecnologia) para
a obtenção do grau de Mestre
em Botânica.

Orientadora: Dra. Terezinha Rangel Camara

Conselheiros: Dr. Dimas Menezes
Dr. Gilberto de Souza e Silva Júnior

**RECIFE
FEVEREIRO - 2008**

Ficha catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

_____ Lima, Aurenívia Bonifácio de
Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse salino / Aurenívia Bonifácio de Lima. – 2008.
55f. :il.

Orientadora: Terezinha Rangel Camara
Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia.
Inclui anexo e bibliografia.

CDD

1. Coentro (*Coriandrum sativum*)
2. Salinidade
3. Crescimento
4. Sódio e potássio
5. Solutos compatíveis
6. Enzimas
- I. Camara, Terezinha Rangel
- II. Título

Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de
coentro (*Coriandrum sativum* L.) submetidas ao estresse
salino

Aurenívia Bonifácio de Lima

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora:

Orientadora:

Dra. Terezinha Rangel Camara

Examinadores:

Dra. Lilia Willadino - UFRPE

Dra. Ana Lúcia Figueiredo Porto - UFRPE

Dr. Mairon M. da Silva - UFRPE

RECIFE
FEVEREIRO - 2008

Dedico
A minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha existência.

A minha querida orientadora, Profa. Terezinha Camara, pela acolhida, incentivo, ensinamentos, amizade, apoio, estímulo... enfim por tudo!

Aos meus Conselheiros, Prof. Dimas Menezes e Prof. Gilberto de Souza e Silva Junior pela paciência, ensinamentos e amizade.

As Profas. Lilia Willadino e Ana Porto pelas valiosas colaborações e amizade.

A minha família que muito me apoiou ao longo desta jornada.

A Augusto Noronha, meu namorado, que sempre esteve ao meu lado me dando todo o carinho, amor e apoio que precisei.

Aos amigos Luiz Evandro, Gilberto Júnior, Daniela Werner, Milton Costa, Juliana Ribeiro e Wellington Carneiro pela colaboração nas análises químicas, pelas boas conversas e amizade.

Aos estagiários e bolsistas dos Laboratórios de Cultura de Tecidos Vegetais (Daniela Werner, Gemima, Patrícia Paulino, Vitor, Manoel, Gilvani, Patrícia Cunha, Nise, Bruna, Fabian, Luciana, Luiz Evandro e Helder), Nutrição Mineral de Plantas e Bioquímica Vegetal (André, Amanda, Aécio, Fernando, Francimar e Vinícius) pela imensa colaboração e amizade.

Aos amigos de turma do mestrado (Turma 2006.1) que também contribuíram muito na realização deste trabalho com as experiências trocadas e apoio.

Aos amigos extra-laboratório (Gileno, Claudia, Marta, Fernanda, Marcelle, Elizandro...) pelas ótimas conversas e amizade.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pela bolsa concedida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) representado atualmente pelo Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque.

A Sra. Margarida, secretária do PPGB, por toda colaboração.

A todos os professores, funcionários técnico-administrativos da UFRPE, amigos e parentes que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

	Nº pág.
LISTA DE TABELAS.....	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 Aspectos gerais da cultura do coentro.....	11
2.1.1 Aspectos socioeconômicos da cultura.....	11
2.1.2 Aspectos botânicos.....	12
2.1.3 Aspectos nutricionais e de uso.....	12
2.2 A salinização dos solos.....	13
2.2.1 Efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas.....	14
2.2.2 Efeito da salinidade sobre os íon-específicos.....	15
2.3 Efeito da salinidade sobre a síntese de solutos compatíveis...	15
2.4 Efeito da salinidade sobre o Metabolismo antioxidativo.....	16
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
4. MANUSCRITO.....	22
Aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em coentro (<i>Coriandrum sativum</i> L.).....	23
Resumo.....	23
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão.....	28
Referências.....	42
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6. ANEXOS.....	48

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Dados de altura (ALT), número de folhas (NF) e taxa de crescimento absoluto (TCA) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	29
Tabela 2 – Dados de biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA e BSPA) e raízes (BFR e BSR) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	30
Tabela 3 – Dados referentes às suculências da parte aérea (SCPA) e raízes (SCR) e relação parte aérea/raiz (PA/R) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	31
Tabela 4 – Teores do íon cloreto (Cl ⁻) na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	32
Tabela 5 – Teores do íon sódio (Na ⁺) na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	33
Tabela 6 – Teores do íon potássio (K ⁺) na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	34
Tabela 7 – Relação Na ⁺ /K ⁺ na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	35
Tabela 8 – Teores endógenos médios de prolina livre, proteína solúvel e fenóis totais em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	36

LISTA DE TABELAS (CONT.)

	Pág.
Tabela 9 – Teores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose (SAC) e açucares redutores (AR) na matéria seca da parte aérea de cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	38
Tabela 10 – Atividades específicas de peroxidase (POX) e polifenoloxidase (PPO) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.....	40

1. INTRODUÇÃO GERAL

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie olerícola consumida em todas as regiões do Brasil, mas, principalmente na Região Nordeste (Medeiros et al., 1998). Devido às condições climáticas dessa região, o coentro é muitas vezes cultivado com o uso de irrigação e a água utilizada é proveniente de pequenas fontes, tais como poços e açudes pequenos, que podem apresentar concentrações elevadas de sais (Medeiros et al., 1998).

As áreas irrigadas são particularmente predispostas à salinização, devido tanto ao uso de águas salinas quanto à elevação do lençol freático decorrente de um excesso de rega associado a uma drenagem insuficiente em solos com baixa condutividade hidráulica (Fernandez et al., 1984).

A salinidade dos solos é um dos fatores limitantes à produção agrícola, em virtude da redução do potencial osmótico da solução e ou dos fatores tóxicos de alguns constituintes iônicos sobre os diversos processos fisiológicos das plantas (Marschner, 1990). Os efeitos da salinidade vão desde a quebra da homeostase iônica e metabólica à indução de um estresse secundário – o estresse oxidativo. As respostas das plantas ao estresse salino passam tanto pela capacidade de manter ou restabelecer a homeostase como também de acionar os mecanismos de defesa antioxidativo (Willadino & Camara, 2005; Azevedo Neto et al., 2005).

As hortaliças, de um modo geral, são sensíveis à salinidade e devido ao uso indevido de sistemas de irrigação que favorecem o aumento das áreas salinizadas, há uma necessidade de se produzir culturas que sejam mais resistentes à salinidade (Filgueira, 2002; FAO, 2005). Compreender as respostas fisiológicas dos genótipos às condições de estresse salino pode auxiliar na escolha de culturas e cultivares que permitam conviver com áreas salinizadas apresentando alternativas socioeconômicas de fixação do homem no campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura do coentro

2.1.1 Aspectos históricos e socioeconômicos da cultura

O coentro é uma hortaliça cultivada há mais de três mil anos (Quer, 1993) e, provavelmente, foi introduzida no Brasil pelos primeiros colonos (Corrêa, 1984). O termo *coentro* deriva da palavra grega *kóris* (*Koriandron*) que significa percevejo (Corrêa, 1984) devido ao acentuado aroma das folhas, flores e sementes. Amplamente consumida no Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste como parte de vários pratos típicos, e sendo consumida *in natura* (folhas e ramos verdes) ou na forma de sementes (inteiras ou moídas). É considerada uma “cultura de quintal”, embora tenha grande importância socioeconômica devido ao grande número de produtores envolvidos com seu cultivo (Pereira et al., 2005).

Dados sobre a área cultivada do coentro no Brasil ainda são desconhecidos, devido à ausência de dados estatísticos e por ser cultivada em pequena escala, porém é bem sabido que há um grande volume anual de sementes comercializadas (Nascimento & Pereira, 2005; Pereira et al., 2004). O Rio Grande do Sul é o maior produtor de sementes de coentro no Brasil. Lá, devido ao rigoroso frio do inverno, durante a primavera ocorre uma floração bastante intensa que favorece a produtividade (ISLA, 2002a). Os estados de Minas Gerais, Pernambuco e Goiás são também responsáveis pela produção de sementes no Brasil (Nascimento & Pereira, 2005).

Até 1987, as sementes de coentro utilizadas no Brasil eram importadas da Europa (95% de Portugal e 5% da França e Holanda). Neste mesmo ano, iniciou-se o cultivo de coentro no Brasil visando atender a demanda do mercado interno, e a produção foi de sete toneladas. Em 1990, esse número aumentou para 54 toneladas (ISLA, 2002b). Os dados mais recentes são do ano de 2002 e mostram que o volume de produção de coentro gira em torno de 200 a 270 toneladas (ABRASEM, 2007). Nascimento & Pereira (2005) relatam que a comercialização de sementes de coentro, no ano de 2001, gerou um valor aproximado de 2,7 milhões de reais.

2.1.2 Aspectos botânicos

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) pertence à família Apiaceae, que possui aproximadamente 300 gêneros e cerca de 3.000 espécies (Joly, 2002). A espécie provavelmente teve origem na Europa e no Oriente (Nascimento & Pereira, 2005) sendo introduzida no Brasil no período de colonização (Corrêa, 1984).

O coentro é uma herbácea anual, glabra, com a raiz pivotante do tipo fusiforme e que pode atingir alturas que vão de 30 a 60 cm na fase vegetativa e até 140 cm durante a floração. A espécie possui caule ereto e simpodial. Os galhos possuem coloração verde, podendo se tornar violeta durante a época da floração, e terminam com uma inflorescência. O galho de uma planta adulta é oco e sua base pode ter até 2,0 cm de diâmetro (Deiderichsen, 1996; Nascimento & Pereira, 2005).

A planta de coentro apresenta diversifolia, formando diferentes classes de folhas à medida que se desenvolve. As folhas são compostas, profundamente partidas e com disposição alternada. As primeiras folhas (inferiores) são do tipo pinatífidas e as demais vão de bi a pentapinatífidas com grande redução da área foliar. Durante a floração as folhas podem apresentar coloração vermelha ou violeta (Santos & Alves, 1992; Deiderichsen, 1996).

As flores do coentro são pequenas, hermafroditas e brancas (algumas vezes podem ser róseas) e reunidas em uma inflorescência do tipo umbela composta que pode ser a principal (primeira umbela a surgir na planta) ou as secundárias (demais umbelas) (Deiderichsen, 1996). O seu fruto é um diaquênio ovóide e globuloso (Quer, 1993; Joly, 2002).

2.1.3 Aspectos nutricionais e de uso

O coentro é bastante cultivado no Brasil para uso como condimento em pratos típicos da cozinha do Norte e Nordeste (Nascimento & Pereira, 2005). As folhas do coentro são aparentemente similares as da salsa (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym.; Apiaceae) possuem óleo essencial de aroma bastante característico e são bastante utilizadas na elaboração de vários molhos e temperos (Corrêa, 1984). Constitui também uma boa fonte de cálcio, ferro,

vitamina C e pró-vitamina A. Além disso, apresenta propriedades medicinais, estando entre as espécies carminativas que ajudam a combater diversas afecções das vias respiratórias e também regular o funcionamento intestinal (Santos & Alves, 1992; Nascimento & Pereira, 2005).

Os frutos ou as sementes secas também são ricos em óleos essenciais com aroma e sabor muito apreciados e largamente empregados na indústria alimentícia para a fabricação de licores, doces e condimentos e também na indústria de perfumes e cosméticos (Nascimento & Pereira, 2005). Pode ser utilizado na preparação de infusões como analgésico, antiespasmódico, antigripal e diurético e na obtenção do óleo essencial, o linalol, que é utilizado na produção de fármacos e também para corrigir o aroma e sabor de alguns medicamentos (Quer, 1993; Nascimento & Pereira, 2005).

2.2 A salinização dos solos

Normalmente, o solo apresenta uma solução diluída de sais, de forma que sua presença não dificulta a absorção de água pelas plantas, sendo parte destes sais absorvido pelas raízes para promover a nutrição mineral das mesmas. Os solos que apresentam concentrações de sais solúveis acima de $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ são denominados solos salinos. Nesses solos pode-se encontrar freqüentemente uma combinação dos ânions CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} com os cátions K^+ , Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (Bohn et al., 1985; Orcutt & Nilsen, 2000).

A salinização dos solos pode ocorrer por fatores naturais ou antrópicos. Dentre os fatores naturais, o mais freqüente é o de origem litólica, porém a geomorfologia e a baixa umidade associada a altas taxas evaporativas podem também levar à formação de solos salinos, como ocorre em regiões áridas e semi-áridas. O homem, por meio da irrigação sem uma drenagem adequada, utilizando águas salinas, pode também induzir ou agravar o processo de salinização do solo (Orcutt & Nilsen, 2000). Estima-se que cerca de 230 milhões de hectares das áreas irrigadas do mundo encontram-se salinizadas (FAO, 2005).

2.2.1 Efeito da salinidade sobre o crescimento das plantas

Em ambiente com grande quantidade de sais solúveis no solo, o crescimento e desenvolvimento das plantas são limitados (Levitt, 1980) devido ao sal ocasionar em plantas glicófitas, modificações morfológicas, estruturais e metabólicas (Andrade Neto et al., 2003).

Os efeitos do estresse salino podem ser classificados em primários e secundários. Os efeitos primários incluem os efeitos tóxicos específicos dos íons; os danos na permeabilidade das membranas celulares e de organelas citoplasmáticas; o desequilíbrio metabólico nos processos fotossintético e respiratório; anabolismo e catabolismo de aminoácidos, proteínas e ácidos nucléicos; reações enzimáticas e conversões de fitormônios (Levitt, 1980; Willadino & Camara, 2005). Já os efeitos secundários incluem efeitos osmóticos e deficiência de nutrientes induzida pela competição dos íons Na^+ e Cl^- com os demais durante o processo de absorção (Levitt, 1980).

O modelo bifásico de alteração do crescimento identifica a redução do potencial osmótico como o primeiro fator e o efeito específico dos íons, como o segundo (Munns, 1993). Na primeira fase, o crescimento da planta é afetado pelos sais que estão no exterior da mesma e é regulado por sinalização proveniente da raiz, sobretudo pelo ácido abscísico (ABA). Na segunda fase, a redução do crescimento é resultante do acúmulo de sais no interior da planta. Este efeito é função da elevada quantidade de sal absorvido, o qual ultrapassa a capacidade da planta de compartimentalizá-lo no vacúolo (Munns, 1993; Willadino & Camara, 2005).

A salinidade excessiva é capaz de promover decréscimos significativos na produção de matéria seca da parte aérea (Willadino et al., 1999) e das raízes (Colmer et al., 1995), na área foliar efetiva (Osaki et al., 1991) e na taxa de crescimento relativo das plantas (Schwarz & Gale, 1984; Willadino et al., 1999). A inibição do crescimento da raiz pela salinidade reduz a área radicular efetiva e o volume de solo explorado. Diante disso, ocorre uma limitação ao crescimento da parte aérea devido ao decréscimo na absorção e no suprimento de nutrientes minerais essenciais e água (Davies & Zhang, 1991; Zidan et al., 1992).

2.2.2 Efeito da salinidade sobre os íons-específicos

O estresse salino provoca distúrbios na absorção e distribuição da maioria dos nutrientes minerais essenciais, de tal forma que a nutrição mineral e o crescimento das plantas ficam comprometidos (Alberico & Cramer, 1993).

Quando as plantas são expostas à salinidade, o equilíbrio no transporte de íons Na^+ e Cl^- e de outros nutrientes minerais essenciais é interrompido. O íon cloreto é um dos solutos que contribui para a redução do potencial osmótico celular facilitando a absorção de água (Chiesa, 1993), entretanto, seu excesso provoca clorose e necrose das folhas, ocasionando queda de produção (Marschner, 1990).

Os distúrbios metabólicos gerados pelo acúmulo de íons Na^+ na célula são, em parte, resultantes da competição com o íon K^+ pelos sítios ativos das enzimas citoplasmáticas (Blumwald et al., 2000) e dos ribossomos (Tester & Davenport, 2003). O aumento da concentração de íon Na^+ é acompanhado de redução na absorção de íon K^+ nos tecidos vegetais (Yang et al., 1990; Khatun & Flowers, 1995), proporcionando aumento excessivo na relação Na^+/K^+ (Rogers & Noble, 1992). A relação Na^+/K^+ é usada como um índice que permite estimar a toxidez de íon Na^+ , uma vez que esse cátion inibe a atividade das enzimas dependentes de íon K^+ (Jeschke, 1984). A capacidade de manter uma relação Na^+/K^+ relativamente baixa no citoplasma e transportar os íons Na^+ e Cl^- para longe dos sítios do metabolismo primário (folhas) são duas condições críticas para que ocorra o crescimento da planta em condições salinas (Ullah et al., 1992; Tester & Davenport, 2003).

2.3 Efeito da salinidade sobre a síntese de solutos compatíveis

Elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo reduzem o potencial osmótico e diminuem a disponibilidade da água para a planta. Essa situação requer o aumento da concentração de osmólitos no citosol, seja pela absorção de solutos, seja pela síntese de compostos orgânicos compatíveis com o metabolismo celular. Os solutos mais acessíveis, íons Na^+ e Cl^- , são potencialmente tóxicos para as glicófitas quando em altas concentrações no citosol (Tester & Davenport, 2003).

Os solutos compatíveis constituem um pequeno grupo de substâncias diferentes quimicamente (Willadino et al., 1999; Hasegawa et al., 2000). O acúmulo de compostos orgânicos solúveis no citoplasma de plantas cultivadas em condições de salinidade é apontado como um dos mecanismos utilizados para balancear os potenciais osmóticos entre o citoplasma e o vacúolo, sem, contudo, causar danos às enzimas, pela elevação na concentração de eletrólitos no citoplasma (Greenway & Munns, 1980).

Há evidências de que os solutos compatíveis, além de garantirem o fluxo contínuo de água na planta podem também ser capazes de substituir a água pelo seu caráter hidrofílico. Desta forma, podem atuar como osmoprotetores de macromoléculas bem como de membranas, auxiliando no escape e/ou tolerância ao estresse causado pela salinidade (Hasegawa et al., 2000).

A prolina é um dos vários solutos orgânicos apontados como osmoprotetor em plantas submetidas a estresse osmótico (hídrico e/ou salino). A prolina é compatível com outros componentes citoplasmáticos e pode ser facilmente convertida em glutamato, que participa da via biossintética de outros aminoácidos essenciais. Tem-se demonstrado uma correlação positiva entre a acumulação de prolina e a tolerância ao estresse salino, tanto em trabalhos realizados com cultivo *in vitro* (Camara et al., 1998), como naqueles envolvendo a planta inteira (Storey et al., 1993). A acumulação de prolina pode, entretanto, ser interpretada como sintoma de danos causados na planta pelo estresse osmótico (Hasegawa et al., 1986; Das et al., 1990).

2.4 Efeito da salinidade sobre o metabolismo antioxidativo

Os mecanismos ligados à tolerância à salinidade ainda não estão bem elucidados devido à complexidade deste fenômeno que envolve alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (Bray, 2000; Azevedo Neto et al., 2005).

A tolerância à salinidade tem sido geralmente estudada com base nos mecanismos de regulação da homeostase iônica e osmótica. Contudo, além destes aspectos, o estresse salino também pode induzir o estresse oxidativo que é representado pelo aumento da produção de espécies reativas de

oxigênio (ROS), tais como o íon superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila (OH^\cdot). Estas ROS são altamente reativas e podem alterar o metabolismo celular normal, causando danos oxidativos a lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos (Azevedo Neto et al., 2005).

A fim de minimizar os danos causados pelas ROS, as plantas podem lançar mão de um complexo sistema de defesa que envolve substâncias antioxidantes, como, por exemplo, ácido ascórbico e carotenóides, e enzimas antioxidativas, tais como catalase, superóxido dismutase, ascorbato peroxidase, peroxidases não específicas, glutatona redutase, entre outras (Bray, 2000; Filipi, 2004; Azevedo Neto, 2005).

Alguns autores ressaltam a importância da coordenação entre a atividade da superóxido dismutase com as atividades da catalase, ascorbato peroxidase e peroxidases não específicas nos processos de remoção do superóxido e peróxido de hidrogênio e, conseqüentemente, na tolerância à salinidade (Liang et al., 2003; Badawi et al., 2004).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM (Associação Brasileira de Sementes). Disponível em: www.abrasem.com.br/estatistica/index.asp. 2007.

ALBERICO, G.J.; CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.11, p.2289-2303, 1993.

ANDRADE NETO, R.C.; GÓES, G.B.; QUEIROGA, R.C.F.; NUNES, G.H.S.; MEDEIROS, J.F.; ARAÚJO, W.B.M. **Efeito de concentrações de salinidade e híbridos de melão sobre a germinação de sementes e o crescimento inicial da plântula**. Mossoró: ESAM, 2003.

AZEVEDO NETO, A.D. Estresse salino, estresse oxidativo e tolerância cruzada em plantas de milho. In: NOGUEIRA, R.J.M. C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTI, U.M.T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005.

AZEVEDO NETO, A.D.; PRISCO, J.T.; ENÉAS-FILHO, J.; MEDEIROS, J.; GOMES-FILHO, E. Effects of H_2O_2 pre-treatment on growth, lipid peroxidation and antioxidative enzymes of salt-stressed maize plants. **Journal of Plant Physiology**, v.162, n.10, p.1114-1122, 2005.

BADAWI, G.H.; YAMAUCHI, Y.; SHIMADA, E.; SASAKI, R.; NAOYOSHI, K.; TANAKI, K. Enhanced tolerance to salt stress and water deficit by overexpressing superoxide dismutase in tobacco (*Nicotiana tabacum*) chloroplasts. **Plant Science**, v.166, p.919-928, 2004.

BLUMWALD, E.; AHARON, G.S.; APSE, M.P. Sodium transport in plant cells. **Biochimics and Biophysics Acta**, v.1465, p.140-151, 2000.

BOHN, H.L.; MCNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil Chemistry**. New York: John Wiley, 1985. 341p.

BRAY, E.A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E.; Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville. American Society of Plant Physiologists, 2000. cap.22, p.1158-1203.

CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.; TORNÉ, J.M.; RODRÍGUEZ, P.; SANTOS, M.A. Efeito da putrescina e do estresse salino em calos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.10, p.153-156, 1998.

CHIESA, A. Tolerancia a la salinidad de cultivares de tomatera durante la germinación. **Invest. Agric. Prot. Veg.**, v.8, p.341-349, 1993.

COLMER, T.D.; EPSTEIN, E.; DVORAK, J. Differential solute regulation in leaf blades of various ages in salt-sensitive wheat and a salt-tolerant wheat x *Lophopyrum elongatum* (Host) A. Löve Amphiploid. **Plant Physiology**, v.108, p.1715-1724, 1995.

CORRÊA, M.T. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, v.2, p.335-336, 1984.

DAS, N.; MISRA, M.; MISRA, A. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of Pear millet: free solute accumulation. **Journal of Plant Physiology**, v.137, p.244-246, 1990.

DAVIES, W.J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of the growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.55-76, 1991.

DEIDERICHSEN, A. **Coriander (*Coriandrum sativum* L.)**. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute of Plants Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 1996. 82p.

FAO (Food Agriculture Organization): **crops & livestock primary & processed**. Disponível em: <<http://fao.org.br>> Acessado em :24 março 2005.

FERNANDEZ, J.G.; GUTIERREZ, A.M.; PALENZUELA, A.Z. Aplicación de mejoradores químicos en suelos salinos. **Agroquímica y alimentaria**, v.30, p.17-20, 1984.

FILIPI, S.B. **Papel da alantoína na nutrição nitrogenada e respostas antioxidativas de células de café em suspensão**. 2004. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2002. 402p.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.D.; HANDA, A.K. Cellular mechanism of salinity tolerance. **HortScience**, v.21, p.1317-1324, 1986.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology**, v.51, p.463-469, 2000.

ISLA. **Coentro para o Brasil**. Disponível em: <http://www.isla.com.br/cgi-bin/artigo.cgi?id_artigo=86>. Informativo ISLA Sementes, n. 15, 2002a.

ISLA. **Mesa mais temperada**. Disponível em: <http://www.isla.com.br/cgi-bin/artigo.cgi?id_artigo=131>. Informativo ISLA Sementes, n. 15, 2002b.

JESCHKE, W.D. K^+ - Na^+ exchanges at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In: STAPLES, R.C.; TOENNIESSEN, G.H. **Salinity tolerance in plants**: strategies for crop improvement. New York: John Wiley and Sons, 1984. p.37-66.

JOLY, A.B. **Botânica**: Introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v.4, 2002.

KHATUM, S.; FLOWERS, T.J. Effects of salinity on seed set in rice. **Plant Cell and Environment**, v.18, p.61-67, 1995.

LEVITT, J. **Response of plants to environmental stress**. New York: Academic Press, 1980. p.365-488.

LIANG, Y.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W.; DING, R. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stress barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Plant Physiology**, v.160, p.1157-1164, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 4 ed. London: Academic Press, 1990. 674p.

MEDEIROS, J.F.; MEDEIROS, D.S.; PORTO FILHO, F.Q.; NOGUEIRA, I.C.C. Efeitos da qualidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, p.22-26, 1998.

MUNNS, R. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypothesis. **Plant Cell and Environment**, v.16, p.15-24, 1993.

NASCIMENTO, W.M.; PEREIRA R.S. Coentro: A hortaliça de mil e uma utilidades. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, 2005.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **The physiology of plants under stress-soil and biotic factors**. New York: John Wiley e Sons, 2000.

OSAKI, M.K.; MORIKAWA, K.; YOSHIDA, M.; SHINANO, T.; TADANO, T. Productivity among high-yielding crops. **Soil Science Plant Nutrition**, v.37, p.331-339, 1991.

PEREIRA, R.S.; GOMES, E.M.L.; NASCIMENTO, W.M. Colheita mecânica de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, v.22. Suplemento CD-ROM, 2004.

PEREIRA, M.S.; MUNIZ, M.S.B.; NASCIMENTO, W.M. Aspectos relacionados à qualidade de sementes de coentro. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.703-706, 2005.

QUER, R.B. **Plantas medicinales: El dioscorides renovado**. Barcelona: editorial Labor S/A. v.2, p.482-484, 1993. 386p.

ROGERS, M.E.; NOBLE, C.L. Variation in growth and ion accumulation between two selected populations of *Trifolium repens* L. differing in salt tolerance. **Plant and Soil**, v.146, p.131-136, 1992.

SANTOS, J.H.R.; ALVES, J.M.A. Biofenologia do coentro. **Acta Botanica Brasilica**, v.6, n.1, p.73-78, 1992.

SCHWARZ, M.; GALE, J. Growth response to salinity at high levels of carbon dioxide. **Journal of Experimental Botany**, v.35, n.151, p.193-196, 1984.

STOREY, R.; GORHAM, J.; PITMAN, M.G.; HANSON, A.D.; CAGE, D. Response of *Melanthera biflora* to salinity and water stress. **Journal of Experimental Botany**, v.44, p.1551-1560, 1993.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.

ULLAH, S.M.; SOJA, G.; GERZABEK, M.H. Ion uptake, osmoregulation and plant-water relations in faba beans (*Vicia faba* L.) under salt stress. **Die Bodenkultur**, v.44, n.4, p.291-301, 1992.

WILLADINO, L.; MARTINS, M.H.B.; CAMARA, T.R.; ANDRADE, A.G.; ALVES, G.D. Resposta de genótipos de milho ao estresse salino em condições hidropônicas. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.1209-1214, 1999.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: Fisiologia, genética e melhoramento. In: WORKSHOP: USO E REUSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR – REALIDADES E PERSPECTIVAS, 1., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2005. p. 508-535.

YANG, Y.W.; NEWTON, R.J.; MILLER, F.R. Salinity tolerance in *Sorghum*: I. Whole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* e *S. halepense*. **Crop Science**, v.30, p.775-781, 1990.

ZIDAN, I.; SHAVIV, A.; RAVINA, I.; NEUMANN, P.M. Does salinity inhibit maize leaf growth by reducing tissues concentrations of essential mineral nutrients? **Journal of Plant Nutrition**, v.15, p.1407-1419, 1992.

4. MANUSCRITO

Aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em coentro (*Coriandrum sativum* L.)¹

¹Trabalho desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB/UFRPE) a ser enviado para Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

Aspectos fisiológicos e bioquímicos do estresse salino em coentro (*Coriandrum sativum* L.)

Aurenívia Bonifácio de Lima⁽¹⁾, Gilberto de Souza e Silva Júnior⁽²⁾, Dimas Menezes⁽³⁾, Lilia Willadino⁽⁴⁾ e Terezinha Rangel Camara⁽⁵⁾

⁽¹⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Depto. de Biologia, R. D. Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE. CEP: 52171-900; aureniviablima@hotmail.com; ⁽²⁾Escola Agrotécnica Federal de Vitória de Santo Antão; gilbertojunior26@hotmail.com; ⁽³⁾UFRPE, Depto. de Agronomia; dimas@depa.ufrpe.br; ⁽⁴⁾UFRPE, Depto. de Biologia; lilia@pq.cnpq.br; ⁽⁵⁾UFRPE, Depto. de Química; tkrcamara@bol.com.br.

RESUMO – Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de coentro submetidas à salinidade foram avaliados, tendo em vista o efeito sobre o desenvolvimento e a natureza oxidativa do estresse salino. Plantas de coentro de duas cultivares (Tabocas e Verdão) foram submetidas a três concentrações de NaCl (0, 50 e 100 mol.m⁻³). Foram observados, semanalmente, o número de folhas (NF) e a altura (ALT). Quantificou-se a biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA) e das raízes (BFR) e calculou-se a succulência da parte aérea (SCPA) e das raízes (SCR) e a taxa de crescimento absoluto (TCA). Determinaram-se, ainda, as concentrações de íons sódio (Na⁺), cloreto (Cl⁻) e potássio (K⁺), prolina livre (PL), proteína solúvel (PS), fenóis totais (FT), carboidratos solúveis totais (CST), sacarose (SAC), açúcares redutores (AR) e a atividade enzimática de peroxidase (POX) e polifenoloxidase (PPO). Os dados foram analisados com o programa ASSISTAT. Foram observados efeitos danosos do NaCl nos parâmetros de crescimento em ambas cultivares, exceto no NF e BSR (na cv. Tabocas). Os teores de Na⁺ e Cl⁻ aumentaram enquanto que os de K⁺ decresceram, na parte aérea e nas raízes. A relação Na/K alcançou valores de até 1,5. Os concentrações de PL, PS, FT, CST, AR e SAC acresceram com a adição do NaCl à solução nutritiva, bem como as atividades das enzimas POX e PPO. De modo geral, a cv. Verdão foi a que melhor se desenvolveu nas condições de salinidade impostas.

Palavras-chave: coentro, estresse salino, crescimento, íons-específicos, enzimas.

ABSTRACT – Physiologic and biochemical aspects of the two corianders cultivate submitted to the salinity were evaluated, have in view the effect on the development and the oxidative nature of the salt stress. Coriander plants of two cultivates (Tabocas and Verdão) were submitted at the tree levels of the NaCl (0, 50 and 100 mol.m⁻³). Were observed, weekly, the leaves number (LN) and the height (H). The fresh and dry biomass of the shoot (FBS and DBS) and root (FBR and DBR) was quantified and it was calculated the succulency of the shoot (SCS) and roots (SCR) and the absolute growth tax (AGT). Were determinate, still, sodium (Na⁺), chloride (Cl⁻) and potassium (K⁺) ions, free proline (FP), soluble protein (SP), total phenols (TP), total soluble carbohydrate (TSC), sucrose (SUC), reduce sugars (RS) analyze and peroxidase (POX) and poliphenol oxidase (PPO) enzymatic activity. Data were analysed with the ASSISTAT program. Detrimental effects of NaCl were observed in the growth parameters of both cultivate studied, except in LN and DBR (in the cv. Tabocas). The Na⁺ and Cl⁻ tenors increased while the K⁺ decreased, in the shoot and roots. The Na/K relationship reached values of up to 1,5. The FP, SP, TP, TSC, SUC and RS levels increased with the added of NaCl in the nutritious solution, as well as the enzymes activities of the POX and PPO. In general, Verdão cultivate it was the better grew in the salinity conditions imposed.

Key words: coriander, salt stress, growth, specific-ions, enzymes.

Introdução

O coentro (*Coriandrum sativum* L.) é uma espécie olerícola largamente consumida em todas as regiões do Brasil, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Nesta última as condições climáticas requerem o uso de irrigação que, muitas vezes, utiliza água de pequenas fontes (poços e açudes) que podem conter concentrações elevadas de sais (Medeiros et al., 1998). O excesso de sais na solução do solo causa inibição do crescimento das plantas como resultado de efeitos osmótico e iônico. A elevação da concentração salina provoca redução do potencial osmótico da solução do solo e, conseqüentemente, reduz a disponibilidade de água para as plantas (Munns, 2002). O efeito iônico do estresse salino é traduzido em distúrbios na absorção e distribuição dos nutrientes minerais essenciais (Alberico & Cramer, 1993; Tester & Davenport, 2003). A redução da concentração do íon K^+ em função do incremento da salinidade é o efeito íon-específico mais estudado e a capacidade de absorção seletiva do íon K^+ associada à extrusão do íon Na^+ vem sendo apontada como mecanismo de tolerância de algumas plantas (Willadino & Camara, 2005). O acúmulo do íon Na^+ na célula provoca distúrbios que são, em parte, resultantes da competição com o íon K^+ por sítios ativos enzimáticos (Blumwald et al., 2000).

A redução do potencial hídrico e da disponibilidade da água para a planta, resultante de elevadas concentrações de sais dissolvidos na solução do solo, promovem o aumento da concentração de osmólitos no citosol. Esse processo, chamado de ajuste osmótico, é realizado mediante a elevação, no interior da planta, da concentração de solutos orgânicos (prolina, carboidratos, aminoácidos, etc) e/ou inorgânicos (íons Na^+ ,

Cl⁻ e K⁺) a concentrações compatíveis com o metabolismo celular (Hasegawa et al., 2000; Munns, 2002).

A quebra da homeostase iônica e metabólica decorrente do estresse salino pode provocar um estresse oxidativo gerado pela produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS), tais como o superóxido (O₂⁻), o peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e o radical hidroxila (OH⁻), que são potencialmente tóxicas para as plantas (Azevedo Neto et al., 2006). Para minimizar os danos causados pelas ROS as plantas possuem um complexo sistema antioxidativo de defesa que envolve substâncias tanto de natureza enzimática (superóxido dismutase, catalase, peroxidases não específicas, glutathione redutase, entre outras) como não enzimática (fenóis, carotenóides, etc) (Bray et al., 2000; Costa et al., 2005).

Aspectos fisiológicos e bioquímicos em cultivares de coentro submetidas à diferentes concentrações de NaCl foram avaliados com o intuito de averiguar seu efeito sobre o desenvolvimento e a natureza oxidativa do estresse salino.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Foram utilizadas sementes de duas cultivares de coentro: Tabocas e Verdão.

Os tratamentos foram: 0 (controle), 50 e 100 mol.m⁻³ de cloreto de sódio (NaCl). O tratamento controle foi feito com solução nutritiva de fertilizante solúvel (Kristalon® marrom - 3% N; 11% P₂O₅; 38% K₂O; 4% MgO; 11% S; 0,025% B; 0,004% Mo; 0,01% Cu-EDTA; 0,025% Zn-EDTA; 0,07% Fe-EDTA e 0,04% Mn-EDTA) e nitrato

de cálcio (Barco Viking® – 15,5% N e 19,0% Ca) sem NaCl e os demais com a mesma solução nutritiva de fertilizante solúvel acrescida de NaCl nas proporções necessárias para cada tratamento.

As sementes (8/cova) foram semeadas diretamente em vasos (unidade experimental) com capacidade de 2,8L, contendo areia fina peneirada e lavada. Quinze dias após a semeadura, as plantas começaram a receber solução nutritiva que inicialmente foi de 25% da força iônica total sendo aumentada para 50% e 100% nos dois dias seguintes. Aos 25 dias após o semeio foi feito o desbaste e a diferenciação dos tratamentos, deixando-se apenas três plantas por vaso.

As plantas dos tratamentos 50 e 100 mol.m⁻³ de NaCl receberam, durante os sete dias iniciais, solução nutritiva com 25 e 50 mol.m⁻³ de NaCl, respectivamente, a fim de se evitar um choque osmótico. As médias da condutividade elétrica das soluções nutritivas (CESn) com 0, 50 e 100 mol.m⁻³ de NaCl foram de 1,9; 6,5 e 12,3 dS.m⁻¹, respectivamente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, onde cada unidade experimental (vaso) continha três plantas e cada tratamento oito repetições totalizando 48 unidades experimentais. Os vasos foram perfurados de modo a permitir a drenagem e evitar um acúmulo progressivo de sais no substrato que teve a superfície coberta por uma fina camada de cascalho fino a fim de minimizar a evaporação e o desenvolvimento de algas. O volume drenado de cada vaso foi descartado.

Para a obtenção dos dados biométricos foram feitas avaliações semanais do número de folhas (NF) por contagem direta e da altura da planta (AP) com o auxílio de uma fita métrica, indo desde o ponto de referência marcado com fita adesiva (próximo ao substrato) até a última folha totalmente expandida.

Na ocasião da coleta, aos 45 dias após a semeadura, determinou-se a biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e das raízes (BFR), com auxílio de balança digital com precisão de 0,1g. As amostras frescas coletadas foram acondicionadas, separadamente, em sacos de papel devidamente identificados e levados para secar em estufa de aeração forçada a 70°C até peso constante. Em seguida, determinou-se a biomassa seca da parte aérea (BSPA) e das raízes (BSR) e a razão parte aérea/raiz (PA/R).

De posse dos dados de biomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes foram determinadas às suculeências da parte aérea (SCPA) e das raízes (SCR). A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi determinada com base na altura das plantas. Para os cálculos das variáveis supracitadas, seguiu-se a metodologia proposta por Benincasa (2003) conforme a seguir:

$$\text{Suculência}_{\text{órgão}} = (\text{MF}_{\text{órgão}} - \text{MS}_{\text{órgão}}) / \text{MS}_{\text{órgão}}$$

$$\text{TCA} = (\text{Alt}_f - \text{Alt}_i) / t$$

Onde: $\text{MF}_{\text{órgão}}$ é a biomassa fresca nos diferentes órgãos; $\text{MS}_{\text{órgão}}$ é a biomassa seca nos diferentes órgãos; Alt_f é a altura final; Alt_i é a altura inicial; t é o tempo de duração dos tratamentos salinos.

Amostras de tecido foliar fresco foram coletadas, congeladas e armazenadas em freezer (-20°C) até o momento da determinação dos teores de prolina livre (Bates, 1973) e proteína solúvel (Bradford, 1976). A atividade das enzimas peroxidase (Fatibello-Filho & Vieira, 2002) e polifenoloxidase (Kar & Mishra, 1976) também foram observadas.

As amostras vegetais secas trituradas em moinho de facas tipo Wiley (peneira de 20 a 40 mesh) e utilizadas para as análises químicas dos teores do íon sódio (Na^+) e íon potássio (K^+), após extração com ácido nítrico, e do íon cloreto (Cl^-), após extração com

água. Na^+ e K^+ foram determinados por fotometria de emissão de chama (Miyazawa et al., 1983), enquanto que Cl^- por titulometria com nitrato de prata (Malavolta et al., 1989). Amostras vegetais secas também foram utilizadas para a determinação dos teores de fenóis totais (Browning, 1975), carboidratos solúveis totais (Yemm & Willis, 1954) e sacarose (van Handel, 1968). Os teores de açúcares não-redutores foram determinados a partir da diferença entre os teores de carboidratos solúveis totais e sacarose.

Os dados foram analisados estatisticamente por meio do programa ASSISTAT (Silva & Azevedo, 2002), procedendo-se à análise de variância com teste F e a aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade para a comparação das médias.

Resultados e Discussão

Houve um efeito deletério do NaCl na maioria das variáveis de crescimento avaliadas em ambas cultivares. No que diz respeito à altura (ALT) e à taxa de crescimento absoluto (TCA), plantas da cv. Tabocas submetidas a 100 mol.m^{-3} de NaCl apresentaram reduções percentuais da ordem de 31% e 56%, respectivamente, quando comparadas às do controle. Já a cv. Verdão apresentou reduções na ordem de 26% para a ALT e de 47% para TCA, quando comparou-se o tratamento controle e o 100 mol.m^{-3} de NaCl (Tabela 1). Medeiros et al. (1998), observando coentro (cv. Aromática) sob irrigação com água de três diferentes concentrações de salinidade (0,56; 2,41 e 3,93 dS.m^{-1}) também encontrou decréscimos na altura média das plantas na ordem de 67%. A redução do crescimento é, talvez, o efeito mais evidente do estresse salino sobre as plantas. Atuam neste sentido as componentes osmótica e iônica, conforme sugerido por Munns (1993). Isto pode ser atribuído a uma diminuição da divisão e expansão celular

que resulta numa perda de produtividade por parte do vegetal (Orcutt & Nilsen, 2000; Zhu, 2001).

Tabela 1 – Dados de altura (ALT), número de folhas (NF) e taxa de crescimento absoluto (TCA) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m ⁻³)	ALT (cm)		NF		TCA (mm.dia ⁻¹)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	20,22 a	21,57 a	7,59 a	7,17 a	9,56 a	10,45 a
50	16,63 b	18,99 b	7,38 a	7,25 a	6,47 b	7,60 b
100	13,93 c	15,86 c	7,08 a	7,00 a	4,18 c	5,51 c

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como pode ser observado na tabela 1, o número de folhas (NF) não foi afetado pela salinidade em ambas cultivares estudada. Silva Junior (2007), estudando bananeira em condições de salinidade, ressalta que esta variável não é apontada como um parâmetro adequado para indicar tolerância à salinidade. O autor justifica com o fato de que a planta pode ter o seu número total de folhas reduzido, aumentando, entretanto, a área de cada folha, o que compensaria uma possível perda de área fotossintética.

A produção de biomassa fresca, tanto na parte aérea como nas raízes, e seca, na parte aérea, apresentou reduções significativas com o aumento do nível de salinidade (Tabela 2). Quando comparados o tratamento 100 mol.m⁻³ de NaCl e o controle, a cv. Tabocas apresentou maior percentagem de redução da BFPA (65%), BFR (46%) e BSPA (54%) e na cv. Verdão a BFPA (56%), BFR (41%) e BSPA (48%) estas elevadas reduções também foram observadas. Entretanto, a cv. Verdão apresentou maior redução na produção de biomassa seca radicular (BSR), a qual foi maior na cv. Verdão (35%) e a da cv. Tabocas não foi significativa (Tabela 2). Observando-se estes valores pode-se

notar que, a parte aérea parece ter sido mais afetada que as raízes, fato também observado por outros autores em estudos com salinidade em milho (Azevedo Neto & Tabosa, 2000), sorgo (Lacerda et al., 2001) e alface (Viana et al., 2004).

Tabela 2 – Dados de biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA e BSPA) e das raízes (BFR e BSR) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m ⁻³)	BFPA (g)		BFR (g)		BSPA (g)		BSR (g)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	14,42 a	12,61 a	4,41 a	3,66 a	1,39 a	1,27 a	0,25 a	0,26 a
50	8,95 b	8,96 b	3,68 ab	3,49 a	0,97 b	0,98 b	0,22 a	0,24 a
100	5,11 c	5,54 c	2,39 b	2,17 b	0,64 c	0,66 c	0,22 a	0,17 b

Letras iguais entre as concentrações de salinidade para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A redução da biomassa fresca (parte aérea e raízes), em ambas cultivares, pode estar relacionada com o efeito osmótico da salinidade, que reduz o potencial osmótico da solução do solo e dificulta a condução da água em direção às células (Tester & Davenport, 2003) ou ainda por um suprimento inadequado de nutrientes para a planta devido a um desequilíbrio iônico provocado pelo excesso de íons Na⁺ e Cl⁻ (Alberico & Cramer, 1993; Tester & Davenport, 2003).

A redução da biomassa seca apresentada pela cv. Verdão, tanto na parte aérea quanto nas raízes, e pela cv. Tabocas, na parte aérea, pode ser um reflexo do aumento da respiração devido à condição de estresse e da redução na fixação do CO₂ decorrente de uma inadequada taxa fotossintética (Greenway & Munns, 1980; Zhu, 2001) ou, ainda, com o desvio da energia metabólica que é investido na manutenção da planta, representando um custo metabólico relacionado à adaptação à salinidade (Orcutt & Nilsen, 2000; Taiz & Zeiger, 2003).

Observaram-se reduções na razão parte aérea/raiz (PA/R) quando se comparou o tratamento controle e o 100 mol.m⁻³ (Tabela 3). A redução foi mais evidente na cv. Tabocas (36%) que na cv. Verdão (20%). Shannon & Grieve (1999) sugerem que a redução da relação parte aérea/raiz esta relacionada com o efeito osmótico resultante do estresse salino.

Tabela 3 – Dados referentes às suculências da parte aérea (SCPA) e raízes (SCR) e relação parte aérea/raiz (PA/R) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m ⁻³)	SCPA (g H ₂ O . g ⁻¹ de MS)		SCR (g H ₂ O . g ⁻¹ de MS)		PA/R	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	9,35 a	9,00 a	5,52 a	4,83 a	16,32 a	13,06 ab
50	8,28 b	8,11 b	4,35 b	4,21 ab	15,58 a	13,88 a
100	6,89 c	7,58 b	3,52 b	3,87 b	11,58 b	11,75 b

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de suculência mostrados na Tabela 3 permitem constatar que na parte aérea (SCPA) da cv. Tabocas ocorreu uma redução significativa na ordem de 26% nas plantas submetidas a 100 mol.m⁻³ de NaCl, enquanto que na cv. Verdão essa redução foi de apenas 16%, em relação ao controle. Ambas cultivares apresentaram maiores valores absolutos de suculência nas raízes (SCR) que na parte aérea (SCPA), assim mesmo, a redução foi de 29% na cv. Tabocas e de 10% na cv. Verdão, quando comparados os tratamentos controle e o 100 mol.m⁻³. O menor percentual de redução na SCR da cv. Verdão foi combinado com um reduzido acúmulo de Na⁺ nas raízes (ver Tabela 4).

Segundo Larcher (2004), os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito dos sais, de forma que a taxa de crescimento e a produção de

biomassa podem servir de critérios para avaliar o grau de estresse e a capacidade da planta de superar o estresse salino.

Houve uma correlação positiva entre a concentração de NaCl na solução nutritiva e os teores do íon sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-), acarretando acúmulo destes tanto na parte aérea como nas raízes em ambas cultivares (Tabelas 4 e 5). Pode-se notar que o acúmulo de íon Na^+ na parte aérea foi gradativo em ambas cultivares, enquanto que nas raízes não houve aumento do teor de íon Na^+ quando a concentração de NaCl passou de 50 para 100 mol.m^{-3} na solução nutritiva, já para os teores de íons cloreto esse aumento foi gradativo sendo registrada diferença significativa entre os tratamentos empregados, tanto para a parte aérea quanto para as raízes.

Quando comparados os tratamentos controle e 100 mol.m^{-3} , pode-se observar que o teor de Cl^- na parte aérea da cv. Tabocas triplicou e na cv. Verdão também para a parte aérea esse valor duplicou. Já para as raízes da cv. Tabocas, quando observamos o tratamento 100 mol.m^{-3} em relação ao controle, se observa que a adição de NaCl à solução nutritiva provocou aumentos na ordem de 4 vezes, enquanto que a cv. Verdão duplicou os teores de Cl^- nas suas raízes.

Tabela 4 – Teores de íon cloreto (Cl^-) na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m^{-3})	Parte aérea (mmol.g^{-1} de MS)		Raízes (mmol.g^{-1} de MS)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	0,382 c	0,743 c	0,331 c	0,538 c
50	1,056 b	1,191 b	1,068 b	1,217 b
100	1,258 a	1,541 a	1,385 a	1,428 a

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Grandes aumentos nos teores foliares e das raízes de Na⁺ e Cl⁻ provocados pela elevação dos níveis de salinidade possivelmente causaram toxidez (Zhu, 2001; Munns, 2002) e podem ter sido um fator importante para a redução no crescimento observada nas cultivares estudadas.

Tabela 5 – Teores de íon sódio (Na⁺) na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m ⁻³)	Parte aérea (mmol.g ⁻¹ de MS)		Raízes (mmol.g ⁻¹ de MS)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	0,037 c	0,037 c	0,034 b	0,035 b
50	0,803 b	0,820 b	1,408 a	1,343 a
100	0,994 a	1,076 a	1,455 a	1,194 a

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O teor do íon Na⁺ na parte aérea da cv. Tabocas, quando observado o tratamento com 100 mol.m⁻³ de NaCl, foi aproximadamente 1,5 vezes maior que o teor do mesmo íon nas raízes. A cv. Verdão, também quando observado o tratamento com 100 mol.m⁻³ de NaCl, apresentou uma distribuição mais equilibrada entre parte aérea e as raízes, sugerindo um mecanismo de extrusão do íon Na⁺ pelas raízes possivelmente mais eficiente que a cv. Tabocas (Tabela 5). Este fato é importante para a identificação de plantas tolerantes à salinidade, visto que distúrbios fisiológicos (redução do crescimento) e bioquímicos (aumento da síntese de osmorreguladores e da atividade enzimática) em plantas sensíveis ocorrem pela falta de capacidade em regular o teor de íon Na⁺, principalmente, nos órgãos fotossintetizadores (Blumwald, 2000).

A concentração de íon K⁺ no tecido vegetal, tanto na parte aérea quanto nas raízes, em ambas cultivares foi inversamente proporcional as concentrações de NaCl na solução nutritiva (Tabela 6). Na parte aérea de ambas as cultivares, o decréscimo no teor

de íon K^+ foi da ordem de 40%, enquanto que nas raízes foi da ordem de 50%, quando se comparou o controle e o 100 mol.m^{-3} . Resultados semelhantes foram encontrados por Lacerda et al. (2001), que ressaltaram que a salinidade provoca uma redução na taxa de transferência do íon K^+ para a parte aérea devido a uma redução de absorção desse íon pelas raízes.

Tabela 6 – Teores de íon potássio (K^+) na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m^{-3})	Parte aérea (mmol.g^{-1} de MS)		Raízes (mmol.g^{-1} de MS)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	2,036 a	1,912 a	1,714 a	1,728 a
50	1,463 b	1,313 b	0,988 b	1,088 b
100	1,082 c	1,094 c	0,782 c	0,796 c

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As altas concentrações de íon Na^+ em torno da zona radicular desencadeada pela rega com solução salinizada (NaCl) e a competição entre os íons Na^+ e K^+ pelos mesmos sítios de absorção na membrana plasmática justificam a queda do teor de íon K^+ (Blumwald, 2000). Ao contrário do íon Na^+ , o íon K^+ é essencial para as plantas e é requerido em altas quantidades (Mahajan & Tuteja, 2005). A redução do crescimento exibida por ambas cultivares, mais evidenciada na cv. Tabocas, pode ser um reflexo da combinação de uma falta de capacidade em lidar com altas concentrações de íon Na^+ nas raízes (Tabela 4) e ainda a redução da absorção de íon K^+ evidenciada nas plantas sob estresse (100 mol.m^{-3} de NaCl) (Tabela 6).

A relação Na^+/K^+ aumentou em ambas cultivares (Tabela 7), tanto para a parte aérea quanto para as raízes. Na parte aérea, em ambas cultivares, a relação Na^+/K^+ alcançou valores próximos de 1, enquanto nas raízes essa relação superou o patamar de

1,4 à medida que aumentou a concentração de NaCl na solução nutritiva. Na cv. Tabocas o aumento na relação Na^+/K^+ na parte aérea e nas raízes foi gradativo, enquanto que na cv. Verdão o aumento foi gradativo apenas para a parte aérea e nas raízes não houve diferença significativa entre os tratamentos 50 e 100 mol.m^{-3} .

Tabela 7 – Relação Na^+/K^+ na parte aérea e nas raízes em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m^{-3})	Parte aérea		Raízes	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	0,018 c	0,019 c	0,020 c	0,020 b
50	0,549 b	0,624 b	1,425 b	1,234 a
100	0,919 a	0,983 a	1,861 a	1,500 a

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Costa et al. (2003) também encontraram, em trabalho com sete cultivares de feijão de corda, valores da relação Na^+/K^+ próximos a 1 nas folhas desenvolvidas da cultivar mais sensível ao estresse salino e ressaltou que este fato pode ter sido o responsável pelo menor desenvolvimento da mesma. Os altos teores do íon Na^+ , que aumenta a relação Na^+/K^+ , podem levar a um desbalanço osmótico, inibição da expansão e divisão celular e ainda inibição enzimática (Blumwald, 2000; Zhu, 2001; Mahajan & Tuteja, 2005).

Neste trabalho, observou-se que a redução no crescimento, traduzida pela redução na produção de biomassa fresca e seca, altura de planta, razão parte aérea/raiz e taxa de crescimento absoluto, foi maior na cv. Tabocas e coincidiu com uma tendência de maior acúmulo de íon Na^+ nas raízes em relação a cv. Verdão. O efluxo do íon Na^+ bem como a compartimentalização do mesmo contribuem para baixar as concentrações citosólicas de íon Na^+ e, conseqüentemente, assegurar o ajuste osmótico. Em *Arabidopsis*, o efluxo

de íon Na^+ é mediado por antiporte (SOS1) Na^+/H^+ na membrana plasmática (Gao et al., 2007). O SOS1 funciona no transporte de íon Na^+ à longa distância, entre raízes e parte aérea, por meio do carregamento e descarregamento de íon Na^+ desde o xilema do caule, bem como o efluxo de íon Na^+ nas raízes (Shi et al., 2003). A cv. Verdão parece ter um eficiente mecanismo de extrusão de íon Na^+ das raízes, no qual contribuiu para um melhor crescimento frente à cv. Tabocas quando submetida ao estresse salino.

O teor de proteína solúvel no tecido fresco aumentou significativamente em ambas cultivares quando submetidas a 100 mol.m^{-3} de NaCl (Tabela 8). A cv. Tabocas apresentou tendência a maiores valores absolutos de proteína solúvel na matéria fresca em relação a cv. Verdão, em todos os tratamentos analisados. O acúmulo de proteína solúvel registrado em brotos de arroz submetidos à salinidade foi considerado uma estratégia de adaptação ao estresse salino por Krishnamurthy & Bhagwat (1989). A presença do sal pode contribuir para aumentar a solubilização das proteínas dos tecidos, sem que isto implique, necessariamente, em aumento efetivo da massa protéica, quando sob estresse salino (Cavalcanti et al., 2004). As proteínas são freqüentemente degradadas e restabelecidas de forma a assegurar a reutilização de aminoácidos e adequar o conteúdo protéico para fazer frente às condições ambientais (Piza et al., 2003).

Tabela 8 – Teores endógenos médios de prolina livre, proteína solúvel e fenóis totais na parte aérea de cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m^{-3})	Prolina livre (mg.g^{-1} de MF)		Proteína solúvel (mg.g^{-1} de MF)		Fenóis totais (mg.g^{-1} de MS)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	0,028 b	0,029 b	2,97 b	1,68 b	5,99 b	4,90 b
50	0,033 b	0,036 ab	3,46 a	1,94 ab	6,24 b	5,02 b
100	0,056 a	0,042 a	3,53 a	2,17 a	8,32 a	5,82 a

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No maior nível de salinidade (100 mol.m^{-3} de NaCl), o teor endógeno de prolina livre aumentou significativamente em ambas cultivares (Tabela 8). O aumento na concentração de prolina livre em condições de estresse já foi amplamente documentado, tanto em estresse hídrico (van Rensburg et al., 1993) como em estresse salino (Cachorro et al., 1993; Camara et al., 2000).

A adição de 50 mol.m^{-3} de NaCl à solução nutritiva não promoveu o incremento do teor endógeno de prolina livre nas plantas de ambas cultivares. Todavia, quando as plantas da cv. Tabocas foram submetidas a 100 mol.m^{-3} de NaCl, a concentração endógena de prolina livre duplicou em relação ao tratamento controle. Já na cv. Verdão, o incremento no teor de prolina livre nas plantas submetidas a 100 mol.m^{-3} de NaCl foi pouco mais que 1,4 vezes em relação ao tratamento controle.

O significado do acúmulo de prolina livre em tecidos de plantas submetidas a condições de estresse osmótico é bastante controverso. A prolina livre tem sido apontada como soluto citoplasmático e como composto de reserva ou agente protetor de enzimas e estruturas celulares (Öztürk & Demir, 2002). Sob condições de estresse, a prolina livre pode proteger enzimas da inativação pela salinidade, calor e frio (Sharma et al., 1998; Demir & Kocaçaliskan, 2001; Öztürk & Demir, 2002). A prolina livre parece fazer frente ao efeito inibidor do NaCl sobre o crescimento, contribuindo para uma maior adaptação das plantas e tecidos submetidos a condições adversas, entretanto, a acumulação de prolina livre pode também ser interpretada como sintoma de danos causados na planta pelo estresse (Hasegawa et al., 1986; Das et al., 1990).

Foi observado aumento significativo no teor de fenóis totais nas duas cultivares quando submetidas a 100 mol.m^{-3} de NaCl (Tabela 8). Na cv. Tabocas este aumento foi na ordem de 39%, enquanto que na cv. Verdão o aumento foi de apenas 19%. Os fenóis

são considerados substâncias responsáveis pela atividade antioxidante devido as suas propriedades redutoras e desempenham um importante papel na neutralização e/ou seqüestro de radicais livres (Kaur et al., 2006; Sousa et al., 2007) e o seu aumento pode estar relacionado com um mecanismo da planta utilizado a fim de superar o estresse oxidativo provocado pela salinidade.

Registrou-se aumento na concentração de carboidratos solúveis e açúcares redutores na matéria seca das duas cultivares de coentro (Tabocas e Verdão) à medida que se elevou os níveis de NaCl na solução nutritiva (Tabela 9). Para a concentração de carboidratos solúveis, a cv. Tabocas apresentou aumento na ordem de 31%, quando comparados os tratamentos controle e 100 mol.m⁻³, enquanto que para a cv. Verdão esse aumento foi da ordem de 43%. Para os açúcares redutores, pode-se notar que, quando comparados os tratamentos controle e 100 mmol.m³ de NaCl, na cv. Tabocas o aumento foi da ordem de 65%, enquanto que na cv. Verdão os valores chegaram a duplicar ficando na ordem de 123%.

Tabela 9 – Teores de carboidratos solúveis totais (CST), sacarose (SAC) e açúcares redutores (AR) na matéria seca da parte aérea de cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m ⁻³)	CST (mmol.g ⁻¹ de MS)		SAC (mmol.g ⁻¹ de MS)		AR (mmol.g ⁻¹ de MS)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	40,95 c	37,01 c	22,65 c	23,68 b	16,31 c	13,33 c
50	44,15 b	44,67 b	27,84 a	26,66 a	18,30 b	18,02 b
100	53,70 a	53,10 a	26,72 b	23,43 c	26,98 a	29,67 a

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O aumento, tanto de carboidratos solúveis como também de açúcares redutores, pode ter contribuído com a redução do potencial osmótico foliar, e conseqüentemente

com uma tentativa de ajustamento osmótico que levasse a uma condição adequada para o crescimento da planta, porém o papel destes na adaptação e tolerância à salinidade ainda não é claro, devido, sobretudo às variações inter e intra-específicas existentes (Munns, 2002; Ashraf & Harris, 2004).

Com relação à concentração de sacarose (Tabela 9), registrou-se na cv. Tabocas um aumento na ordem de 18% quando comparados os tratamentos controle e 100 mmol.m³ de NaCl, porém este aumento foi de 23% no tratamento 50 mmol.m³ de NaCl em relação ao controle. Na cv. Verdão pode-se observar que a concentração de sacarose no tecido foliar foi mantida, apesar da diferença significativa encontrada, havendo um aumento da ordem de 13% quando comparados os tratamentos controle e 50 mmol.m³ de NaCl e com relação ao tratamento 100 mmol.m³ de NaCl registrou-se as menores concentrações de NaCl.

O aumento na concentração de compostos orgânicos solúveis, no citoplasma de plantas cultivadas e submetidas a estresse salino, tem sido considerado como um mecanismo utilizado, pelas plantas, para balancear os potenciais osmóticos, entre o citoplasma e o vacúolo, e evitar danos aos sistemas enzimáticos, protegendo as estruturas e funções celulares, além de constituir fonte de energia metabólica (Munns, 2002; Serraj & Sinclair, 2002; Taiz & Zeiger, 2004; Parida & Das, 2005).

A adição de NaCl na solução nutritiva promoveu aumentos significativos na atividade das enzimas peroxidase (POX) e polifenoloxidase (PPO) em ambas cultivares (Tabela 10). A atividade da POX em ambas cultivares aumentou em valores absolutos com o incremento das concentrações de NaCl. Entretanto, as diferenças significativas só foram encontradas quando as plantas foram submetidas a 100 mol.m⁻³ de NaCl. Na cv. Tabocas, a atividade da POX variou de 146 a 242 U.min⁻¹.mg⁻¹ de proteína solúvel (PS)

representando um incremento na ordem de 66%. Por outro lado, na cv. Verdão essa atividade variou de 201 a 367 U.min⁻¹.mg⁻¹ de proteína solúvel (PS), representando um incremento na ordem de 82%. Esta cultivar apresentou, ademais, valores constitutivos superiores aos da cv. Tabocas. O aumento da atividade específica da POX em plantas sob condições de estresse salino permitiria maior tolerância ao estresse (Sreenivasulu et al., 1999; Mittal & Dubey, 1991).

Para a atividade específica da PPO também foram encontrados aumentos significativos em ambas cultivares, ocorrendo variações de 8,43 a 13,23 U.mg⁻¹ de proteína solúvel na cv. Tabocas e de 19,63 a 28,95 U.mg⁻¹ de proteína solúvel na cv. Verdão. Quando se comparou o controle com o tratamento de 100 mol.m⁻³ de NaCl, observou-se o aumento na atividade da enzima na cv. Tabocas na ordem de 57%. Por outro lado, a cv. Verdão apresentou aumento significativo na ordem de 47%. A polifenoloxidase catalisa reações com fenóis (mono e difenóis) que envolvem oxigênio (Gomes et al., 2001), sendo considerada útil na defesa ao estresse oxidativo induzido pela salinidade (Agarwal & Pandey, 2004).

Tabela 10 – Atividades específicas de peroxidase (POX) e polifenoloxidase (PPO) em cultivares de coentro submetidas a diferentes concentrações de NaCl.

Tratamentos (mol.m ⁻³)	Peroxidase (POX) (U.min ⁻¹ .mg ⁻¹ de PS)		Polifenoloxidase (PPO) (U.mg ⁻¹ de PS)	
	Tabocas	Verdão	Tabocas	Verdão
0	146 b	201 b	8,43 b	19,63 b
50	158 ab	212 b	9,27 b	25,17 a
100	242 a	367 a	13,23 a	28,95 a

Letras iguais entre as concentrações de NaCl para a mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As atividades de POX e PPO em folhas de *Momordica charantia* L. aumentaram consideravelmente quando submetidas a 75 mmol.L^{-1} de NaCl (Agarwal & Shaheen, 2007). O aumento da atividade dessas enzimas sob tratamentos com NaCl já tinha sido registrado antes por Agarwal & Pandey (2004). Distintas isoformas de POX que funcionam como seqüestradoras de ROS podem desempenhar um importante papel no metabolismo de polifenóis. As POX e PPO decompõem o H_2O_2 pela oxidação de compostos fenólicos e podem exercer importante função na defesa contra o estresse salino (Agarwal & Pandey, 2004).

Sob condições de estresse biótico e abiótico, entre os quais o estresse salino, surge o estresse oxidativo em virtude do desequilíbrio entre a geração e a utilização de ROS pelas células. Durante a redução do O_2 a H_2O , pode ocorrer a transferência de um, dois ou três elétrons para o O_2 e haver a formação de superóxido (O_2^-), radicais hidroxila ($\cdot\text{OH}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singleto ($^1\text{O}_2$). O radical superóxido é produzido nas membranas na maioria das organelas de células vegetais e o H_2O_2 é o produto da enzima superóxido dismutase e de várias oxidases do peroxissomo. As ROS, especialmente $\cdot\text{OH}$, são altamente destrutivas aos lipídios, ácidos nucleicos e proteínas, mas $^1\text{O}_2^-$ e H_2O_2 são requeridos no processo de lignificação além de atuarem como sinalizadores em respostas de defesa à infecção por patógenos (Gratão et al., 2005). Assim, para manter o equilíbrio metabólico de plantas submetidas a condições de estresse, é essencial a manutenção de baixos níveis das ROS, mas não a sua eliminação completa.

Os resultados obtidos evidenciaram o caráter oxidativo do estresse salino e demonstraram que ambas cultivares foram capazes de ativar este sistema enzimático na defesa contra o excesso de ROS.

Referências

- AGARWAL, S.; PANDEY, V. Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*. **Biologia Plantarum**, v.48, n.4, p.555-560, 2004.
- AGARWAL, S.; SHAHEEN, R. Stimulation of antioxidant system and lipid peroxidation by abiotic stresses in leaves of *Momordica charantia*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, n.2, p.149-161, 2007.
- ALBERICO, G.J.; CRAMER, G.R. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? I. Preliminary screening of seven cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.16, n.11, p.2289-2303, 1993.
- ASHRAF, M.; HARRIS, P.J.C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, v.166, p.3-16, 2004.
- AZEVEDO NETO, A.D.; PRISCO, J.T.; ENÉAS-FILHO, J.; ABREU, C.E.B.; GOMES FILHO, E. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. **Environment and Experimental Botany**, v.56, n.1, p.87-94, 2006.
- AZEVEDO NETO, A.D.; TABOSA, J.N. Estresse salino em plantas de milho: I. Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.159-164, 2000.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- BLUMWALD, E. Sodium transport and salt tolerance in plants. **Current Opinion in Cell Biology**, v.12, p.431-434, 2000.
- BLUMWALD, E.; AHARON, G.S.; APSE, M.P. Sodium transport in plant cells. **Biochimics and Biophysics Acta**, v.1465, p.140-151, 2000.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the determination of microgram quantities of protein utilizing the principle of Protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.
- BRAY, E.A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. Rockville. American Society of Plant Physiologists, 2000. cap.22, p.1158-1203.
- BROWNING, B.L. **The chemistry of wood**. New York: R. Krieger, 1975. 689p.

- CACHORRO, P.; ORTIZ, A.; CERDA, A. Growth, water relations and solute composition of *Phaseolus vulgaris* under saline conditions. **Plant Science**, v.95, p.23-29, 1993.
- CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.; TORNÉ, J.M.; RODRIGUEZ, P.; SANTOS, M.A. Efeito do estresse salino e da prolina exógena em calos de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, n.2, p.146-155, 2000.
- CAVALCANTI, F.R.; OLIVEIRA, J.T.A.; MARTINS-MIRANDA, A.S.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea leaves. **New Phytologist**, v.164, p.563-571, 2004.
- COSTA, P.H.A.; SILVA, J.V.; BEZERRA, M.A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e concentrações de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.3, p.289-297, 2003.
- COSTA, P.H.; AZEVEDO NETO, A.D.; BEZERRA, M.A.; PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Antioxidant-enzymatic system of two sorghum genotypes differing in salt tolerance. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.17, n.4, p.353-361, 2005.
- DAS, N.; MISRA, M.; MISRA, A. Sodium chloride salt stress induced metabolic changes in callus cultures of Pear millet: free solute accumulation. **Journal of Plant Physiology**, v.137, p. 244-246, 1990.
- DEMIR, Y.; KOCAÇALISKAN, I. Effects of NaCl and proline on polyphenol oxidase activity in bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.) grown by embryo culture. **Biologia Plantarum**, v.44, p.607-609, 2001.
- FATIBELLO-FILHO, O.; VIEIRA, I.C. Uso analítico de tecidos vegetais e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. **Química Nova**, v.25, n.3, p.455-464, 2002.
- GAO, J.; CHAO, D.; LIN, H. Understanding Abiotic Stress Tolerance Mechanisms: Recent Studies on Stress Response in Rice. **Journal of Integrative Plant Biology**, v.49, n.6, p.742-750, 2007.
- GOMES, M.R.A.; OLIVEIRA, M.G.A.; CARNEIRO, G.E.S.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Propriedades físico-químicas de polifenoloxidase de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.1, p.69-72, 2001.
- GRATÃO, P.L.; POLLE, A.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. **Functional Plant Biology**, v.32, p.481-494, 2005.
- GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes. **Annual Review Plant Physiology**, v.31, p.149-190, 1980.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.D.; HANDA, A.K. Cellular mechanism of salinity tolerance. **HortScience**, v.21, p.1317-1324, 1986.

HASEGAWA, P.M.; BRESSAN, R.A.; ZHU, J.K.; BOHNERT, H.J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology**, v.51, p.463-469, 2000.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, Peroxidase, and Polyphenoloxidase Activities during Rice Leaf Senescence. **Plant Physiology**, v.57, p.315-319, 1976.

KAUR, G.; ALAMB, M.S.; JABBAR, Z.; JAVED, K.; ATHAR, M.; Evaluation of antioxidant activity of *Cassia siamea* flowers. **Journal of Ethnopharmacology**, v.108, p.340-348, 2006.

KRISHNAMURTHY, R.; BHAGWAT, K.A. Polyamines as modulators of salt tolerance in rice cultivars. **Plant Physiology**, v. 91, p. 500-504, 1989.

LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A. Plant growth and solute accumulation and distribution in two sorghum genotypes, under nacl stress. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.3, p.270-284, 2001.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, Rima Artes e Textos. 2004. 550p.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.444, p.139-158, 2005.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MEDEIROS, J.F.; MEDEIROS, D.S.; PORTO FILHO, F.Q.; NOGUEIRA, I.C.C. Efeitos da qualidade da água de irrigação sobre o coentro cultivado em substrato inicialmente salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, p. 22-26, 1998.

MITTAL, R.; DUBEY, R. Behavior of peroxidases in rice: changes in enzyme activity and isoforms in relation to salt tolerance. **Plant Physiology Biochemistry**, v.29, p.31-40, 1991.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.M. Avaliação de métodos com e sem digestão para extração de elementos em tecidos de plantas. **Ciência e Cultura**, v.36, n.11, p.1953-1958, 1983.

MUNNS, R. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. **Plant, Cell and Environment**, v.16, p.15-24, 1993.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

ORCUTT, D.M.; NILSEN, E.T. **The physiology of plants under stress-soil and biotic factors**. New York: John Wiley e Sons. 2000.

ÖZTÜRK, L.; DEMIR, Y. *In vivo* and *in vitro* protective role of proline. **Plant Growth Regulation**, v.38, p.259–264, 2002.

PIZA, I.M.T.; LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G. Atividade de peroxidase e concentrações de proteínas em plantas de abacaxizeiro micropropagadas em meio salino. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.4, p.361-366, 2003.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T.R. Osmolyte accumulation: can it really help increase crop yield under drought conditions? **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.333-341, 2002.

SHANNON, M.C.; GRIEVE, C.M. Tolerance of vegetable crops to salinity. **Scientia Horticulturae**, v.78, p.5-38, 1999.

SHARMA, S.S.; SCHAT, H.; VOOIJS, R. *In vitro* alleviation of heavy metal-induced enzyme inhibition by proline. **Phytochemistry**, v.46, p.1531–1535, 1998.

SHI, H.Z.; LEE, B.H.; WU, S.J.; ZHU, J.K. Overexpression of a plasma membrane Na⁺/H⁺ antiporter gene improves salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*. **Natural Biotechnology**, v.21, p.81–85, 2003.

SILVA JÚNIOR, G.S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade**. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2007. 106p.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SOUSA, C.M.M.; ROCHA E SILVA, H.; VIEIRA-JR., G.M.; AYRES, M.C.C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; ARAÚJO, L.; CAVALCANTE, C.D.; BARROS, E.D.S.; ARAÚJO, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

SREENIVASULU, N.; RAMANJULU, S.; RAMACHANDRAKINI, K.; PRAKASH, H. S.; SHEKAR-SHETTY, H.; SAVITHRI, H.S.; SUDHAKAR, C. Total peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. **Plant Science**, v.141, p.1-9, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3ed. Artmed, 2003. 720p.

TESTER, M.; DAVENPORT, R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. **Annals of Botany**, v.91, p.503-527, 2003.

van HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, v.22, n.2, p.280-283, 1968.

van RENSBURG, L.; KRUGER, G.H.J.; KRUGER, H. Proline accumulation as drought-tolerance selection criterious: its relationship to membrane integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum*. **Journal Plant Physiology**, v.141, p.188-194, 1993.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; CARNEIRO, P.T. Índices morfofisiológicos e de produção de alface sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.1, p.23-30, 2004.

WILLADINO, L.; CAMARA, T.R. Tolerância das plantas à salinidade: Fisiologia, genética e melhoramento. In: WORKSHOP: USO E REUSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR – REALIDADES E PERSPECTIVAS, 1., 2005, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, 2005. p. 508-535.

YEMM, E.W.; WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v.57, p.508-514, 1954.

ZHU, J.K. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v.6, n.2, p.66-71, 2001.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As hortaliças em geral são sensíveis ao estresse salino. A busca pelo entendimento dos mecanismos de resposta e adaptação a este estresse é de grande importância, pois além assessorar a seleção de culturas tolerantes a salinidade pode contribuir com programas de melhoramento genético, gerando alternativas para o uso de áreas em processo de salinização ou já salinizadas.

Neste trabalho objetivou-se verificar como a salinidade afetou duas cultivares de coentro (Tabocas e Verdão) em seus parâmetros fisiológicos e bioquímicos e a natureza oxidativa do estresse salino. Observou-se redução no crescimento em todas as variáveis estudadas, com exceção do número de folhas e na biomassa seca da raiz das duas cultivares, que não apresentaram diferenças significativas. Na cv. Tabocas, os efeitos deletérios da salinidade no crescimento foram mais intensos e combinaram-se com um maior acúmulo de Na^+ nas raízes em relação a cv. Verdão.

As duas cultivares mostraram sob estresse salino uma maior produção de prolina livre, fenóis totais e proteína solúvel. A produção de fenóis totais é uma reação típica de resposta ao estresse de um modo geral, da mesma forma que o acúmulo de prolina livre e proteína solúvel.

Em relação ao estresse oxidativo foram estudadas, nas cultivares Tabocas e Verdão, a atividade das enzimas peroxidase (PPO) e polifenoloxidase (PPO) e observou-se aumentos nas atividades das duas enzimas em ambas cultivares. A POX e PPO exercem uma importante função de defesa nas plantas durante a exposição ao estresse salino, visto que nesta condição há um aumento nas espécies reativas de oxigênio (ROS) que devem ser mantidos baixos para um melhor desenvolvimento vegetal. Observou-se que ambas cultivares foram capazes de ativar as enzimas POX e PPO na defesa contra as ROS geradas pelo excesso de sais na solução nutritiva.

Ambas as cultivares quando submetidas a 50 mol.m^{-3} ($6,5 \text{ dS.m}^{-1}$) de NaCl na solução nutritiva mantiveram 70% (Tabocas) a 77% (Verdão) da capacidade de produção de biomassa seca da parte aérea em relação às plantas do tratamento controle, demonstrando uma boa capacidade de convivência com este nível de salinidade.

6. ANEXOS

INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB

Os trabalhos enviados a PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico para publicação. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassar a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor. Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

Os trabalhos devem ser encaminhados por via eletrônica para: pab@sct.embrapa.br

A mensagem que encaminha o trabalho para publicação deve conter:

- * Título do trabalho.
- * Nome completo do(s) autor(es).
- * Formação acadêmica e grau acadêmico do(s) autor(es).
- * Endereço institucional completo e endereço eletrônico do(s) autor(es).
- * Indicação do autor correspondente.
- * Acima de quatro autores, informar a contribuição de cada um no trabalho.
- * Destaque sobre o aspecto inédito do trabalho.
- * Indicação da área técnica do trabalho.
- * Declaração da não-submissão do trabalho à publicação em outro periódico.

Cada autor deve enviar uma mensagem eletrônica, expressando sua concordância com a submissão do trabalho.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

APRESENTAÇÃO DO ARTIGO CIENTÍFICO

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

Artigos em inglês – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Material and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

Artigos em espanhol – Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Material y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

Título

- * Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.
- * Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “efeito” ou “influência”.
- * Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- * Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- * As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura. * Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Nomes dos autores

- * Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- * O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à respectiva chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

- * São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- * Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- * Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo

- * O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- * Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- * Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos empregados na pesquisa, os resultados e a conclusão.
- * O objetivo deve estar separado da descrição de material e métodos.
- * Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- * O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

- * A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- * Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- * Não devem conter palavras que componham o título.
- * Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Introdução

- * A palavra Introdução deve ser centralizada na página e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- * Deve ocupar, no máximo, duas páginas.
- * Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- * O último parágrafo deve expressar o objetivo, de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

- * A expressão Material e Métodos deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- * Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- * Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- * Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- * Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

- * Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- * Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- * Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- * Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.
- * Pode conter tabelas e figuras.

Resultados e Discussão

- * A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada na página e grafada em negrito; Os termos Resultados e Discussão devem ser grafados com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Deve ocupar quatro páginas, no máximo.
- * Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- * As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- * Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos frente aos apresentados por outros autores.
- * Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- * Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- * As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- * Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- * As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

- * O termo Conclusões deve ser centralizado na página e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo, e elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- * Não podem consistir no resumo dos resultados.
- * Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- * Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

- * A palavra Agradecimentos deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- * Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

- * A palavra Referências deve ser centralizada na página e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- * Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- * Devem ser normalizadas de acordo com as normas vigentes da ABNT.
- * Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- * Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- * Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- * Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- * Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- * Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BASTISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

Teses e dissertações

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste:**

relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <<http://www.cpa0.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações

- * Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.
- * A autocitação deve ser evitada.

Redação das citações dentro de parênteses

- * Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.
- * Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.
- * Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.
- * Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.
- * Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.
- * Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.
- * Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

Redação das citações fora de parênteses

- * Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

- * Fórmulas, expressões, símbolos ou equações matemáticas, escritas no editor de equações do programa Word, devem ser enviadas também em arquivos separados, no programa Corel Draw, gravadas com extensão CDR.
- * No texto, devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.
- * Não devem apresentar letras em itálico ou negrito.

Tabelas

- * As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após referências.
- * Devem ser auto-explicativas.
- * Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

- * Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.
- * O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.
- * No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.
- * Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.
- * Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo; a coluna indicadora é alinhada esquerda.
- * Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.
- * Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.
- * Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares.
- * Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.
- * As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

Notas de rodapé das tabelas

- * Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.
- * Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.
- * Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

- * São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.
- * Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.
- * O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.
- * Devem ser auto-explicativas.
- * A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

- * Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.
- * Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.
- * O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.
- * As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.
- * Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).
- * Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.
- * As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- * Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- * Devem ser gravadas no programa Word ou Excel, para possibilitar a edição em possíveis correções.
- * Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- * No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- * Não usar negrito nas figuras.
- * As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- * Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

NOTAS CIENTÍFICAS

- * Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.

APRESENTAÇÃO DE NOTAS CIENTÍFICAS

- * A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.

As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- * Resumo com 100 palavras, no máximo.
- * Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.
- * deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

NOVAS CULTIVARES

* Novas Cultivares são breves comunicações de cultivares que, depois de testadas e avaliadas pelo Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (SNPA), foram superiores às já utilizadas e serão incluídas na recomendação oficial.

APRESENTAÇÃO DE NOVAS CULTIVARES

Deve conter: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, título em inglês, Abstract, Introdução, Características da Cultivar, Referências, tabelas e figuras. As normas de apresentação de Novas Cultivares são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:

- * Resumo com 100 palavras, no máximo.
- * Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.
- * deve apresentar, no máximo, 15 referências e quatro ilustrações (tabelas e figuras).
- * A introdução deve apresentar breve histórico do melhoramento da cultura, indicando as instituições envolvidas e as técnicas de cultivo desenvolvidas para superar determinado problema.
- * A expressão Características da Cultivar deve ser digitada em negrito, no centro da página.
- * Características da Cultivar deve conter os seguintes dados: características da planta, reação a doenças, produtividade de vagens e sementes, rendimento de grãos, classificação comercial, qualidade nutricional e qualidade industrial, sempre comparado com as cultivares testemunhas.

OUTRAS INFORMAÇÕES

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.
- **Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61) 3448-4231 e 3273-9616, fax: (61) 3340-5483; via e-mail: pab@sct.embrapa.br ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315, CEP 70770-901 Brasília, DF.**