

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**CULTIVARES DE CAFÉ CONILON (*Coffea Canephora*) SOB ESTRESSE
SALINO-HÍDRICO**

AMANSLEONE DA SILVA TEMÓTEO

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP

Março – 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CULTIVARES DE CAFÉ CONILON (*Coffea Canephora*) SOB ESTRESSE
SALINO-HÍDRICO**

AMANSLEONE DA SILVA TEMÓTEO

Orientador: Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,
para obtenção do título de Doutor em Agronomia
(Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP

Março – 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Temóteo, Amansleone da Silva, 1973-
T281c Cultivares de café conilon (*Coffea canephora*) sob estresse salino-hídrico / Amansleone da Silva Temóteo. - Botucatu : [s.n.], 2012
Xii, 117 f. : il. color., gráfs., tabs., fots.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2012.

Orientador: Antônio de Pádua Sousa
Inclui bibliografia

1. Café conilon. 2. *Coffea canéfora*. 3. Crescimento (Plantas). 4. Estresse hídrico. 5. Plantas - Nutrição. 6. Salinidade. I. Sousa, Antônio de Pádua. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

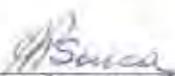
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "CULTIVARES DE CAFÉ CONILON (*Coffea canephora*) SOB ESTRESSE SALINO-HÍDRICO"

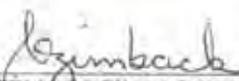
ALUNA: AMANSLEONE DA SILVA TEMÓTEO

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA



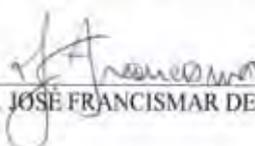
PROF. DR. CELIA REGINA LOPES ZIMBACK



PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ



PROF. DR. CARMEN SILVIA FERNANDES BOARO



PROF. DR. JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS

Data da Realização: 01 de Março de 2012.

A Deus, minha mãe, presenças marcantes em minha vida.

DEDICO

No silêncio alcançamos vitórias ...

*A meu pai, irmãos e cunhado, Manoel Procópio Temóteo,
Graziela Cunha, Henry Temóteo, Alberto Cunha, pela
amizade e compreensão.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, o mestre dos mestres, orientador supremo;

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – UNESP – Botucatu – SP;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pela concessão financeira durante o curso;

Ao Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa;

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão – INCAPER, pela concessão das mudas do cafeeiro Conilon;

A Emanuel Rangel Spadim, pelo acompanhamento em toda fase da pesquisa (condução e análise de laboratório), seu companheirismo, amizade, dedicação e responsabilidade;

Ao técnico de campo Pedro (Pedrinho) do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – UNESP, pela sua dedicação, assiduidade, responsabilidade, na fase de condução do experimento, como também, por sua amizade;

Aos Doutorandos do curso de Irrigação e Drenagem (Carlos e Francisco) da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP/ESALQ, pela troca de conhecimentos e sugestões, antes e durante a pesquisa;

A Doutora Daniela Salgues, por sua amizade, força e palavra; a amiga Robervone por suas palavras e momentos de alegria, aos meus colegas do curso de Irrigação, e da Energia na agricultura sem exceção; e as minhas vizinhas Essione e Mel pela força;

Aos técnicos do Laboratório do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – UNESP (Biral, Maury, Airton, Israel), por auxiliarem nas análises de solo e planta, aos secretários do referido departamento Djair e Rita pelos favores cedidos;

Aos Professores do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA – UNESP, pelas opiniões cedidas;

Ao Prof. Inaldo Galdino Menezes, da UFRPE, pelas palavras de incentivo e ajuda cedida nos momentos difíceis.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para mais uma jornada da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY	3
3. INTRODUÇÃO	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1. ASPECTOS DA CULTURA.....	7
4.1.1. Origem e distribuição.....	7
4.1.2. Características botânicas e sistema reprodutivo	8
4.1.3. Importância econômica.....	10
4.1.4. Características de desenvolvimento	11
4.2. ASPECTOS GERAIS DA SALINIDADE	14
4.3. EXCESSO DE SAIS NO SOLO E SEUS EFEITOS NA PLANTA	15
4.4. SALINIDADE E A CULTURA DO CAFEIEIRO	19
4.5. DEFICIÊNCIA HÍDRICA E SEUS EFEITOS NA PLANTA	21
4.6. DEFICIÊNCIA HÍDRICA E O CAFEIEIRO CONILON.....	24
4.7. MECANISMOS DE TOLERÂNCIA DAS PLANTAS AOS ESTRESSE SALINO E HÍDRICO	26
5. MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1. LOCAL E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL	30
5.2. MATERIAL VEGETAL.....	30
5.3. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA EXPERIMENTAL	31
5.4. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICO-HÍDRICAS DO SOLO	32
5.5. CALAGEM E ADUBAÇÃO	33
5.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	33
5.7. SALINIZAÇÃO DO SOLO	33
5.8. TEOR DE ÁGUA NO SOLO	34
5.9. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	35
5.10. VARIÁVEIS AVALIADAS.....	37
5.10.1. Área foliar, altura do caule e diâmetro do caule	38
5.10.2. Número de ramos plagiotrópicos	38
5.10.3. Potencial hídrico foliar (PH).....	39
5.10.4. Teor relativo de água foliar (TRA)	40
5.10.5. Pigmentos fotossintéticos	40
5.10.6. Massa seca e Teor de macro e micronutrientes e Sódio	41
5.10.7. Análise estatística	41
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS	44
6.1.1. Área foliar, altura e diâmetro do caule	44
6.1.2. Número de ramos plagiotrópicos	50
6.1.3. Produção de massa seca.....	52
6.1.4. Relação massa seca da raiz/parte aérea.....	54

6.1.5. Teor relativo de água	55
6.1.6. Potencial hídrico foliar.....	58
6.1.7. Pigmentos fotossintéticos	60
6.2. TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES E SÓDIO.....	62
6.2.1. Macronutrientes	62
6.2.1.1. Nitrogênio.....	62
6.2.1.2. Fósforo.....	64
6.2.1.3. Potássio.....	67
6.2.1.4. Cálcio.....	70
6.2.1.5. Magnésio	74
6.2.1.6. Enxofre	77
6.2.2. Teores de Micronutrientes	80
6.2.2.1. Boro	80
6.2.2.2. Cobre	83
6.2.2.3. Ferro	85
6.2.2.4. Manganês.....	87
6.2.2.5. Zinco.....	90
6.2.3. Teores de sódio	92
6.2.3.1. Sódio.....	92
6.2.4. Relações iônicas.....	97
6.2.4.1. Relação Ca/ Na.....	97
6.2.4.2. Relação K/ Na.....	99
6.2.5. Características do solo	102
7. CONCLUSÕES.....	103
8. REFERENCIAS	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribuição dos vasos com planta de café Conilon nas bancadas na estufa.	31
Figura 2. Curva de salinização artificial do solo.	34
Figura 3. Mudanças dos Clones 120 e 14 com 160 dias.	36
Figura 4. Dados diários de temperatura máxima, média e mínima (°C) durante experimento, que ocorreu no período de 3/10/2009 a 16/04/2010.	36
Figura 5. Dados diários de umidade relativa do ar UR (%), durante experimento, que ocorreu no período de 3/10/2009 a 16/04/2010.	37
Figura 6. Medidas de crescimento, área foliar (A e B); diâmetro do caule (C).	38
Figura 7. Bomba de pressão Scholander (a), corte na base do pecíolo da folha (b), inserção da folha na câmara da bomba com a base do pecíolo aparente (c e d).	39
Figura 8. Obtenção de discos foliares para avaliação do TRA.	40
Figura 9. Amostras para leitura de clorofila a e b em espectrofotômetro.	41
Figura 10. Evapotranspiração diária das cultivares por um período de 180 dias, em função da salinidade e teor de água no Solo. C1, cultivar 120; C2, cultivar 14; U, teor de água no solo e S, salinidade no solo.	44
Figura 11. Superfície de resposta para área foliar, altura e diâmetro do caule em função da cultivar, salinidade e do tempo de exposição ao estresse.	46
Figura 12. Superfície de resposta para área foliar, altura e diâmetro do caule em função do teor de água no solo, salinidade e do tempo de exposição ao estresse.	47
Figura 13. Número de ramos plagiotrópicos em função de cultivar, salinidade e teor de água no solo.	51
Figura 14. Massa seca de folha, caule, ramo e raiz (g planta ⁻¹) em função de cultivar, salinidade e teor de água no solo aos 180 DAT.	53
Figura 15. Relação raiz/parte aérea em função de cultivar, salinidade e teor de água no solo aos 180 DAT.	54
Figura 16. Teor relativo de água na folha em função de salinidade e época para os cultivares (C120 e C14) e água disponível no solo (U50 e U70).	57
Figura 17. Potencial hídrico foliar em função de salinidade e época para os cultivares (C120 e C14) e água disponível no solo (U50 e U70).	59

Figura 18. Teor de clorofila <i>a</i> em função de salinidade do solo.	62
Figura 19. Teor médio de nitrogênio (g kg ⁻¹) na massa seca de folha, caule, ramo e raíz em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade.	64
Figura 20. Teor médio de fósforo na massa seca de folha em função da salinidade do solo. ...	66
Figura 21. Teor médio de fósforo na massa seca de raíz em função da salinidade do solo.	67
Figura 22. Teor médio de potássio (g kg ⁻¹) na massa seca de folha, caule, ramo e raíz em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade.	69
Figura 23. Teor médio de cálcio na massa seca de caule, em função do teor de água no solo e salinidade.	72
Figura 24. Teor médio de cálcio na massa seca do ramo, em função da salinidade para as duas cultivares estudadas.	73
Figura 25. Teor médio de cálcio na massa seca da raíz, em função de cultivar e teor de água no solo.	74
Figura 26. Teor médio de magnésio (g kg ⁻¹) na massa seca de folha, caule, ramos e da raíz, em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade.	75
Figura 27. Teor médio de enxofre na massa seca de folha em função da salinidade.	78
Figura 28. Teor médio de enxofre na massa seca de raíz em função da salinidade.	78
Figura 29. Teor médio de enxofre na massa seca de caule em função do teor de água e salinidade do solo.	79
Figura 30. Teor médio de enxofre na massa seca de raíz em função do teor de água no solo para as duas cultivares.	80
Figura 31. Teor médio de boro (mg kg ⁻¹) na massa seca de folha e raíz em função da salinidade nos diferentes teores de água no solo e cultivares.	82
Figura 32. Teor médio de Cobre na massa seca de folha, caule, ramo e raíz em função do teor de água no solo e salinidade nas diferentes cultivares.	84
Figura 33 Teor médio de ferro (mg kg ⁻¹) na massa seca de folha, caule e raíz em função de salinidade e teor de água no solo nas diferentes cultivares.	86
Figura 34. Teor médio de manganês na massa seca de raíz em função da salinidade.	88
Figura 35. Teor médio de manganês (mg kg ⁻¹) na massa seca de folha, caule, ramo e raíz em função de teor de água no solo e salinidade nas diferentes cultivares.	89

Figura 36. Teor médio de zinco (mg kg^{-1}) na massa seca de ramo e raiz em função de salinidade e teor de água no solo nas diferentes cultivares.	91
Figura 37. Teor médio de sódio na massa seca de folha, caule, ramo e raiz em função do teor de água no solo e salinidade nas diferentes cultivares	94
Figura 38. Cultivar 120 (C1) e cultivar 14 (C2) em diferentes níveis de salinidade (S2; S4 e S6 dS m^{-1}) e teores de água no solo (U1; 50% e U1; 70%).....	96
Figura 39. Relação Ca/Na na raiz (a) em função da salinidade para as cultivares; no caule (b) em função da salinidade e teor de água no solo para cultivares; na folha (c) e ramo (d) em função da salinidade.	99
Figura 40. Relação K/Na na folha, em função de salinidade (a); no caule (b), ramo (c) e raiz (d) em função da salinidade nas cultivares.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento.....	32
Tabela 2. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento	32
Tabela 3. Quadrado médio para área foliar, altura do caule e diâmetro do caule em função de cultivar, teor de água no solo, salinidade e época de exposição ao estresse e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%).....	45
Tabela 4. Quadrado médio para massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ), relação raiz parte aérea (R/A) e número de ramos plagiotrópicos por planta (Nº Ramos) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%).....	50
Tabela 5. Quadrado médio para teor relativo de água foliar (TRA%) e potencial hídrico foliar (PHMPa) em função de cultivar, teor de água no solo, salinidade e época de exposição ao estresse e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U50% e U 70%)	56
Tabela 6. Quadrado médio para clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e carotenóides (CAR) na folha em função de cultivares (C), teor de água no solo (U) e salinidade (S) do solo e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%)	60
Tabela 7. Quadrado médio para teor de nitrogênio (N) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo	63
Tabela 8. Quadrado médio para teor de fósforo (P) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo.....	65
Tabela 9. Quadrado médio para teor de potássio (K) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo.....	68

- Tabela 10. Quadrado médio para teor de cálcio (Ca) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo71
- Tabela 11. Quadrado médio para teor de magnésio (Mg) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo75
- Tabela 12. Quadrado médio para teor de enxofre (S) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo77
- Tabela 13. Quadrado médio para teor de boro (B) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo.....81
- Tabela 14. Quadrado médio para teor de cobre (Cu) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo83
- Tabela 15. Quadrado médio para teor de ferro (Fe) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivares e teor de água no solo85
- Tabela 16. Quadrado médio para teor de manganês (Mn) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivar e teor de água no solo88
- Tabela 17. Quadrado médio para teor de Zinco (Zn) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramo (MSR), massa seca de raíz (MSRZ), em função de

cultivares, teor de água no solo e salinidade do solo e médias entre cultivar e teor de água no solo	90
Tabela 18. Quadrado médio para teor de sódio (Na) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramo (MSR), massa seca de raíz (MSRZ), em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade do solo e médias entre cultivares e teor de água no solo	93
Tabela 19. Quadrado médio para relação Ca/Na na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivares e teor de água no solo	98
Tabela 20. Quadrado médio para relação K/Na na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivares e teor de água no solo.	100
Tabela 21. Valores médios de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do ciclo (CEesf), nas diferentes cultivares (C1 e C2) e teores de água no solo (U50 e U70), comparadas a condutividade elétrica do extrato do solo no início do ciclo (CEesi)	102

1. RESUMO

A cafeicultura expandiu-se para áreas consideradas pouco aptas ao seu desenvolvimento e o cafeeiro Conilon tem apresentado características de adaptações para tais áreas. Nessas áreas, a salinidade aliada à deficiência hídrica apresentam restrições para cultivos de certas espécies ou cultivar, interferindo no crescimento e desenvolvimento de culturas comerciais. O objetivo deste estudo foi avaliar de forma comparativa os efeitos da salinidade aliada à disponibilidade hídrica do solo, em cultivares de café Conilon na fase inicial de crescimento, por meio de variáveis fisiológicas e nutricionais. O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido em área experimental do Departamento de Engenharia Rural da FCA- UNESP, Botucatu-SP, no delineamento estatístico de blocos casualizados com duas cultivares de Conilon (clones 120 e 14), quatro níveis de salinidade no solo (0,0; 2,0; 4,0 e 6,0 dS m⁻¹) e dois teores de água no solo (50% e 70% da água disponível no solo - AD), com 4 repetições, totalizando 64 parcelas, com um vaso e uma planta. Aos 165 dias, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade de 10 litros, mantidas com teor de água no solo próximo a capacidade de campo por 15 dias. Atingindo os níveis (50% e 70% da AD), os vasos passaram a ser monitorados por pesagens diárias, com reposição da água até os níveis

pré-determinados. As avaliações de crescimento (área foliar, diâmetro do caule e altura do caule) foram aos (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 e 180 dias) com medições realizadas a partir dos 20 dias após diferenciação dos tratamentos (DAT) de água no solo. Para teor relativo de água e potencial hídrico foliar considerou-se (30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT). Ao final do experimento (180 DAT) em todas as plantas, contou-se número de ramos plagiotrópicos e por ocasião da coleta do experimento coletaram-se folhas expandidas da região mediana, para avaliação da concentração de pigmentos fotossintéticos. Obteve-se a biomassa seca da parte aérea (ramos, caules e folhas) e raízes da qual determinou-se a razão massa seca raiz:parte aérea e teores de macro e micronutrientes e sódio, com teores de nutrientes estabelece-se as relações iônicas Ca/Na e K/Na. O clone 120 é menos sensível a salinidade com base nas características de crescimento e nutrientes estudados, os teores de N, K, Mg, B e Na tende a aumentar e Fe, Mn e Zn a diminuir com o aumento da salinidade nos teores de água no solo.

Palavras-chave: *Coffea canephora*, salinidade, déficit hídrico, crescimento de plantas, nutrição mineral.

CONILON (*Coffea canephora*) COFFEE CULTIVAR UNDER SALINE WATER STRESS. 2012. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: AMANSLEONE DA SILVA TEMÓTEO

Adviser: ANTÔNIO DE PÁDUA SOUSA

2. SUMMARY

Coffee production has expanded to areas considered unsuitable to its development. Conilon coffee plant has shown adaptation characteristics for such areas where salinity combined to water deficit restrict crops of certain species or cultivar, interfering in the growth and development of commercial crops. This study aimed to compare the effects of salinity and soil water availability on Conilon coffee cultivars in the initial phase of the development through physiological and nutritional variables. The experiment was carried out in a protected environment of an experimental area of the Department of Rural Engineering of FCA-UNESP, Botucatu-SP, in a random block statistical design with two Conilon cultivars (clones 120 and 14), four levels of soil salinity (0.0; 2.0; 4.0 and 6.0 dS m⁻¹) and two water contents in the soil (50% and 70% of available water in the soil – AW) and four replications, totaling 64 plots with a vase and a plant. At 165 days, the seedlings were transferred to 10-liter vases, and the soil water content was kept almost at field capacity for 15 days. The vases were weighed daily, and water was replaced until pre-determined levels when they reached (50% and 70% of AW). Growth evaluations (leaf area, stem diameter and stem height) were done at (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 and 180 days), and 20 days after the differentiation of water treatments (DAT) in the soil, measurements were done. For relative water content and leaf water potential, (30, 60, 90, 120, 150 and 180 DAT) were taken into consideration. At the end of the experiment (180 DAT), the number of plagiotropic branches was counted; and at the time of the experiment, expanded leaves of the medial region were collected for the evaluation of photosynthetic pigmentation concentration. Dry biomass of the

aerial part (branches, stems and leaves) and roots was obtained to determine root dry mass: aerial part ratio, and contents of macro and micronutrients and sodium. Nutrient contents established Ca/Na and K/Na ionic relations. It was concluded that clone 120 is less sensitive to salinity based on the growth characteristics and studied nutrients. N, K, Mg, B and Na contents tend to rise whereas Fe, Mn and Zn tend to decrease with salinity increase in soil water content.

Keywords: *Coffea canephora*, salinity, water deficit, plant growth, mineral nutrition.

3. INTRODUÇÃO

O café é uma das commodities agrícolas mais negociadas no mundo e seu cultivo assume grande importância para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil. Sendo considerada como uma das principais atividades na geração de emprego nos setores da produção primária, com destaque de todo o seu sistema produtivo, vem possibilitando a fixação do homem ao campo e também obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos.

Recentemente, tem sido observado o aumento de expansão de cultivo da cafeicultura para áreas até então consideradas pouco aptas para seu desenvolvimento, nessas regiões o cafeeiro é uma realidade e acredita-se que o cultivo comercial do café em regiões como às semi-áridas, possa ser uma opção promissora.

A cultivar Conilon apresenta adaptações em diferentes climas e tem se verificado sua tolerância à temperaturas elevadas bem como à seca. A tolerância à seca de clones de café conilon selecionados tem sido aliada fundamentalmente nas taxas de uso de água e /ou na eficiência de extração da água no solo, que apresenta uma característica positiva quando se trata de implantar cultivos em áreas com restrições hídricas. Entretanto, quando se

relaciona a cultura do café à salinidade, nota-se a necessidade de informações quanto à tolerância da cultura aos sais presentes no solo, principalmente quando se trata do cafeeiro Conilon. Considerando a exposição das plantas à salinidade, além dos fatores relacionados à própria espécie ou cultivar, é preciso também considerar o teor de água no solo, visto que o efeito deste com os desencadeado pelos sais interferem no desenvolvimento da planta. A resposta das plantas a tais situações depende de fatores, como estágio fisiológico no qual é imposto o estresse, a duração e intensidade, condições ambientais e, principalmente, aos genótipos utilizados.

Nesse contexto, e considerando que cultivares de cafeeiro conilon com características fisiológicas de resistência à seca possam apresentar características de tolerância aos sais presentes no solo, e que a caracterização dos efeitos interativo em detrimento do estresse salino-hídrico, torna-se uma alternativa para o aprimoramento de um manejo eficiente de cultivo desta cultura, em regiões semi-áridas, que se mostra inovadora como fonte de renda e negócio sustentável. O estudo consistiu em avaliar de forma comparativa cultivares de Conilon submetidos a diferentes níveis de salinidade do solo e baixos níveis de teores de água no solo, na fase inicial de crescimento, por meio de variáveis fisiológicas e nutricionais.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Aspectos da cultura

4.1.1. Origem e distribuição

A cultura do café (*Coffea sp*) originou-se no continente africano, sendo que a espécie *Coffea arábica* teve sua origem na Etiópia e a espécie *Coffea canephora* no Congo (PRADO; NASCIMENTO, 2003). O cultivo comercial iniciou-se com a espécie *Coffea arábica* no Yemem, enquanto o cultivo da espécie *Coffea canephora* deu-se em Java em meados de 1900, expandindo-se depois para regiões da África, América e Ásia BERTHAUD, (1988 apud FERRÃO et al., 2007).

A espécie *Coffea canephora* está distribuída por uma ampla área geográfica, na faixa ocidental, centro tropical e subtropical do continente africano, compreendendo vasta área da Guiné até a República Democrática do Congo (FAVARIN, 2004). Esta espécie inclui diversas variedades das quais destacam-se Kouillou (Conilon) do grupo Guineano e Robusta do grupo Congolês. A variedade Kouillou (Conilon) foi observada

em estado selvagem junto às margens do rio “Kouilou” na África, posteriormente foi cultivada em larga escala em Madagascar.

No Brasil, com sua introdução no Espírito Santo, passou a ser chamada de Conilon, trocando-se as letras K e U por C e N respectivamente (FERRÃO et al., 2007). *Coffea canephora* é a segunda espécie do gênero mais cultivada no mundo representando cerca de 35-38% da produção e nas últimas décadas o plantio da espécie expandiu –se rapidamente no Espírito Santo, sendo também cultivado nos Estados, da Bahia, Minas Gerais, Rondônia, Mato grosso e Rio de Janeiro (MATIELLO, 1998; RAMALHO, 2008). A variedade Conilon responde por aproximadamente 30% da produção brasileira.

No Brasil, o café é um produto tradicional da economia e a agregação de valor tem impulsionado as vendas. No desenvolvimento socioeconômico, a cafeicultura tem participação pela geração de emprego nas diferentes etapas do processo produtivo.

4.1.2. Características botânicas e sistema reprodutivo

Há controvérsias em relação à taxonomia das espécies de *Coffea*, muitas das espécies oriundas de regiões asiáticas e descritas como pertencentes a este gênero não são consideradas como espécies verdadeiras de *Coffea*. Carvalho (1946, 1969) apresentou a divisão do gênero proposta por Chevalier, que dividiu o gênero *Coffea* em cinco seções e destas seções, foi subdivididas em subseções, das quais a seção *Eucoffea* foi subdividida em mais cinco subseções, entre elas a *Erithrocoffea*, onde se encontram as espécies *Coffea arábica* e *Coffea Canephora*. A espécie *Coffea Canephora* tem a seguinte classificação taxonômica: espécie (*Coffea Canephora* Pierre ex Froehner); classe (Dicotyledonea); ordem (Rubiales); família (Rubiaceae); seção (*Eucoffea*) e subseção (*Erithrocoffea*).

As cultivares que pertencem a espécie *Coffea canephora* são tipicamente alógama que apresenta mecanismos que favorecem a polinização cruzada tais como, a auto-incompatibilidade gametofítica e o florescimento sincronizado. A elevada heterogeneidade entre plantas de uma mesma lavoura é característica marcante dessa espécie que apresenta variabilidade genética natural e polinização cruzada entre gerações. Esta heterogeneidade dificulta o manejo cultural e diminui a produtividade média do cafezal. A propagação assexuada por clones elites tem propiciado aumento qualitativo na uniformidade

das plantas, produtividade e na qualidade dos frutos, sendo que o cafeeiro Conilon é especialmente adequado para multiplicação por estaquia, por ser multicaule e apresentar elevadas taxas de enraizamento das estacas (RAMALHO et al., 2011). Clones é um conjunto de indivíduos originados de uma mesma planta, por meio de propagação assexuada ou vegetativa. As plantas de um mesmo clone são, portanto, geneticamente idênticas entre si e àquela que lhes deu origem (FERRÃO et al., 2007).

Essa espécie é conhecida genericamente como café robusta, devido ao seu vigor vegetativo, tolerância às doenças e adaptação a uma ampla faixa de condições edafoclimáticas tropicais, de baixas altitudes e temperaturas elevadas. As áreas de origem e cultivo são normalmente quentes com temperaturas médias anuais superiores a 22°C. Seu crescimento apresenta dimorfismo, onde o caule principal, ortotrópico, cresce verticalmente e os ramos laterais, plagiotrópicos, crescem quase horizontalmente. É perene, de porte arbustivo, caule lenhoso e multicaule (possibilita a formação de estacas), em condições de temperatura e precipitação mais elevada podem atingir até 5 m de altura (possui porte maior que arábica), as folhas são maiores e de coloração verde menos intensa que o café arábica e são elípticas e lanceoladas. O sistema radicular bastante volumoso e eficiente na absorção de nutrientes e da água, sendo menores os problemas com carências nutricionais, (FAZUOLI, 1986; MONTAGNON et al., 1998a). As flores são brancas, em grande número por inflorescência e por axila foliar. O número e formato dos frutos variam conforme o material genético (FAZUOLI, 1986; DUSSERT et al., 1999).

Dois grupos distintos pertencem à espécie canéfora o Guineano (Kouilou) e o grupo Congolês (Robusta), ambos foram identificados por isoenzimas com base em estudos de Charrier e Berthaud (1998) e Montagnon (2000). Os autores resumiram que resumiram as características fenotípicas desses grupos da seguinte forma: Grupo Guineano, que compreende internódios de menores tamanhos, crescimento arbustivo, frutos pequenos, maturação precoce dos frutos, sementes pequenas e com menor peso, peneira média baixa, altos teores de cafeína, em torno de 2,7%, na maior parte das plantas deste grupo suscetibilidade à ferrugem, tolerância à seca, qualidade de bebida inferior ao Grupo Congolês e coloração frequentemente bronze dos brotos novos, o Grupo Congolês, apresenta dois subgrupos: o subgrupo 1 (SG1) formado pelos tipos de café Robusta ou Híbridos entre os dois grupos (Kouilou x Robusta) e o subgrupo 2 (SG2) que corresponde ao café Robusta

propriamente dito. Os representantes do grupo Congolês apresentam internódios longos, frutos grandes, maturação média a tardia dos frutos, sementes grandes, massa peso de sementes maiores do que as do Grupo Guineano, peneira média alta, menores teores de cafeína em torno de 2,5%, maior resistência à ferrugem, suscetibilidade à seca, exigência em água, bebida superior ao Grupo Guineano e coloração das folhas novas bronze ou marrom. As diferenças entre os subgrupos SG1 e SG2 não são muito pronunciadas, a não ser no tamanho das folhas e tolerância à seca (FAZUOLI et al., 2007).

4.1.3. Importância econômica

Da espécie *Coffea Canephora*, conhecida como café Robusta, a variedade denominada no Brasil como conilon é a mais importante em nosso país pelo seu volume de produção e valor industrial. Por suas características, menor acidez e maior quantidade de sólidos solúveis, esta variedade é largamente utilizada pela indústria na fabricação dos cafés solúveis e em misturas com o café arábica, participando com até 50% nos *blends*, como também, contrabalanceando a acidez do arábica conferindo corpo ao produto industrializado (BELING, 2005).

O café é uma das commodities agrícolas mais negociadas no mundo e mais de 125 milhões de pessoas dependem da sua produção para sua subsistência. A cadeia do café enfrenta um desafio, porque muitas dessas pessoas são pequenos agricultores de café que estão lutando para ganhar uma renda suficiente para sustentar suas famílias. Nesse contexto, a cafeicultura assume grande importância para o desenvolvimento socioeconômico do Brasil, como uma das principais atividades na geração de emprego nos setores da produção primária, sendo notório o destaque de todo o seu sistema produtivo em termos de uso de mão-de-obra e fixação do homem ao campo e, também, na obtenção de divisas externas e arrecadação de impostos (AVELLAR; FREITAS, 2010).

Esta espécie participa da produção nacional com 25,4% de café beneficiado. O Estado do Espírito Santo destaca-se como o maior produtor dessa variedade, com 67,8% (7,40 a 7,86 milhões de sacas) de café beneficiado CONAB (2011). Nesse Estado mais de 40 mil propriedades produzem o café conilon, evidenciando sua importância

socioeconômica. Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), cerca de 36% da produção mundial de café provém da espécie *Coffea Canephora*.

Em termos de exportação estimada pela Organização Internacional do Café OIC, destaca-se Vietnã como líder mundiais, respondendo em 2011 por 43,41%, comercializando 850 mil sacas com o exterior. Exportações por todos os países produtores, foi igual a 22,11% inferior ao registrado no nono mês de 2010. O Brasil nesse levantamento ficou como quarto colocado no ranking mundial, ficando atrás de Uganda e Índia, além do Vietnã (CONILON BRASIL, 2011). Os principais destinos do café exportado do Brasil, com destaque para o Espírito Santo em 2011, foram Europa, América do Norte, Ásia e América do Sul. Entre os maiores mercados, Estados Unidos, Alemanha, Itália, Japão e Bélgica receberam o produto. Mesmo com boa previsão de safra para 2011, o Conilon segue a tendência geral no mercado de café, de estável a elevada (CONILON BRASIL, 2011).

4.1.4. Características de desenvolvimento

Em função das condições de origem, as plantas da espécie *Coffea canephora* podem adaptar-se e desenvolver-se em regiões com temperaturas médias anuais entre 22 e 26°C, com altitudes abaixo de 400 e 500m, estações secas moderada entre 150 e 200 mm e ambiente com elevado déficit de pressão de vapor (MATIELLO, 1998; FAVARIN, 2004).

O crescimento do cafeeiro é influenciado por vários fatores, destacando-se os genéticos e os edafoclimáticos. Resultados têm evidenciado que esta espécie possui características próprias que a diferencia daquelas de ciclo anual (BRAGANÇA, 2005). Por ser uma cultura perene a sua fase vegetativa é ininterrupta, podendo variar de intensidade durante o ano em função de sua fenologia, força dreno dos órgãos e condições ambientais (FAVARIN, 2004). A cada estágio, a planta exige determinados recursos e condições ambientais, como também responde de maneiras diferentes às influências externas (LARCHER, 2000).

Segundo Mantovani et al. (2001), a periodicidade de crescimento vegetativo do cafeeiro está associado a fatores como: temperatura, fotoperíodo, irradiância, suprimento de água e nutrientes. Elevadas intensidades luminosas, déficits hídricos e extremos

de temperatura, afetam as respostas fotossintéticas do cafeeiro, influenciando seu crescimento. É durante a fase vegetativa de crescimento que se manifesta as características da plasticidade fenotípica e, sobretudo, as adaptações modificativas em relação às condições do ambiente (LARCHER, 2000).

Na grande maioria das regiões produtoras de café do mundo, a taxa de crescimento da parte aérea do cafeeiro (ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, formação de nós, expansão foliar etc.) varia sazonalmente, em virtude das condições climáticas (RONCHI; DaMATTA, 2007). Observa-se que o crescimento das folhas segue o mesmo ritmo dos ramos. A produção de folhas (formação do nó) é um processo contínuo durante o ano, mas a sua taxa de crescimento varia sensivelmente com as condições climáticas. No Brasil o número de pares de folhas formados nos ramos varia pouco na estação quente e chuvosa, contudo varia acentuadamente na estação fria e seca (ALFONSI, 2005). No café conilon, a produção de folhas está associada intimamente com o crescimento dos caules, particularmente dos ramos plagiotrópicos, visto que os primórdios foliares resultam da gema apical de cada ramo lateral. A taxa de crescimento como a área final da folha depende da época em que se verifica a expansão, as folhas formadas em estações chuvosas e quente apresentam maior taxa de crescimento e maior área final (RENA et al., 1985).

Na região Nordeste onde há ocorrência frequente de veranicos durante a estação chuvosa e de um período seco relativamente longo, os cafezais são normalmente cultivados sob irrigação, que afeta o crescimento da parte aérea. Nessa região, em locais onde o cultivo é não irrigado, a taxa de crescimento do ramo plagiotrópico é baixa nos meses compreendido entre julho e setembro ($0,03 \text{ cm dia}^{-1}$), aumentando no início chuvoso atingindo valores máximos em outubro ($0,40 \text{ cm dia}^{-1}$); reduzindo em dezembro ($0,20 \text{ cm dia}^{-1}$) e atingindo valores mínimos em fevereiro, com aumento entre março/abril ($0,08 \text{ cm dia}^{-1}$) em razão das elevadas temperaturas (SILVEIRA; CARVALHO, 1996). Entretanto, apesar de a duração da estação de crescimento de ramos laterais observados em condições de irrigação ser maior em julho e fevereiro do que nas não irrigadas setembro a fevereiro tem se verificado que as taxas máximas de crescimento são maiores nas culturas não irrigadas. Essa condição afirma que a disponibilidade hídrica, e não a temperatura, tem importância no restabelecimento do crescimento desses ramos após estação seca (RONCHI; DaMATTA, 2007).

Em plantas lenhosas, geralmente, empregam-se uma grande quantidade de assimilados na construção dos tecidos de sustentação e condução. No primeiro ano de vida, a matéria seca de folhas pode representar a metade do total de matéria seca da planta. No entanto, com o aumento do porte, altera-se a proporção entre matéria seca de folhas e a matéria seca do caule, pois a partir deste período a folhagem cresce pouco, mas o caule e os ramos aumentam de tamanho e massa (LARCHER, 2000).

O estado de água nos diversos órgãos das plantas é uma propriedade dinâmica afetada pelo balanço entre a perda do vapor d'água pelas folhas para a atmosfera e a absorção de água pelas raízes. As taxas de transpiração, de fotossíntese e de crescimento são afetadas pelas alterações no estado hídrico das plantas. Um dos meios para caracterizar o estado hídrico nas plantas é a avaliação do potencial hídrico. Medições do potencial hídrico foliar podem fornecer informações que permitem identificar o grau de hidratação de uma planta e, assim, pode representar o estresse hídrico em que a planta está submetida (ANGELOCCI, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2004). Em plantas de Conilon, o potencial hídrico foliar na antemanhã mostrou-se como um bom indicador do grau de hidratação (DARDENGO, 2006). Tem se verificado que potenciais hídricos de até -1,0 MPa não afetam a fotossíntese das folhas do cafeeiro, no entanto é reduzida em 25% quando o potencial diminui para -2,0 MPa. Por outro lado, mesmo com o solo estando na capacidade de campo, nas horas mais quentes do dia o potencial hídrico foliar pode alcançar valores próximos de -1,5 MPa, não diferenciando muito de solos com 50% de água disponível. Dessa forma, não há necessidade de irrigar o cafeeiro enquanto o teor de água no solo não alcançar a metade da água disponível, o que sugere que o cafeeiro, é uma espécie, relativamente resistente à seca (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987). Praxedes (2003) estudou com quatro clones de *Coffea canephora* variedade Conilon tolerantes (120 e 14) e suscetíveis (109A e 46) à seca, submetidos a dois regimes hídricos, deficiência hídrica imposta quando o potencial hídrico na antemanhã atingiam aproximadamente -2,0 e -3,0 MPa considerado moderado e severo, respectivamente, e controle continuamente irrigado com potencial hídrico não maior que -0,1 MPa. O autor observou que os clones 109A, 120, 46 e 14 alcançaram o estresse moderado aos 15, 18, 20 e 23 dias após suspensão da irrigação e o severo foi observado aos 19, 24, 24 e 29 dias respectivamente. E esses autores relatam que em outros trabalhos em campo e casa de vegetação, o clone 120 retardou por mais tempo a perda de água em relação aos clones

sensíveis (109A e 46), sugerindo que tais diferenças possam estar associadas à idade das plantas com sistema radicular e área foliar bem menos desenvolvidos que nos trabalhos anteriores.

As plantas raramente estão em plena hidratação, elas podem sofrer déficits hídricos que sendo de curta duração não prejudicam o crescimento e desenvolvimento, portanto, deve-se diferenciar o déficit que ocorre durante o dia por meio da transpiração daquele que atua em períodos mais longos, provocado pelo esgotamento progressivo de água, no solo, que leva a inibição do crescimento vegetal e da fotossíntese (SILVA et al., 2001).

4.2. Aspectos gerais da salinidade

O termo salinidade refere-se à presença de quantidades consideráveis de sais solúveis no solo a ponto de prejudicar o crescimento e rendimento econômico das culturas (PAZ et al. 2000, MUNNS; TESTER, 2008). O processo de salinização dos solos ocorre por diversos fatores, dos quais, alta taxa de evaporação e baixa precipitação, associada às características do material de origem e as condições geomorfológicas e hidrológicas condicionado a formação de solos com teores elevados de sais (CORDEIRO, 2001). Outra forma de acúmulo de sais nos solo é a prática da irrigação inadequada com água que contenha concentrações elevadas de sais, acompanhada de sistemas de drenagem insuficiente. Este processo de salinização é de ocorrência em regiões áridas e semi-áridas. No semiárido brasileiro, a irrigação assume papel fundamental no desenvolvimento da agricultura, entretanto, essa prática com utilização de águas subterrâneas (poços) e superficiais (açudes e lagoas), eleva a concentração salina, principalmente em períodos secos quando o volume de água dos reservatórios é reduzido (DANTAS et al., 2002; AQUINO et al., 2007).

Os sais solúveis em solos salinizados consistem em grande parte e em proporções variadas de cátions Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} , e ânions Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} e NO_3^- (ORCUTT; NILSEN, 2000). Esses sais no solo apresentam de forma associados e dissociados. Associados, formam compostos por combinação dos íons, sendo mais comuns NaCl , CaCl_2 , Na_2SO_4 e CaSO_4 . os dissociados apresentam-se de três formas: como íons solúveis na solução aquosa do solo, íons hidratados adsorvidos nas argilas e materiais orgânicos, íons trocáveis retidos por cargas elétricas nas argilas e material orgânico (CORDEIRO, 2001). Normalmente

três íons alcançam concentrações na solução do solo que causam efeitos osmóticos para as plantas: os cloretos e sulfatos associados ao sódio. Os sais destes íons ocorrem em proporções variáveis no solo, porém, os pesquisadores são unânimes em afirmar que o NaCl é o que predomina na maioria das vezes (BERNSTEIN, 1975, apud AQUINO et al., 2005).

De modo geral, a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, prejudicial para maioria das culturas é igual ou superior a 2 dS m⁻¹ (CAVALCANTE et al., 2001; HOLANDA et al., 2010), porém, o U. S. Salinity Laboratory classifica solo salino como os que possuem condutividade elétrica superior a 4 dS m⁻¹, pH inferior a 8,5 e percentagem de sódio trocável inferior a 15% (DAKER, 1987).

Solos salinos são abundantes em regiões áridas e semi-áridas, apesar dessas áreas no Brasil não serem ainda bem definidas. Estimativas da FAO pressupõem que de 20% a 25% das áreas irrigadas apresentam problemas de salinidade, e que 2,4 % da área total terrestre do Brasil apresentam causas naturais de salinidade do solo. No nordeste brasileiro, os Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará, que compõem 110 milhões de hectares, estima-se que 9 milhões de hectares já apresentam áreas salinizadas (FAO 2009; SAIRAM; TYAGI, 2004). No mundo, a área total dos solos salinos é de 397 milhões de hectares, das terras irrigadas (250 milhões de hectares), sendo 50 milhões afetados por sais (FAO, 2009).

4.3. Excesso de sais no solo e seus efeitos na planta

Na maioria das culturas os sais limitam parcial ou totalmente o seu crescimento afetando, sobretudo, sua produtividade, devido em detrimento aos efeitos osmóticos, tóxicos por íons específicos, desequilíbrio nutricional e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (NIU et al., 1995; LIMA, 1997; HASEGAWA et al., 2000).

Os efeitos depressivos dos sais às plantas dependem de muitos fatores, tais como cultivar e estágio fenológico, concentração de sais e tempo de exposição da planta ao estresse salino e das condições edafoclimáticas (CRAMER et al., 1994). A alteração do crescimento representada por um modelo bifásico identifica a redução do potencial osmótico e o efeito de íons específicos como fator primário e secundário, respectivamente (MUNNS, 1993). Esse mesmo autor relatou que na primeira fase o crescimento é afetado pelos sais

presentes no exterior da planta, regulado por sinalização proveniente das raízes, sobretudo, pelo ácido abscísico (ABA). O estresse salino induz a síntese de ácido abscísico que fecha os estômatos quando transportado para as células guardas, ocorrendo como resultado do fechamento estomático ocorre diminuição da fotossíntese e fotoinibição e estresse oxidativo (ZHU, 2007). Na segunda fase, a redução é resultante do acúmulo de sais no interior da planta.

Em geral, os sintomas de danos causados pelo estresse salino são a inibição do crescimento, desenvolvimento acelerado, senescência e morte durante a exposição prolongada. A inibição do crescimento é a lesão primária que leva a outros sintomas, embora a morte celular programada possa ocorrer também, sob choque de salinidade severa (ZHU, 2007). Os principais processos das plantas durante o estresse salino como a fotossíntese e síntese de proteína podem ser prejudicados e como consequência há redução na expansão da superfície foliar (PARIDA; DAS 2005), com considerável diminuição na área foliar, biomassa fresca e seca de folhas e raízes (CHARTZOULAKIS; KLAPAKI 2000), havendo dessa forma, diminuição significativa na taxa de crescimento das plantas (RHOADES et al., 2009). A alteração significativa na biomassa de raízes e parte aérea incrementa a razão raiz/parte aérea em algumas plantas, à medida que os níveis de NaCl aumentam (MELONI et al., 2001). Sob salinidade, as plantas apresentam números de folhas, altura de planta e comprimento de raízes reduzidas. Dessa forma, a análise de crescimento pode ser muito útil no estudo do comportamento vegetal sob diferentes condições ambientais e de cultivo, permitindo também selecionar cultivares ou espécies que apresentem características funcionais adequadas ao ambiente que foi submetida (BENINCASA, 2003).

A elevada concentração salina do meio afeta a disponibilidade, transporte e particionamento da maioria dos nutrientes essenciais pelas plantas, devido ao baixo potencial total do solo e da competição química entre nutrientes e sais, reduzindo o crescimento das plantas. Com o aumento do estresse salino, ocorre um desequilíbrio no transporte de íons de Na^+ e Cl^- e outros nutrientes essenciais às plantas. Os efeitos do NaCl sobre a nutrição mineral resultam da toxicidade dos íons causada pela absorção excessiva do Na^+ e Cl^- afetando principalmente a absorção de K^+ e Ca^{2+} e NO_3^- (HU; SCHMIDHALTER, 2005). Segundo Taiz e Zeiger (2004), alta relação Na^+/K^+ bem como concentrações elevadas de sais totais, inativa as enzimas e inibem a síntese proteica. Segundo esses autores, em condições de baixa salinidade, as plantas mantêm elevadas concentrações de K^+ e baixas

concentrações de Na^+ no citosol, o K^+ é elevado em condições normais (íon móvel), atuando como componente essencial para o ajustamento osmótico, auxiliando na ascensão capilar do NO_3^- no xilema e atuando na ativação enzimática. Uma maior relação K^+/Na^+ proporciona maior resistência da planta à salinidade (HU; SCHMIDHALTER, 2005). Em certas plantas, o estresse causado pelo aumento de Na^+ e Cl^- incrementa o acúmulo desses elementos em maior quantidade nas folhas, seguidas das raízes (PARIDA et al., 2004). Nas folhas mais jovens nos estádios iniciais de crescimento, o Cl^- é mais acumulado (COSTA et al., 2003).

Em plantas adaptadas a meios salinos com elevadas concentrações de sódio, esse íon pode substituir em vários graus o potássio como um osmótico vacuolar. Entretanto, plantas sensíveis a sais não podem tolerar uma substituição comparável de potássio por sódio, talvez devido a sua inabilidade de reter sódio firmemente no vacúolo (EPSTEIN; BLOOM, 2006). O sódio, depois que entra no citoplasma, inibe as atividades de muitas enzimas, dependendo da quantidade de potássio presente. Em halófitas que acumulam grandes quantidades de sódio no interior da célula, suas enzimas são tão sensíveis ao sódio como as glicófitas, isto implica dizer que halófitas tem que compartimentar o sódio para o vacúolo, longe de enzimas citosólicas (HU; SCHMIDHALTER, 2005). Um fator importante na competição entre íons de sódio e potássio é o cálcio, que proporciona efeito protetor em plantas sob estresse de sódio, aumentando a seletividade de K^+/Na^+ (TAIZ; ZEIGER 2006), mediando a sinalização intracelular e mantendo a integridade do transporte seletivo desses íons (ZHU, 2007). Uma maior relação K/Na ou Ca/Na nos tecidos de cultivares são muitas vezes utilizados como parâmetro para identificação de variedades tolerantes a salinidade. Vale ressaltar que, o cálcio desempenha papel fundamental na regulação fisiológica de muitos processos que influenciam o crescimento e as respostas das plantas a ambientes de estresse, incluindo entre estes a água e o movimento de solutos como influenciado pelo efeito do Ca^{2+} em função dos estômatos e estrutura da membrana, a divisão celular e a síntese da parede celular, e as taxas de metabolismo respiratório. Entretanto, apesar de sua importância, sua baixa mobilidade tornam as taxas dos processos de sua captação e distribuição limitantes (HU; SCHMIDHALTER, 2005).

Nutrientes minerais desempenham um papel vital na determinação da resistência das plantas à salinidade. Em comparação com N, P, K^+ e Ca^{2+} , os micronutrientes podem ser menos importantes em relação à resistência das plantas à salinidade. A

disponibilidade de micronutrientes em solos salinos depende da solubilidade destes nutrientes, do pH e condutividade elétrica da solução e da natureza dos sítios de ligações na superfície de partículas orgânicas e inorgânicas. Dessa forma, a salinidade pode afetar diferencialmente as concentrações de micronutrientes na planta, o que dependerá da espécie e/ou cultivar, como também, do nível de salinidade (HU; SCHMIDHALTER, 2005).

O estresse salino induz uma série de respostas metabólicas nas plantas. Entre elas, estão as alterações bioquímicas apresentadas, por exemplo, pelas variações na concentração de proteínas solúveis, clorofila, carotenóides e atividades de enzimas, como as peróxidasas (REDDY et al., 2004; SANTOS, 2004).

As clorofilas são pigmentos naturais presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas verdes e outros tecidos vegetais, sendo esta organela o continente da fotossíntese, ou seja, onde ocorrem as duas reações importantes: a fotoquímica, nas membranas dos tilacóides e a bioquímica, no estroma do cloroplasto. Todos os organismos possuem uma mistura de mais de um tipo de pigmentos clorofilianos, cada um com uma função específica. A clorofila *a* e *b* são abundantes nas plantas verdes, no entanto, a clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar fotoquímica (estágio primário do processo fotossintético), enquanto os demais pigmentos como a clorofila *b* auxiliam na absorção de luz e transferência da energia radiante para os centros de reação e são chamados de pigmentos acessórios (XU, 2001; MUSSI, 2003; TAIZ; ZIEGER, 2004, 2006). Quando as plantas estão sob estresse, ocorrem modificações na emissão da fluorescência da clorofila *a*, causando alterações fisiológicas na atividade fotossintética das folhas (BAKER; ROSENQVIST, 2003). Em plantas submetidas à salinidade, decréscimos na concentração de clorofila podem ser atribuídos ao aumento da atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (SHARMA; HALL, 1991).

Outros pigmentos acessórios são os carotenóides, que constituem integralmente as membranas tilacóides e estão, em geral, intimamente associados aos pigmentos protéicos. A luz absorvida pelos carotenóides é transferida à clorofila para o processo de fotossíntese (TAIZ; ZIEGER, 2006). O estresse salino promove incremento na síntese de carotenóides totais, indicando que, sob estresse, as plantas buscam rotas alternativas de dissipação de energia a fim de evitar problemas de fotoinibição e fotoxidação (PINHEIRO et al., 2010). Para Sharma e Hall (1991), estresse salino induz a degradação de β -caroteno e a

redução na formação de zeaxantina, produzindo diminuição no teor de carotenóides. Esteves e Suzuki (2008), citaram que os conteúdos de clorofila e carotenóides diminuem sob altas concentrações de sais em folhas e no mesófilo.

Quando exposta a condições salinas, as plantas tendem a fechar os seus estômatos, resposta relacionada à redução da permeabilidade das raízes a água, provocando estresse hídrico. Com o fechamento dos estômatos a disponibilidade de CO₂ às folhas tende a ser reduzida, inibindo sua fixação e provocando dessa forma a inibição da fotossíntese. Além de afetar a fotossíntese, a salinidade pode alterar o teor relativo de água e o potencial hídrico foliar (SULTANA et al., 1999; GULZAR et al., 2003; SILVEIRA et al., 2010).

4.4. Salinidade e a cultura do cafeeiro

Ainda são poucos os estudos desenvolvidos enfocando o efeito do estresse salino na cultura do cafeeiro, especificamente para café conilon. Trabalhos têm sido desenvolvidos com ênfase em cultivares de *Coffea arabica* quanto ao efeito da salinidade da água e do solo no crescimento e desenvolvimento.

Faria et al. (2009) observaram que a salinidade decorrente da fertirrigação (0,06, 5,05, 11,35, 17,02 e 16,01 dS m⁻¹) causou pequena diferença em relação à altura das plantas entre as cultivares de arábica (Catuaí e catucaí) e que as mesmas toleraram salinidade do solo de 1,2 dS m⁻¹, proveniente da irrigação com 0,06 dS m⁻¹. Em um estudo utilizando seis níveis de salinidade da água de irrigação (0,0, 0,6, 1,2, 1,8, 2,4 e 3,0 dS m⁻¹) até 163 dias após estabelecimento das mudas (DAE) de cultivares Catuaí, Figueiredo et al. (2006), verificaram que a partir de 57 e 78 DAE para o diâmetro do caule e para área foliar e altura das plantas, respectivamente, o crescimento foi reduzido com o aumento da salinidade da água e que a relação raiz/parte aérea também decresceu em função da salinidade. Esses autores concluíram que a salinidade da água a partir de 1,2 dS m⁻¹ pode paralisar o crescimento inicial do cafeeiro e levá-lo a morte.

Karasawa et al. (2003 a, b, c), testando o efeito de níveis de salinidade da água (1,5; 2,0; 3,0; 4,5, e 6,0 dS m⁻¹) no desenvolvimento de mudas de cafeeiro Acaíá, verificaram que todas as plantas morreram na ordem decrescente de concentração de sais na água de irrigação. Ainda esses autores avaliando índices de crescimento na mesma cultivar

utilizando água cloretada sódica em diferentes níveis (0,0; 0,3; 0,9; 1,2 e 1,5 dS m⁻¹) por um período de 163 dias, concluíram que o crescimento tanto morfológicos e fisiológicos foram afetados pelo efeito do estresse salino e que a sensibilidade das mudas à salinidade imposta foi mais evidente com condutividade elétrica da água de irrigação superior ou igual a 0,9 dS m⁻¹. Também verificaram que a condutividade elétrica do solo do tratamento mais salino variou de 8,82 a 11,13 dS m⁻¹ correspondendo a um potencial hídrico foliar de -6,21 bar). Entretanto, Matiello (1999) observou que as plantas jovens de café toleram bem a salinidade, desde que a água de irrigação apresente condutividade elétrica de até 2,0 dS m⁻¹.

Em café conilon, tem sido pouco reportado a sua resposta em cultivos sob condições de estresse salino. Referente a esse cafeeiro, Nazário et al. (2010) cultivaram em casa de vegetação a variedade Robusta Capixaba submetidos a irrigação com água salina em diferentes níveis de condutividade elétrica (1,00; 2,00; 3,00 e 4,00 dS m⁻¹) utilizando quantidades de NaCl e CaCl₂ necessárias para obter a salinidade da água de irrigação nos referentes níveis. Por um período de 240 dias após plantio (DAP), analisaram o efeito da salinidade sob o crescimento do cafeeiro e verificaram que a matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST) e a área foliar total (AFT) reduziu com o aumento da salinidade da água aplicada, essa redução foi mais evidente a partir dos 180 DAP, entretanto, a taxa de crescimento relativo (TCR), a razão da área foliar (RAF) e a relação parte aérea raiz (RPAR), reduziu a partir dos 60 DAP. Porém, a interação dos fatores estudados foi não significativa para tais variáveis. Esses autores salientam que a RAF e a RPAR são as melhores indicadoras do efeito do estresse salino sobre as plantas da referida cultivar.

Com evidência nesses resultados para a cultura do cafeeiro, é notável que o limite de tolerância está relacionado à concentração salina imposta, ao tempo de exposição e ao estágio de desenvolvimento. Além disso, pode-se observar que cultivares de uma mesma espécie pode responder de modo diferente aos efeitos salinos nas fases de seu desenvolvimento. No entanto, na maioria das espécies cultivadas de importância econômica tem se verificado sensibilidade a salinidade na germinação, bem como, a não tolerância das culturas quando impostas às condições permanentes de salinidade no solo.

Cramer et al. (1994) salientam que o grau com que o estresse salino influencia o crescimento é dependente de muitos fatores, que além do tipo de salinidade, da

intensidade e duração do estresse salino, a umidade do solo e do ar também afeta a resposta das culturas. Para Gheyi et al. (2005), não está esclarecido se os efeitos observados tem relação a sensibilidade da cultura à salinidade em um determinado estágio ou à duração do estágio de exposição da planta ao substrato salino ou se deve a combinação destes fatores.

As plantas crescendo em solos salinos não podem escapar totalmente dos efeitos dos sais e, desta forma, devem desenvolver pelo menos algum grau de resistência. A resistência à salinidade é a habilidade tanto de evitar, por meio de uma regulação salina, que excessivas quantidades de sais provenientes do substrato alcancem o protoplasma, como de tolerar os efeitos tóxicos e osmóticos associados ao aumento na concentração de sais. Assim, os processos de crescimento são particularmente sensíveis aos efeitos dos sais, de forma que a taxa de crescimento e a produção de biomassa são bons critérios para a avaliação do grau de estresse e da capacidade da planta de superar o estresse salino (LARCHER, 2000).

4.5. Deficiência hídrica e seus efeitos na planta

De todos os recursos de que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, o que mais limita a produtividade agrícola. A maioria da massa de células vegetais é composta por água, em cada célula encontra-se um grande vacúolo cheio de água, onde, o citoplasma compreende de 5 a 10% do volume celular e o restante é o vacúolo. Nos vegetais a água constitui cerca de 80 a 95% da massa de tecidos vegetais em crescimento (TAIZ; ZIEGER, 2006).

A água participa dos processos fisiológicos da planta, entre eles das reações metabólicas de síntese (fotossíntese) e degradação (respiração); transporte de materiais e nutrientes através do xilema e floema; absorção de gases e materiais através do filme que estabelece raiz/solo; garante a turgidez de tecidos e órgãos; responde pelo controle da condutância estomática (PEIXOTO, 2011).

O suprimento hídrico das plantas está relacionado com a interação ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, no entanto, a condição hídrica da cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos, assim, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água nesse sistema. A absorção é o meio de entrada de água na planta, e se dá em toda superfície da mesma, porém, a maior parte

do suprimento de água vem do solo. O solo é o grande armazenador e fornecedor de água às plantas, assim, a quantidade de água absorvida pelo sistema radicular dependerá da quantidade de água do solo disponível para planta. A água disponível no solo compreende o conteúdo de água entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Dessa forma, a capacidade de armazenamento de água disponível às plantas é resultado da interação solo-planta (SANTOS; CARLESSO, 1998; TAIZ; ZIEGER, 2006; PAIVA; OLIVEIRA, 2006).

À medida que o solo reduz o conteúdo de água, torna-se mais difícil a absorção de água pelas plantas, devido ao aumento da força de retenção da água no solo. Em consequência a planta fica menos hidratada, isto é, atinge um menor potencial hídrico (SANTOS; CARLESSO, 1998; TAIZ; ZIEGER, 2009). Segundo Taiz e Zieger (2009), a deficiência hídrica pode ser definida como qualquer conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais elevado exibido no estado de maior hidratação. No entanto, a deficiência hídrica representa um dos fatores de estresse que acarreta danos nos processos metabólicos e fisiológicos das plantas, proporcionando influencia significativa no crescimento e desenvolvimento das mesmas. Vale salientar, que o tempo necessário para que a insuficiência de suprimento de água, por chuva ou irrigação, provoque essas causas, dependerá do tipo de planta, da capacidade de retenção de água no solo e das condições atmosféricas (PIMENTEL, 2004).

As plantas exibem respostas fisiológicas e bioquímicas afetadas por déficit hídrico, tanto ao nível celular como no organismo num todo, de acordo com a espécie e fase de desenvolvimento fenológico. Assim, assimilação de CO₂, respiração, transpiração, translocação, absorção de íons, metabolismo de nutrientes, metabolismo das proteínas, atividade enzimática, são alterados (NAM, 2001; FAROOQ et al., 2009; PEIXOTO, 2011). No entanto, a extensão dos efeitos do déficit hídrico está relacionada à sua intensidade e duração e à capacidade genética das plantas (CHAVES et al., 2002).

O crescimento é um dos processos fisiológicos mais sensíveis a deficiência hídrica, à medida que decresce o conteúdo de água da planta, suas células encolhem progressivamente e relaxam a pressão de turgescência contra as paredes celulares. Com a pressão de turgescência menor, ocorre uma concentração de solutos nas células, em consequência a membrana plasmática torna-se mais espessa uma vez que cobre uma área menor. Dessa forma, por ser a perda de turgidez o primeiro efeito biofísico significativo do

estresse hídrico, as atividades relacionadas com a turgidez, como a expansão foliar, alongamento das raízes, são os mais sensíveis. Com a inibição da expansão foliar, a área foliar também é reduzida. Entretanto, a carência hídrica não limita apenas o tamanho das folhas, mas também, o número de folha, pelo fato de diminuir o número e a taxa de crescimento dos ramos. O crescimento do caule tem sido menos estudado, mas provavelmente deve ser afetado pelas mesmas forças que limitam o crescimento foliar em decorrência do estresse (TAIZ; ZIEGER, 2009; SAUSEN, 2007).

Com a diminuição da área foliar em resposta a deficiência hídrica, o potencial fotossintético da planta é afetado. Com ligeira diminuição da disponibilidade de água ocorrerá indução do fechamento estomático, principalmente em horas mais quentes, porém, o volume de água transpirado durante o dia pode não ser afetado, visto que a planta abre mais os estômatos nas horas menos quentes, para implementar a assimilação de CO₂ total durante o dia. A associação fechamento estomático e temperaturas elevadas, principalmente ao meio-dia, período de maior incidência de radiação luminosa, pode levar a fotoinibição, que é a redução do potencial fotossintético, quando a atividade dos fotossistemas, com produção de poder redutor (NADPH₂) e de energia química (ATP) são máximos em função da alta luminosidade, porém, a taxa de assimilação de CO₂ é reduzida em função do estresse. A fotoinibição é de ocorrência tanto em plantas C3 quanto em C4 (PIMENTEL, 2004).

Geralmente a deficiência hídrica reduz a absorção e transporte ativo de nutrientes pelas raízes para parte aérea da planta devido à restrição na taxa de transpiração e permeabilidade da membrana. A queda de umidade do solo, resulta em diminuição na taxa de difusão de nutrientes do solo para a superfície radicular de absorção. Ainda são poucas as informações sobre o efeito desse estresse sobre a nutrição mineral. Tem-se observado que a absorção de Ca, como de outros elementos é diminuída em condições de baixa umidade do solo, e o acúmulo total deste íon diminui em comparação a P e K. O fósforo restringe severamente sua translocação para parte aérea, mesmo sob estresse hídrico relativamente leve ((HU; SCHMIDHALTER, 2005).).

Considerando os micronutrientes, a deficiência de boro é frequente sob déficit hídrico e se relaciona a sua baixa mineralização, ou seja, quantidades são mais encontradas na matéria orgânica, como também a menor quantidade deste elemento a profundidades maiores no solo em algumas áreas, em relação à superfície do solo. A baixa

umidade do solo induz a deficiência de outros elementos como Mn, Mo, Fe e Zn, ressaltando, que Mn e Fe em condições úmidas são cada vez mais disponíveis, devido sua conversão para formas reduzidas sendo mais solúveis (HU; SCHMIDHALTER, 2005).

Em pesquisas desenvolvidas, o teor relativo de água e potencial hídrico foliar têm sido utilizados para avaliar o efeito do déficit hídrico nas culturas (WU, et al., 2008), além de relação raiz/parte aérea, altura da planta (SANTOS, 2009), diâmetro do caule (NASCIMENTO et al., 2010), absorção de macro e micronutrientes (LEÃO et al., 2011); massa seca total e área foliar total (WORKU; ASTATKIE, 2010).

4.6. Deficiência hídrica e o cafeeiro conilon

De todos os recursos de que a planta necessita para crescer e funcionar, a água é o mais abundante, e ao mesmo tempo, o que mais limita a produtividade agrícola

O cafeeiro beneficia-se de estação de seca moderada, com déficit hídrico anual entre 150 e 200 mm, não apresentando problemas sensíveis, entre 200 e 400 mm não causa grandes efeitos, porém, a irrigação suplementar é necessária, atentando-se para os períodos críticos da cultura que vai da iniciação floral até a granação dos frutos, como também, os períodos de maior crescimento vegetativo. Em condições de déficit acima de 400 mm a irrigação se torna obrigatória (MATIELLO et al., 2002).

Considerando que o cafeeiro conilon é uma cultura tolerante ao déficit hídrico no solo e que essa característica possa estar relacionada à origem do gênero *Coffea* de regiões africanas e que nessas regiões apresentam longos períodos de estiagem sem chuvas o conceito de irrigação para o conilon passa a ser deficitária e não total. Dessa maneira, novas variedades de café conilon estão sendo desenvolvidas com características que representem maior tolerância ao déficit hídrico no solo. Tem se verificado que esses materiais genéticos respondem menos a irrigação (SILVA; REIS, 2007).

Verificou-se em clones de café conilon submetidos tanto a condições ótimas de irrigação como em condições de déficit hídrico, em campo, e considerando sua produtividade média, que os clones 120 e 14 dentre outros, apresentaram desempenho superior em condições de déficit hídrico, tendo suas produtividades médias pouco alteradas (FERRÃO et al., 2000 a,b).

Em estudos comparando plantas tanto em condições de vaso como de campo, tem sido observado que clones tolerantes mantêm maior potencial hídrico e/ou teor relativo de água em seus tecidos, quando impostos ao déficit hídrico em comparação aos clones sensíveis à seca (PINHEIRO et al., 2004; PRAXEDES et al., 2006). Em função de melhorar o desempenho do café conilon em regiões sujeitas à seca, seleção de índices e parâmetros adequados facilita identificar materiais genéticos com maiores potenciais de tolerância à seca.

Nesses estudos de comparação entre clones de café conilon sob condições de seca, tem se mostrado variações em relação à produção nestas condições e as características morfofisiológicas apresentadas entre esses clones, devem responder por suas tolerâncias diferenciais à seca (DaMATTA; RAMALHO, 2006). As avaliações fisiológicas em alguns desses clones demonstraram que a manutenção de um estado adequado de água por meio de combinação de profundo enraizamento e controle estomático satisfatório da taxa instantânea de transpiração, manutenção da área foliar e das características bioquímicas são de extrema importância (PINHEIRO et al., 2005).

DaMatta et al. (2000), comparando clones de conilon sensíveis (46 e 201) e tolerantes a seca (14 e 120), notaram que clones sensíveis após 105 dias de estiagem, apresentaram baixa área foliar e sobrevivência comprometida, esses efeitos foram negligenciáveis nos clones tolerantes. O potencial hídrico na antemanhã também foi menor nos clones sensíveis.

Para alguns autores (DaMATTA; RAMALHO, 2006; PINHEIRO et al., 2004), os componentes da adaptação diferencial à seca entre clones de café conilon podem ser comportamentais e talvez sejam regulados por taxas de uso da água e/ou eficiência de extração de água no solo.

Com referência em resultados de alguns estudos Ronchi e DaMatta (2007), relataram três estratégias que estão possivelmente envolvidas na tolerância diferencial entre clones: (i) clones sensíveis à seca mantêm controle deficiente da transpiração, os estômatos respondem de forma limitada quando reduz a disponibilidade de água no solo ou a demanda evaporativa da atmosfera, podem ter baixa capacidade de absorção da água (apesar de exibirem controle estomático satisfatório da transpiração) por terem sistemas radiculares mais superficiais, a desidratação dos tecidos é acelerada sob deficiência hídrica (pode levar ao

colapso do metabolismo, culminando em perda considerável da área foliar), comprometendo de vez a produção. Exploração econômica desses clones requer implantação de irrigação; (ii) clones tolerantes com sistema radicular relativamente profundo, alta sensibilidade estomática à disponibilidade de água e baixas taxas do uso de água, baixa condutância hidráulica, adiam a desidratação de seus tecidos, mantendo um balanço hídrico favorável, bem como o vigor, por fecharem os estômatos para limitar a transpiração, limitam também o influxo de CO₂ para fotossíntese, reduzindo assim a produção (clone 14). Clones com esse comportamento respondem de forma insatisfatória a irrigação, caso a demanda evaporativa da região seja elevada, ou seja, mesmo que haja disponibilidade adequada de água no solo, seus estômatos fecham em resposta à baixa umidade relativa do ar, comprometendo a produção. Essa estratégia de tolerância favorece a sobrevivência em detrimento da produção; (iii) clones tolerantes com sistema radicular relativamente profundo, sensibilidade estomática satisfatória à disponibilidade de água, elevada condutância hidráulica, taxa de desidratação de seus tecidos sob seca é intermediário (clone 120). Havendo disponibilidade adequada de água no solo, esses clones aliam taxas de transpiração relativamente elevadas, aumentando influxo de CO₂ para fotossíntese, com rápida reposição da água transpirada. Com diminuição da água no solo e com o sistema radicular relativamente profundo, garantiria a manutenção parcial da absorção de água, exaurindo mais rapidamente as reservas de água do solo, levando a ocorrência de déficits hídricos internos. Possivelmente, esses clones têm certo grau de tolerância protoplasmática (sistema antioxidante mais eficiente) à dessecação, o que preveniria colapso do metabolismo celular. Clones com esse comportamento produzem suficientemente em condições de seca como irrigadas e são denominados de clones “dupla aptidão”.

4.7. Mecanismos de tolerância das plantas aos estresse salino e hídrico

Os mecanismos de tolerância podem ser classificados como aqueles que atuam para minimizar o estresse osmótico ou desequilíbrio de íons, ou ainda, minimizar os consequentes efeitos secundários causados por estes danos. Entretanto, os mecanismos de controle genético de tolerância à salinidade ainda não são totalmente compreendidas devido a sua complexidade. Assim, a tolerância à salinidade geralmente pode ser expressa por percentagem de biomassa produzida em condições salina versus a produção em condições

controle, durante período de tempo prolongado (que normalmente correlaciona com o rendimento) ou em termos de sobrevivência, que é bastante apropriado para espécies perenes (MUNNS, 2002).

O fato de espécies vegetais diferirem em resposta ao crescimento em condições de estresse salino, torna-se importante a caracterização de mecanismos fisiológicos de tolerância ao sal. Esses mecanismos servem de base para seleção e melhoramento de plantas à salinidade. Fisiologicamente as plantas têm que reagir a alguns impedidores do crescimento em ambientes salinos: controlando a taxa de crescimento e morfologia; resistir ao déficit hídrico (redução do potencial hídrico); regular a entrada de CO₂ e H₂O pelos estômatos; evitar a toxicidade iônica e desbalanço nutricional (MUNNS, 2002; KORYO, 2003).

A capacidade de sobreviver ao estresse é dominada por mecanismos que atribuem resistência e podem ser escape ou tolerância ou combinação de ambos. Mecanismos de escape envolvem reduzida atividade metabólica (levando a dormência) e são aqueles que evitam a exposição ao estresse, enquanto, os de tolerância, envolvem alta atividade metabólica sobre estresse moderado, e baixa atividade sob estresse severo, em que a planta suporta o estresse (WILLADINO; CAMARA, 2005).

Independente de a planta estar sob estresse, os mecanismos de resistência constitutivos são expressos e constituem adaptações. São progressos evolucionários que melhoram a adequação ambiental de uma população de organismos. Considerando um organismo individual, o ajuste em resposta a variações de fatores ambientais constitui os mecanismos de resistência conhecido como aclimação (BRAY et al., 2000). Tanto a adaptação, ao nível populacional, quanto à aclimação, ao nível de planta individual, ocorre pela combinação de processos comportamentais, morfológicos, anatômicos, fisiológicos e bioquímicos e dependem de processos moleculares (ORCUTT; NILSEN, 2000; GASPAR et al., 2002).

Assim, durante a aclimação um organismo altera sua homeostase para se acomodar a mudanças ambientais. Dessa maneira, em condições de estresse salino a homeostase hídrica e iônica é rompida, e essa quebra ocorre tanto ao nível celular como na planta inteira, acarretando danos moleculares, suspensão do crescimento ou a morte da planta (WILLADINO; CAMARA, 2010).

Em glicófitas a tolerância depende da habilidade da planta controlar o transporte do sal em três mecanismos, que ocorrem em diferentes graus em função da espécie e/ou cultivar ao nível de planta inteira: (a) seletividade no processo de absorção pelas células das raízes; (b) carregamento do xilema preferencialmente com K^+ , que com Na^+ ; (c) remoção do sal do xilema na parte superior das raízes, caule, pecíolo ou bainha foliares (MUNNS et al., 2002).

Plantas em baixas condições de estresse salino podem absorver quantidades consideráveis de íons potencialmente tóxicos. Uma vez absorvidos, os íons podem ser compartimentalizados mediante diversos mecanismos. Estes mecanismos podem ocorrer: a nível celular, com acumulação de íons no vacúolo; ao nível de tecidos; e ao nível de órgãos como raízes, caules e folhas. Esta compartimentação pode evitar os efeitos tóxicos do íon dependendo, evidentemente, da intensidade e duração do estresse. A acumulação preferencial de Na^+ e Cl^- em órgãos e tecidos menos sensíveis, é uma característica das glicófitas e está correlacionada positivamente com a tolerância da salinidade, em números consideráveis de cultivos (REIGOSA et al., 2004). Sob condições de estresse salino, o Na^+ tem apresentado papel de osmorregulador em plantas, enquanto os solutos orgânicos tem sido importante em condições de déficit hídrico (SONG et al., 2005). Diferenças na absorção, transferência e ou, acumulação de íons Na e Cl também podem estar relacionados a mecanismo de tolerância.

Os mecanismos de resistência utilizados pelas plantas em relação ao déficit hídrico podem ser divididos em escape, retardo e tolerância. Em escape, as plantas adotam uma estratégia de “fuga” apresentando rápido desenvolvimento fenológico e alto grau de plasticidade, sendo capazes de completar seu ciclo de vida antes que o déficit hídrico torne-se severo e provoque dano fisiológico. O retardo da desidratação corresponde à manutenção do turgor e volume celular, tanto pela absorção de água por um sistema radicular abundante quanto pela redução da perda por transpiração pelo fechamento estomático ou por vias não estomáticas como a cutícula. Enquanto a tolerância é um mecanismo que permite à planta manter o metabolismo, mesmo com a redução do potencial hídrico dos tecidos, devido principalmente ao acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos (VERSLUES et al., 2006).

Segundo Passioura (1997), não existe uma única variável fisiológica que por si só seja indicativa de tolerância à seca. É indicado avaliar-se variáveis que possam

ser estudadas em diferentes fases do ciclo, em casa de vegetação e em campo. Variáveis fisiológicas como área foliar e o acúmulo de massa seca da parte aérea são mais sensíveis ao estresse e de fácil mensuração. Também, o conteúdo relativo de água, potenciais hídricos da folha, teores de potássio e outros solutos são indicativos de tolerância (BLUM, 1997; PIMENTEL et al., 1990)

Os mecanismos de tolerância sob alto conteúdo de água (habilidade da planta de manter alta hidratação, em baixa precipitação), o controle estomático é considerado um mecanismo da parte aérea, que tende a favorecer o vegetal, quando o déficit hídrico tem um curto tempo de duração (veranicos). Todavia, se o estresse for prolongado, o fechamento estomático pode reduzir significativamente a absorção de CO₂e, conseqüentemente, reduzir drasticamente a produção (FARQUHAR; SHARKEY, 1982; TANG et al., 2002). Entretanto, os mecanismos de tolerância, sob baixo conteúdo de água (habilidade da planta submeter-se à baixa hidratação, em baixa precipitação), o pequeno porte de plantas, com baixa área foliar, folhas com características xeromórficas e um sistema radicular profundo e denso, são características morfológicas de adaptação a estas condições (BLUM; SULLIVAN, 1986).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local e características da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no período de outubro de 2009 a abril de 2010, na área experimental do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Campus Botucatu, SP (latitude de 22° 51' S e longitude 48° 26' WGN. e altitude de 786 m). Segundo a metodologia de Köppen, a classificação climática do local é Cfa (clima temperado quente – mesotérmico – úmido, e temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C) (CUNHA; MARTINS, 2009).

5.2. Material vegetal

Foram utilizadas duas cultivares de *Coffea canephora* Pierre var. Conilon: clone 120 e 14, sendo esses materiais considerados tolerantes a seca. As mudas com seis pares de folhas (160 dias) foram obtidas do enraizamento de estacas de ramos

ortotrópicos, no Instituto Capixaba de Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, Estado do Espírito Santo.

5.3. Descrição da estrutura experimental

O experimento foi instalado em ambiente protegido (estufa tipo túnel), com dimensões de 30 m de comprimento, 7,0 de largura e laterais de 2,0 m de altura, com cobertura de filme polietileno aditivado transparente, de 150 µm de espessura e laterais de tela sombrite, posicionada no sentido Norte/Sul perpendicular à trajetória do sol. No interior da mesma, foram construídas quatro bancadas de madeira, com dimensões de 1m de altura em relação ao solo, 4 m de comprimento e largura de 80 cm, para distribuição dos vasos evitando contato dos mesmos com o solo, Figura 1.



Figura 1. Distribuição dos vasos com planta de café Conilon nas bancadas na estufa.

5.4. Características químicas e físico-hídricas do solo

Utilizou-se amostra da camada superficial (0-30 cm) de um solo classificado como Neossolo Flúvico Distrófico, proveniente da Fazenda Experimental Lageado, FCA/UNESP, Botucatu-SP. As características químicas e físico-hídricas do solo encontram-se nas, Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento

pH	M.O.	P _{resina}	H+Al	Al	K	Ca	Mg	Na	SB	CTC	V
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----							%	
4,7	10	7	31	-	1,5	15	3	0,02	20	51	40

Tabela 2. Características físico-hídricas do solo utilizado no experimento

Frações granulométricas				Características hídricas			
Areia/T	Argila	Silte	Textura	CE	ST	CC	PM
-----g kg ⁻¹ -----				-----dS m ⁻¹ -----	-----cm ³ cm ³ -----		
656	272	72	Média	0,068	0,46	0,45	0,06

CE- condutividade elétrica, ST- saturado, CC- capacidade de campo, PM- ponto de murcha

5.5. Calagem e adubação

A aplicação de corretivos e adubos químicos foram realizados com base na análise química do solo, conforme recomendação feita pelo Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, FCA-UNESP-Botucatu-SP.

A calagem foi feita 30 dias antes do plantio das mudas, com calcário dolomítico com PRNT de 100% na quantidade de 7,65 g vaso⁻¹ de 10 litros, para elevar a saturação por bases a 80%. Dez dias antes do transplante foi feita a adubação fosfatada com superfosfato simples utilizando 18,2 g vaso⁻¹.

As adubações nitrogenada e potássica foram aplicadas na quantidade de 2,0 e 0,8 g vasos⁻¹ utilizando como fonte desses nutrientes, sulfato de amônio e cloreto de potássio, respectivamente, em cobertura, após o pegamento das mudas.

5.6. Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento estatístico em blocos casualizados em esquema fatorial de 2x4x2, representando, duas cultivares de conilon (clone 120-C1 e clone 14-C2), quatro níveis de salinidade no solo (0,0-S0; 2,0-S2; 4,0-S4 e 6,0-S6 dS m⁻¹) e dois teores de água no solo (50%-U1 e 70%-U2 da água disponível no solo - AD), com quatro repetições, totalizando 64 parcelas constituídas de um vaso com uma planta.

5.7. Salinização do solo

Para se obter o solo salino nas diferentes condutividades elétricas dos referidos tratamentos, o mesmo foi incubado por um período de dez dias com doses crescentes de NaCl, na faixa de 0 a 5,0 g kg⁻¹ de solo deste sal. Para tanto, foi preparada a pasta saturada com as referidas doses e obtido o extrato saturado do solo de acordo com Richards (1980).

A condutividade elétrica do extrato saturado (CEes) a 25°C foi determinada por condutivímetro de bancada Digimed modelo CD-20. Posteriormente, os dados da CEes foram plotados contra as doses de NaCl utilizadas, obtendo-se a equação de

regressão, Figura 2. Deste modo, foram calculadas pela equação, as quantidades de sal necessárias para atingir os níveis de salinidade desejados no solo.

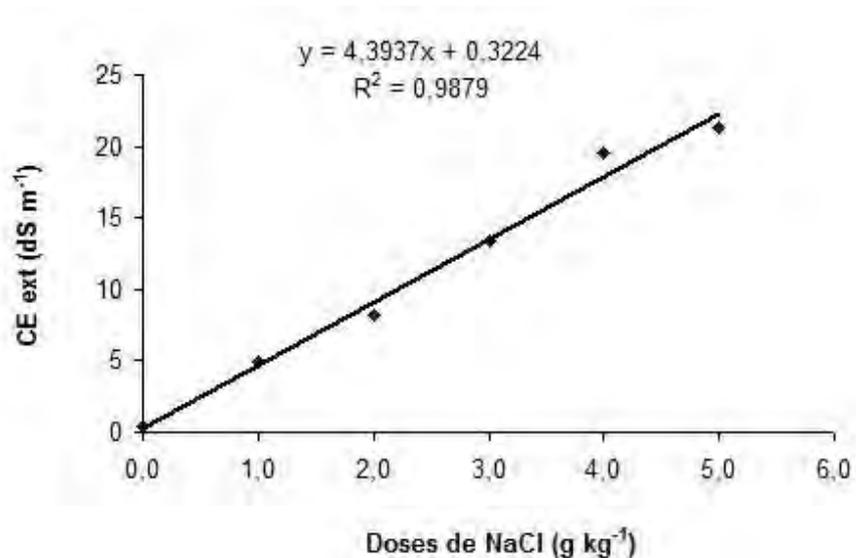


Figura 2. Curva de salinização artificial do solo.

5.8. Teor de água no solo

O teor de água no solo foi definido baseado na água disponível do solo (AD), Equação 1, em função da curva característica de retenção do solo, em que, capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) foram determinadas nas tensões de -0,006 MPa e -1,5 MPa, respectivamente, a partir da qual foram estabelecidos os teores de água no solo de 70% e 50%, o volume a ser aplicado em (mL vaso⁻¹) foi multiplicado pela área do vaso (0,06 m²). As tensões dos teores de água no solo corresponderam a -0,0069 MPa (70%) e -0,0078 MPa (50%), representando teor de umidade no solo de 0,165 cm³ cm⁻³ e 0,135 cm³ cm⁻³, respectivamente.

$$AD = (\Theta_{cc} - \Theta_{pm}) \quad (1)$$

Em que: AD- disponibilidade de água no solo, mm
 Θ_{cc} - umidade na capacidade de campo, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
 Θ_{PM} - ponto de murcha permanente, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$

5.9. Instalação e condução do experimento

Em outubro de 2009, as mudas das cultivares, com seis pares de folhas, Clone 120 e 14, Figura 3, foram transplantadas para vasos com capacidade de 10 litros, representando 10.100 g de solo, baseado no volume do vaso e na umidade atual do solo no momento do preenchimento dos mesmos, previamente salinizados, com 0,0; 33; 72 e 112 mL de solução NaCl a 2M referente a: 0,0 ($0,0 \text{ dS m}^{-1}$); 3,86 ($2,0 \text{ dS m}^{-1}$); 8,45 ($4,0 \text{ dS m}^{-1}$), e 13,05 g vaso^{-1} ($6,0 \text{ dS m}^{-1}$). Após o transplântio, as mudas foram irrigadas por um período de 15 dias, mantendo-se o teor de água no solo próximo a capacidade de campo para favorecer o pegamento das mudas. A partir daí, no dia 19/10/2009, esperou-se que o teor de água no solo atingisse os níveis estudados (50% e 70% da AD), passando a ser monitorados por pesagem diária dos vasos por meio de balança eletrônica digital modelos BP15 de precisão de 5g, realizando-se nesse momento a suplementação da água mantendo os níveis pré-determinados, ou seja, mantendo nível constante. Com a reposição diária de água no solo por pesagens até o final do experimento, e anotações do volume de água consumida pela cultura, foi possível a obtenção da evapotranspiração das plantas estudadas, em L/planta, Figura 10.

No interior da estufa foi instalado a 2,0 m do solo um termômetro de máxima e mínima, e um termohigrômetro para medir a umidade relativa do ar, onde os dados podem ser observados nas, Figuras 4 e 5.



Figura 3. Mudanças dos Clones 120 e 14 com 160 dias.

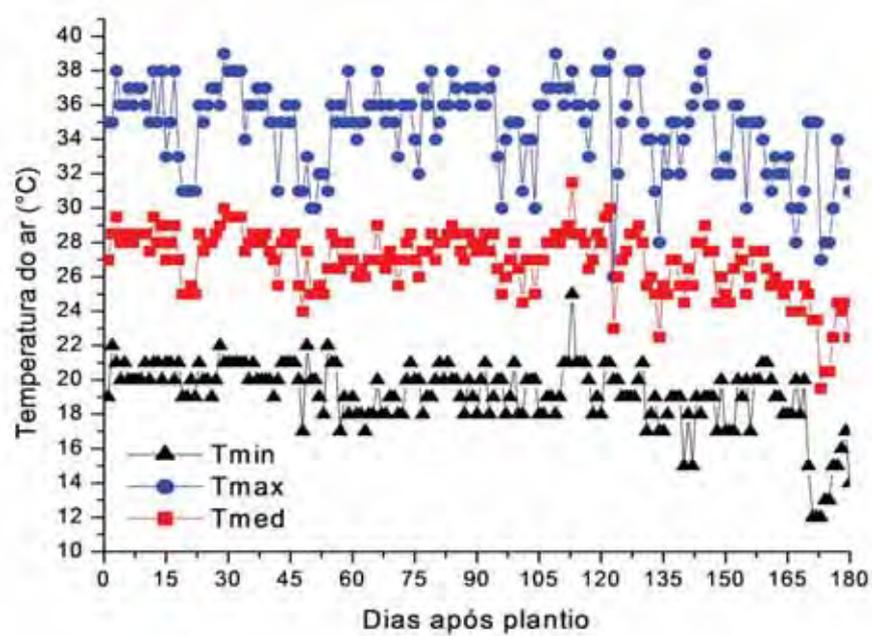


Figura 4. Dados diários de temperatura máxima, média e mínima (°C) durante experimento, que ocorreu no período de 3/10/2009 a 16/04/2010.

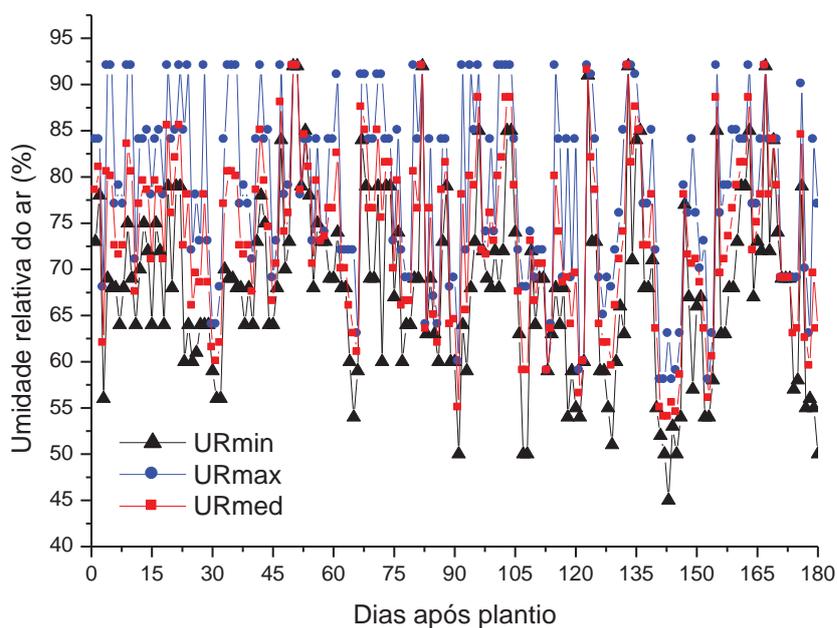


Figura 5. Dados diários de umidade relativa do ar UR (%), durante experimento, que ocorreu no período de 3/10/2009 a 16/04/2010.

5.10. Variáveis avaliadas

As avaliações foram feitas inicialmente, 15 dias após estabelecimento das culturas, chamando de dias após estabelecimento (DAE), e considerando época 0, e a cada 20 dias após diferenciação de tratamentos (DAT) de água disponível no solo, determinando-se as épocas 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 e 180 DAT, ou seja, quando as plantas encontravam-se com 34, 54, 74, 94, 114, 134, 154, 174, 194 DAE. Nessas épocas, foram avaliadas as variáveis: área foliar (AF), diâmetro do caule (DC) e altura do caule (AC). Entretanto, para as variáveis teor relativo de água na folha (TRA) e potencial hídrico foliar (PH), as avaliações foram realizadas aos 30, 60, 90, 120, 150 e 180 DAT. As demais variáveis foram determinadas aos 180 DAT.

5.10.1. Área foliar, altura do caule e diâmetro do caule

A área foliar foi determinada através do método proposto por Barros et al. (1973) que utiliza a equação $y = 0,667x$, em que, (Y) é a área foliar, em cm^2 e (X) a área do retângulo circunscrito a folha, correspondente ao produto do maior comprimento pela maior largura da folha. Para obter o valor do produto, mediu-se em todas as plantas o comprimento e a largura de uma folha em cada par de folhas da planta, com o auxílio de fita métrica, Figura 6, considerando-se a simetria foliar inerente à cultura, o resultado foi multiplicado por dois, obtendo a área foliar total por planta (cm^2).

A altura do caule, em (cm), foi mensurada a partir do colo da planta até o seu meristema apical com uso de fita métrica, o diâmetro do caule em (mm) foi determinado a 2 cm acima do solo na região do colo da planta, através de um paquímetro digital de precisão de 0,02 mm. Essas medições foram realizadas em todas as plantas, Figura 6.



Figura 6. Medidas de crescimento, área foliar (A e B); diâmetro do caule (C).

5.10.2. Número de ramos plagiotrópicos

Em todas as plantas no final do experimento foram contados o número de ramos produtivos (plagiotrópicos).

5.10.3. Potencial hídrico foliar (PH)

As avaliações de potencial hídrico foliar foram realizadas na antemanhã (ψ_{am}) às 04:00 horas, utilizando-se uma bomba de pressão tipo Scholander (SCHOLANDER et al., 1965). Selecionou-se folhas expandidas entre o segundo ou terceiro par de folhas a partir do ápice de ramos ortotrópicos, de cada planta por tratamento. Imediatamente após coleta das folhas nos ramos, fez-se um corte na base do pecíolo da folha com auxílio de estilete para facilitar a saída da seiva xilemática inserindo-se na câmara da bomba deixando-se a base do pecíolo aparente, Figura 7. Foi aplicada uma pressão de forma que não fosse excessivamente lenta evitando-se o aumento de perdas hídricas e nem muito rápida, para não se ter erro no final da leitura. Para observação da saída da seiva xilemática utilizou-se lupa e iluminação artificial, nesse momento, fez-se a leitura no manômetro anotando-se a pressão observada.



Figura 7. Bomba de pressão Scholander (a), corte na base do pecíolo da folha (b), inserção da folha na câmara da bomba com a base do pecíolo aparente (c e d).

5.10.4. Teor relativo de água foliar (TRA)

O TRA foi determinado através da metodologia descrita por Catsky (1960). Foram retirados das mesmas folhas utilizadas para avaliação do potencial hídrico, 10 discos foliares do limbo de cada folha, com 8 mm de diâmetro, Figura 8. Os discos foram pesados em balança analítica de precisão 0,0001g, para obtenção da massa fresca (MF) e em seguida colocados submersos em água deionizada em recipientes fechados e levados para geladeira para reidratação, onde permaneceram por um período de 24 horas. Após esse período, foi retirado o excesso de umidade com papel toalha e pesados, obtendo-se a massa túrgida (MT). Em seguida foram levados para estufa de circulação forçada a 70°C por 48 horas, para obtenção da massa seca (MS). A partir dos dados de MF, MT e MS, foi obtido o TRA através da equação: $TRA = [(MF-MS) / (MT- MS)] \times 100$.



Figura 8. Obtenção de discos foliares para avaliação do TRA.

5.10.5. Pigmentos fotossintéticos

Ao final do experimento foram coletadas folhas para a análise de clorofila (a e b) e carotenóides. Dessas folhas retirou-se discos foliares de 1,04 cm² de diâmetro os quais foram mantidos em 1 mL de dimetil formamida (DMF) por 48 h para extração de clorofilas (a e b). Após a incubação, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro nos comprimentos de onda 480; 646,8 e 663,8 nm, Figura 9. Os teores de

clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) foram determinados a partir de fórmulas específicas, descritas por Lee et al. (1987).



Figura 9. Amostras para leitura de clorofila a e b em espectrofotômetro.

5.10.6. Massa seca e Teor de macro e micronutrientes e Sódio

As plantas foram colhidas ao final do experimento e separadas em parte aérea (folha, caule e ramos) e raiz para obtenção da massa seca. Para determinação da massa seca, os tecidos foram secos em estufa de circulação forçada à 70°C durante 72 horas, atingindo massa constante. Posteriormente, a massa seca da parte aérea e da raiz foram aferidas em balança eletrônica digital com precisão $0,01\text{g}$ marca Gehaka modelo BG1000. Com os dados de massa seca obteve-se a relação massa seca da raiz parte aérea. O material seco foi moído em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm) acondicionados em recipientes fechados e enviados para análise de teor de macro e micronutrientes e sódio conforme Malavolta et al.(1997), no laboratório de análise foliar do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, FCA-UNESP-Botucatu-SP. Por meio dos dados de teores de nutrientes definiram-se as relações iônicas Ca/Na e K/Na .

5.10.7. Análise estatística

Para as variáveis avaliadas apenas no final do ciclo utilizou-se o esquema fatorial $2 \times 4 \times 2$. Porém, as variáveis avaliadas com variação temporal utilizaram-se

esquema de parcelas subdividas. Os dados foram submetidos à análise de variância, ANOVA, e comparação de médias pelo teste F a 5% de probabilidade, por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Para obtenção das equações de ajustes das características fisiológicas de crescimento, usou-se a técnica de superfície de respostas. Os gráficos das interações foram elaborado pelo programa StatSoft (2007).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, com a reposição diária de água no solo obteve-se a evapotranspiração das culturas (ETC) estudadas, em $L \text{ planta}^{-1}$, Figura 10. Entre 100 e 160 dias após diferenciação dos tratamentos de água no solo, houve os maiores picos da ETC, sendo os menores valores encontrados nos tratamentos com maior salinidade nos diferentes teores de água no solo, com tendência a decrescer, Figura 10. Nos tratamentos com menor disponibilidade de água e nas mesmas concentrações de salinidade os valores foram um pouco menores, Figura 10.

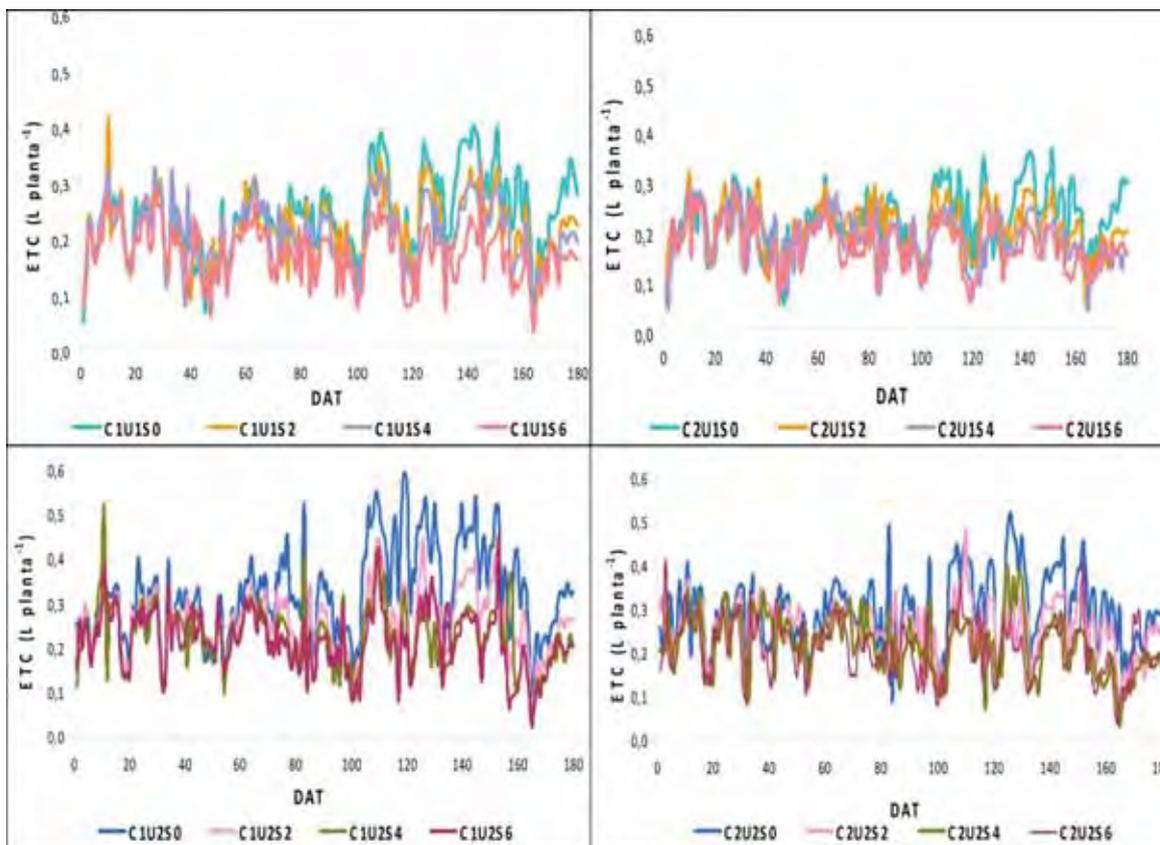


Figura 10. Evapotranspiração diária das cultivares por um período de 180 dias, em função da salinidade e teor de água no Solo. C1, cultivar 120; C2, cultivar 14; U, teor de água no solo e S, salinidade no solo.

6.1. Características fisiológicas

6.1.1. Área foliar, altura e diâmetro do caule

De modo geral, as características fisiológicas de crescimento avaliadas foram influenciadas estatisticamente pelos tratamentos aplicados e suas interações, Tabela 3.

Considerando apenas teor de água no solo, no nível mais alto, a área foliar teve maior incremento. Isoladamente a cultivar 14 apresentou menor área foliar e a cultivar 120 menor diâmetro do caule, Tabela 3.

Tabela 3. Quadrado médio para área foliar, altura do caule e diâmetro do caule em função de cultivar, teor de água no solo, salinidade e época de exposição ao estresse e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%).

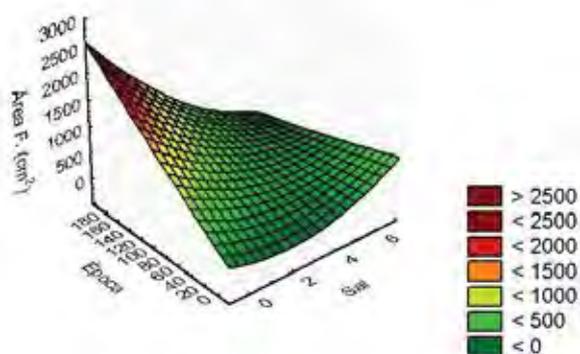
Fator de variação	GL	Área Foliar (cm)	Altura Caule (cm)	Diâmetro caule (mm)
Cultivar (C)	1	165198,00ns	10120,35**	34,72*
Umidade (U)	1	1333850,09**	0,97ns	0,00ns
Salinidade (S)	3	21033807,34**	605,26**	93,57**
Bloco	3	176111,67ns	76,21ns	11,68ns
C*U	1	141308,19ns	72,22ns	1,99ns
C*S	3	43032,97ns	22,46ns	4,05ns
U*S	3	1848838,06**	71,12ns	30,15*
C*U*S	3	185328,37ns	112,14ns	20,22*
Época (E)	5	2337619,66**	227,99**	154,34**
E*C	5	137451,52**	12,93**	0,45ns
E*U	5	180897,37**	2,73ns	0,16ns
E*S	15	1716813,92**	59,43**	6,79**
E*C*U	5	106880,88**	3,68ns	0,52ns
E*C*U*S	15	74111,44**	5,26**	5,11**
Médias				
C 120		561,80 a	34,18 a	6,56 b
C 14		501,63 a	25,91 b	6,81 a
U 50%		472,05 b	29,85 a	6,58 a
U 70%		563,35 a	29,93 a	6,58 a
C.V. 1 (%)		50,25	38,89	40,70
C.V. 2 (%)		31,17	5,71	13,26

*significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

A área foliar em ambas cultivares como também no menor e maior nível de água no solo sofreu efeito negativo da salinidade com o aumento do tempo de exposição ao estresse. Apresentando ajuste quadrático das superfícies de resposta, apesar do efeito negativo, a cultivar 120 apresentou área foliar 25% superior a cultivar 14, e na menor disponibilidade de água no solo essa variável foi 50% inferior quando comparada ao maior teor de água no solo, Figura 11 e 12.

C120

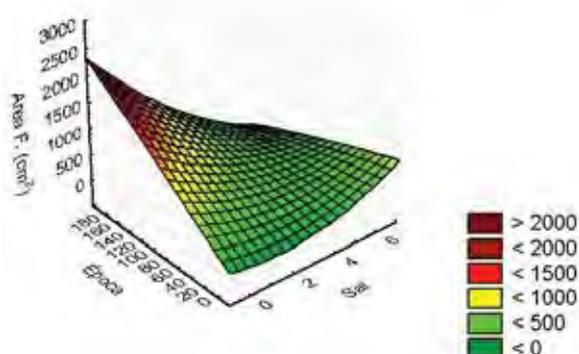
$$\text{Area F (cm}^2\text{)} = 240,8936 - 124,5383 * x + 8,5367 * y + 25,7107 * x * x - 1,8425 * x * y + 0,0031 * y * y$$



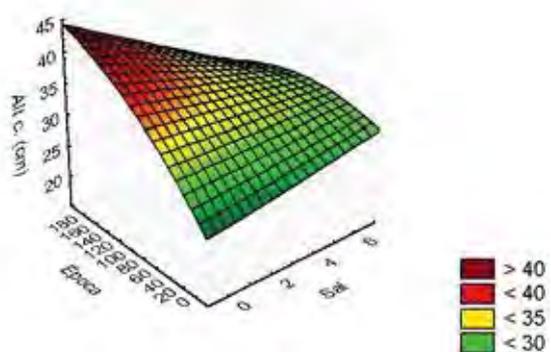
$$\text{Alt. c. (cm)} = 28,7147 + 0,2413 * x + 0,1142 * y + 0,0086 * x * x - 0,0122 * x * y - 0,0002 * y * y$$

C14

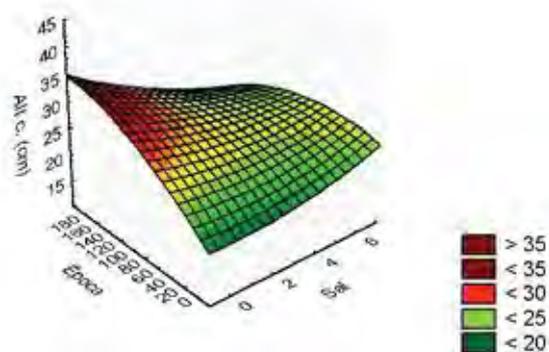
$$\text{Area F (cm}^2\text{)} = 227,8086 - 88,6683 * x + 8,7005 * y + 20,5573 * x * x - 1,8518 * x * y - 0,0027 * y * y$$



$$\text{Alt. c. (cm)} = 22,0736 - 0,2703 * x + 0,1015 * y + 0,1078 * x * x - 0,0116 * x * y - 0,0003 * y * y$$



$$\text{Diâm. C (mm)} = 3,6327 - 0,0291 * x + 0,0421 * y + 0,0272 * x * x - 0,0045 * x * y - 1,4569E-5 * y * y$$



$$\text{Diâm. C (mm)} = 4,1331 + 0,2043 * x + 0,0463 * y - 0,0324 * x * x - 0,0036 * x * y - 5,9132E-5 * y * y$$

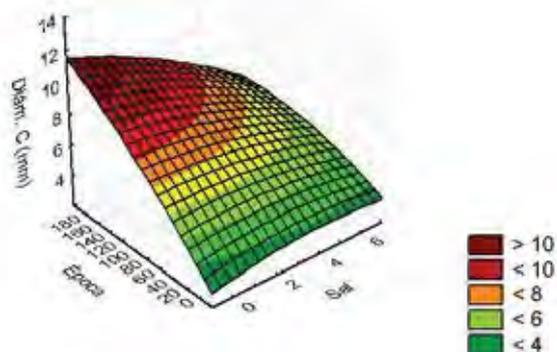
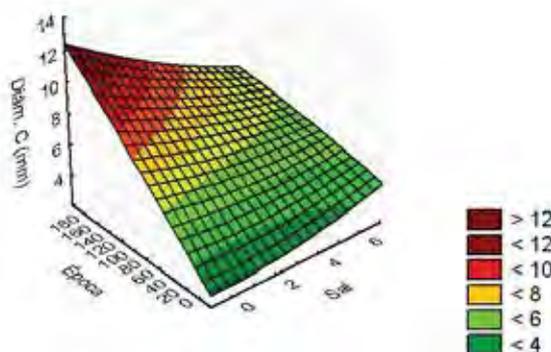
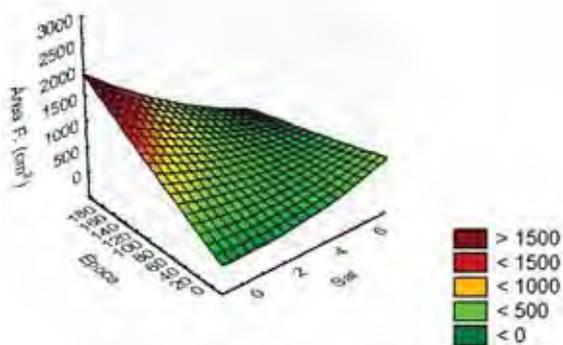


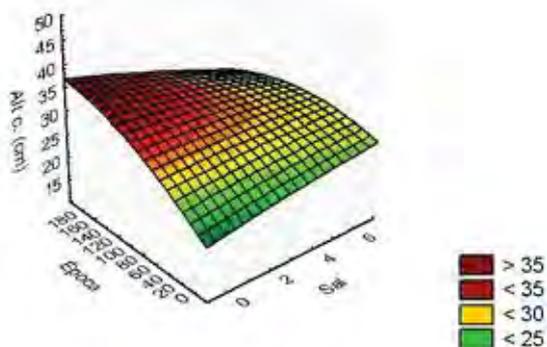
Figura 11. Superfície de resposta para área foliar, altura e diâmetro do caule em função da cultivar, salinidade e do tempo de exposição ao estresse.

U50

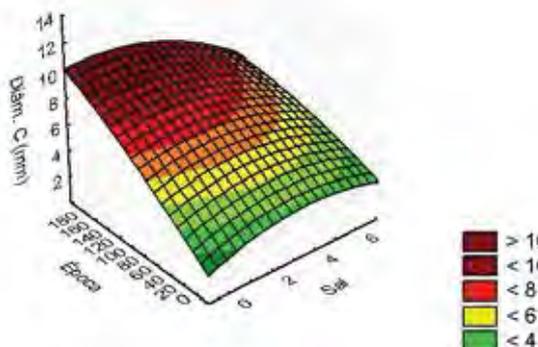
$$\text{Area F (cm}^2\text{)} = 197,4613 - 34,7128 * x + 6,6837 * y + 11,748 * x * x - 1,4877 * x * y + 0,0013 * y * y$$



$$\text{Alt. c. (cm)} = 24,8811 + 0,5802 * x + 0,105 * y - 0,0297 * x * x - 0,0105 * x * y - 0,0003 * y * y$$

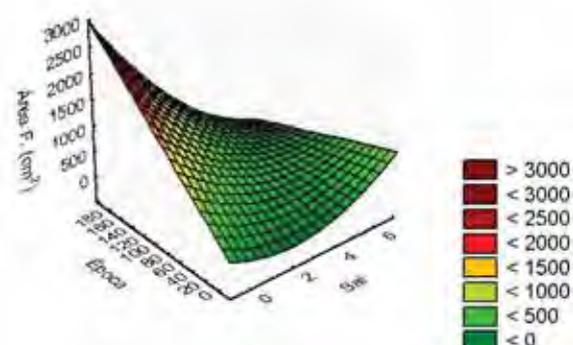


$$\text{Diâm. C (mm)} = 3,588 + 0,5458 * x + 0,0416 * y - 0,0833 * x * x - 0,0028 * x * y - 4,0974E-5 * y * y$$

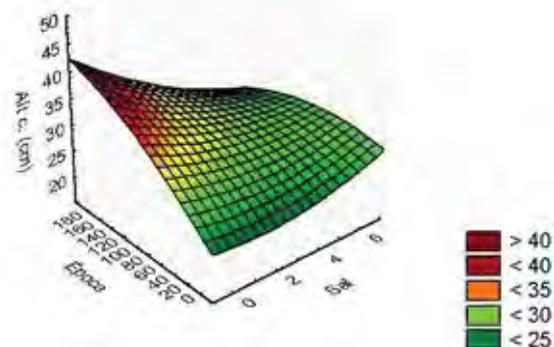


U70

$$\text{Area F (cm}^2\text{)} = 271,2409 - 178,4939 * x + 10,5535 * y + 34,52 * x * x - 2,2067 * x * y - 0,0009 * y * y$$



$$\text{Alt. c. (cm)} = 25,9072 - 0,6092 * x + 0,1107 * y + 0,1461 * x * x - 0,0133 * x * y - 0,0002 * y * y$$



$$\text{Diâm. C (mm)} = 4,1778 - 0,3707 * x + 0,0468 * y + 0,078 * x * x - 0,0053 * x * y - 3,2727E-5 * y * y$$

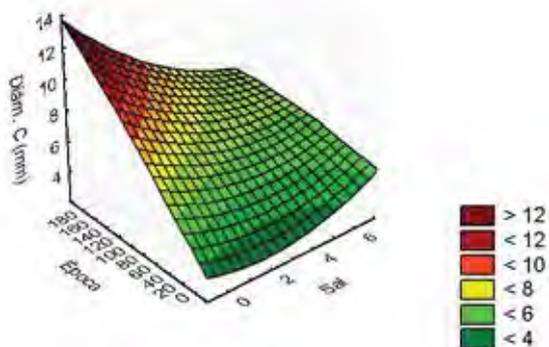


Figura 12. Superfície de resposta para área foliar, altura e diâmetro do caule em função do teor de água no solo, salinidade e do tempo de exposição ao estresse.

Em ambas cultivares, a capacidade de aumento de área foliar com o aumento da salinidade tende a ser igual com o aumento do tempo, Figura 11. Nazário et al (2010) observaram decréscimo da área foliar em café conilon (Robusta Capixaba) quando submetido a água de irrigação com diferentes concentrações salinas a partir dos 180 a 240 dias após o plantio. Dardengo (2006) verificou reduções na área foliar em cafeeiro Conilon sob déficit hídricos em períodos maiores que o imposto neste trabalho. Figueirêdo et al. (2006), em estudo com cafeeiro Arábica, verificaram que a partir de 57 e 78 dias após estabelecimento das mudas, a área foliar foi reduzida linearmente. Para Neumann (1997), redução na área foliar causado por estresse hídrico e salino mostra-se como uma resposta adaptativa das plantas que crescem naturalmente em regiões semi-áridas, visto que nessa parte da planta ocorre o processo transpiratório. Quando a área foliar é limitada, diminui a taxa de influxo desse processo, conseqüentemente ocorrerá um uso mais eficiente da água disponível no solo, reduzindo a absorção de íons tóxicos, prolongando a sobrevivência da planta. A área foliar mostrou ser um bom parâmetro para avaliar a tolerância ao sal, devido constatar-se diferenças entre os clones estudados. DaMatta et al. (2007), comparando clones de conilon sensíveis (46 e 201) e tolerantes a seca (14 e 120) notaram que clones sensíveis após 125 dias de estiagem, apresentaram baixa área foliar e sobrevivência comprometida. Esses efeitos foram negligenciáveis nos clones tolerantes.

A altura do caule nas cultivares e entre os teores de água no solo, sofreram influência negativa da salinidade aos 180 DAT, com ajuste quadrático. Na cultivar 120, bem como no maior teor de água no solo, a altura variou de 30 cm a 40 cm e de 25 cm a 40 cm, respectivamente, sendo os menores valores, obtidos com as maiores salinidades, Figura 11 e 12. Na cultivar 14 e no menor teor de água, a altura foi mais influenciada, com valores variando entre 20 cm a 35 cm, Figura 11 e 12. Dardengo et al. (2009) verificaram decréscimo na altura em conilon quando submetidos a déficits menores que os imposto neste trabalho. Os valores encontrados para altura do caule sob salinidade na cultivar 120 (30 cm a 35 cm), estão próximos e acima aos encontrados por Reis Júnior e Martinez (2002) no café conilon (32 cm a 34 cm) em condições normais de cultivo. Sob irrigação, Silva et al. (2010) verificaram para o clone 120 altura de 32 cm. Araújo et al. (2011) encontraram para Conilon Vitória, clone número 5, valores sob déficit hídrico (27 cm a 29 cm); os apresentado neste trabalho sob

maior disponibilidade de água no solo estão acima desses, e próximos aos encontrados por esses autores quando não submetidos a déficit hídrico.

O diâmetro caulinar, considerando apenas cultivar, foi maior na cultivar 14, Tabela 3. O comportamento do diâmetro foi representado por ajuste quadrático negativo, em função da salinidade com o aumento do tempo, nas diferentes cultivares e teores de água no solo. O aumento do diâmetro na maior época foi impedido com a maior salinidade, não sendo influenciado inicialmente. Na cultivar 14 e na menor disponibilidade de água no solo, o diâmetro variou de 4 a 10 mm; na cultivar 120 e maior disponibilidade de água essa variação foi de 4 a 12 mm, Figura 11 e 12. O diâmetro encontrado para cultivar 14 e 120 são maiores que os encontrados por Araújo et al. (2011). Silva et al (2010) encontraram diâmetro (5,2 mm) para o clone 120 inferiores aos encontrados nesse estudo. Observa-se que a cultivar 120 foi menos influenciada pela salinidade nessa variável que a cultivar 14. Segundo Almeida et al. (2005), um alto valor em diâmetro indica boa taxa de sobrevivência em condições de estresse, por ser esta parte da planta um indicador das taxas de assimilação líquida da fotossíntese.

Apenas na maior salinidade (6 dS m^{-1}) foi verificado um maior efeito sobre a altura e diâmetro em ambas cultivares, indicando uma menor sensibilidade dessas características quando submetidos a tal estresse, o que está de acordo com Maeda et al. (2010). Para Benincasa (2003), a altura é uma das variáveis menos susceptíveis as variações ambientais.

Nota-se, que o limite de tolerância tem relação com a concentração salina imposta, o tempo de exposição e ao estágio de desenvolvimento, além de se perceber que cultivares de uma mesma espécie pode responder de modo diferente aos efeitos salinos nas fases de seu desenvolvimento. Vale salientar, que o tempo necessário para que a insuficiência de suprimento de água, por chuva ou irrigação, provoque essas causas, dependerá do tipo de planta, da capacidade de retenção de água no solo e das condições atmosféricas (PIMENTEL,2004).

6.1.2. Número de ramos plagiotrópicos

Considerando cultivar, o número de ramos plagiotrópicos (ramos produtivos), foi maior na cultivar 120 (14%), Tabela 4.

Tabela 4. Quadrado médio para massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ), relação raiz parte aérea (R/A) e número de ramos plagiotrópicos por planta (Nº Ramos) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%)

Fator de Variação	GL	MSF	MSC	MSR	MSRZ	R/A	Nº Ramos
-----g planta ⁻¹ -----							
Cultivar (C)	1	148,77**	1,13ns	8,43*	8,79ns	0,00ns	13,14**
Umidade (U)	1	240,017**	22,31**	12,86**	63,18**	0,04*	0,39ns
Salinidade (S)	3	1329,49**	268,86**	75,53**	845,02**	0,11**	179,76**
Bloco	3	11,69ns	7,39**	6,78**	21,20**	0,00ns	3,93*
C*U	1	26,18*	8,60*	0,80ns	72,39**	0,00ns	9,76*
C*S	3	18,65*	0,31ns	3,29ns	5,62ns	0,00ns	11,51**
U*S	3	296,52**	43,74**	9,27**	170,36**	0,01ns	18,51**
C*U*S	3	23,96**	43,23**	9,35**	24,46*	0,05**	9,14**
-----g planta ⁻¹ -----							
Médias							
-----g planta ⁻¹ -----							
C. 120		11,98 a	6,03 a	3,10 a	7,26 a	0,318 a	7,41 a
C. 14		8,93 b	5,77 a	2,37 b	6,52 a	0,339 a	6,50 b
U 50%		8,52 b	5,31 b	2,28 b	5,90 b	0,3556 a	7,03 a
U 70%		12,40 a	6,49 a	3,18 a	7,88 a	0,3010 b	6,88 a
C.V. (%)		21,78	21,82	46,08	30,54	29,47	16,74

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O número de ramos foi inibido nas duas cultivares pela salinidade nos diferentes teores de água no solo. Tanto na cultivar 120 quanto na 14, a produção de ramos na menor disponibilidade de água no solo, decresceu nas maiores salinidade. Esse decréscimo na cultivar 120 deu-se a partir do nível 2 dS m⁻¹ que, quando comparado a mesma salinidade no maior teor de água no solo, foi 64% superior. Nos níveis iniciais de salinidade (0 e 2 dS m⁻¹) esse número (11 e 12) foi 37% e 77% superior na cultivar 120, Figura 13. No maior teor de

água no solo, o número de ramos diminuiu com o aumento da salinidade, esse comportamento foi semelhante entre cultivares, apresentando decréscimos em 6 dS m^{-1} de 73% quando comparado ao nível zero de salinidade, Figura 13.

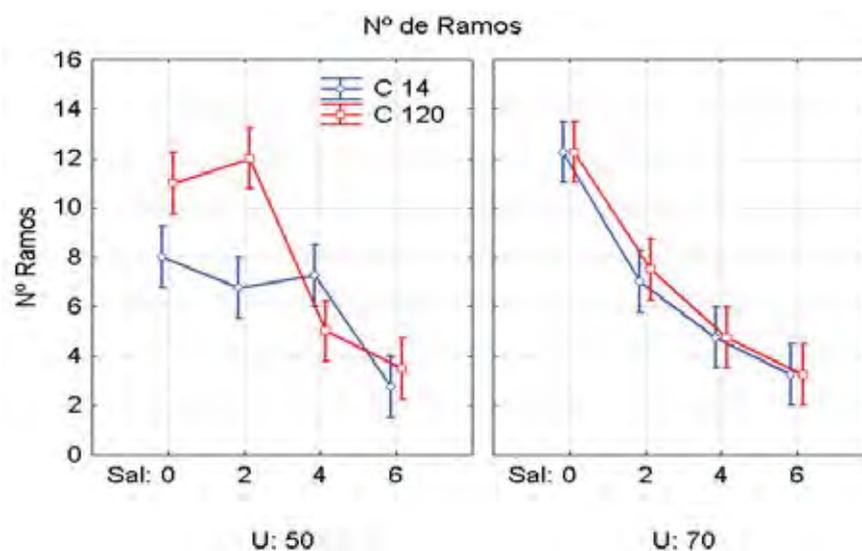


Figura 13. Número de ramos plagiotrópicos em função de cultivar, salinidade e teor de água no solo.

Pouco se sabe sobre o efeito da salinidade na produção de ramos em cafeeiro, entretanto, estudos comparando cultivares sob déficit hídrico nessa cultura não tem apresentado diferenças quanto a esta característica. Cavette (2007) comparando cultivares de conilon (Apotã e clone 120) sob déficit hídrico encontraram número de ramos praticamente iguais 20 e 21, respectivamente, que foi explicado pelo curto período de exposição nessas condições. Neste trabalho, os clones 14 e 120 apresentaram com o aumento da salinidade números praticamente iguais entre, 8 e 3, sendo que na menor disponibilidade de água entre os tratamento (0 e 2 dS m^{-1}) a cultivar 120 mostrou-se superior (10 a 12), indicando uma maior sensibilidade da cultivar 14 à salinidade. Ressaltando, que essa característica só foi avaliada aos 180 dias após diferenciação dos tratamentos hídricos, provavelmente o tempo de exposição ao estresse causou tal diferença.

6.1.3. Produção de massa seca

A massa seca de folha, ramo, caule e raiz avaliada aos 180 DAT, sofreram influencia da disponibilidade de água no solo, com menores reduções no menor nível. Considerando apenas cultivar essa redução foi maior apenas na folha e ramo da cultivar 14, Tabela 4.

A massa seca de folha cresceu em função da maior disponibilidade de água no solo, principalmente nos menores níveis de salinidade (0 e 2 dS m⁻¹), e decresceu com o aumento da salinidade (4 e 6 dS m⁻¹). As cultivares 120 e 14 atingiram médias de 78,56 e 30,56 g planta⁻¹ e 70,45 e 32,45 g planta⁻¹, respectivamente, nos menores níveis de salinidade, tendo, portanto, reduções em 2 dS m⁻¹ de 61% e 54% quando comparado ao tratamento não salino. Com o aumento da salinidade, essa redução foi da ordem de 97% na cultivar 120 e 98% na cultivar 14 em relação ao não salino, Figura 14. No menor teor de água no solo, o decréscimo na produção de massa seca foram maiores na cultivar 14 com o aumento dos níveis de salinidade a massa seca, em média (6,0 g planta⁻¹) entre os níveis (4 e 6 dS m⁻¹) foram 80% inferior ao nível zero de salinidade; já na cultivar 120, esse decréscimo só foi maior (79%) no maior nível de salinidade (6 dS m⁻¹), enquanto em 2 e 4 dS m⁻¹ esse decréscimo foi de 16% e 59%, respectivamente, quando comparado ao tratamento sem salinidade, Figura 14. Nazário et al. (2010) cultivaram em casa de vegetação a variedade Robusta Capixaba submetidos a irrigação com água salina em diferentes níveis de condutividade elétrica na faixa de valores (1,0 a 4 dS m⁻¹), por um período de 240 dias após plantio, e verificaram que a matéria seca da parte aérea e raízes reduziram com o aumento da salinidade da água aplicada, com redução mais evidente a partir dos 180 dias. Figueirêdo et al. (2006), no cafeeiro Arábica verificaram redução na área foliar a partir de 57 e 78 dias após estabelecimento das mudas.

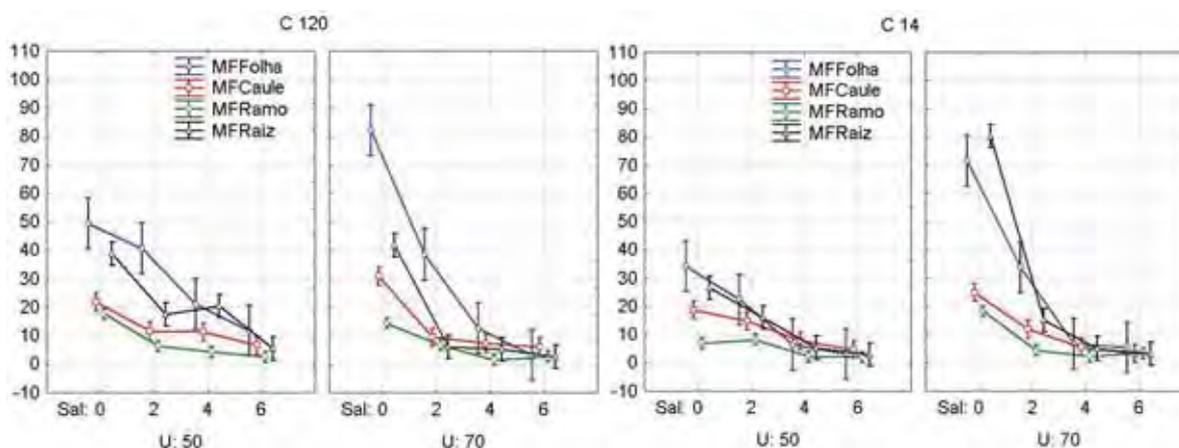


Figura 14. Massa seca de folha, caule, ramo e raiz (g planta^{-1}) em função de cultivar, salinidade e teor de água no solo aos 180 DAT.

As duas cultivares apresentaram aumento da massa seca de caule no nível superior de água no solo no tratamento sem salinidade. O aumento da salinidade diminuiu os valores dessa variável nos dois teores de água no solo. Na cultivar 120, dentro do menor teor de água, o decréscimo foi de 34% e 58% em 4 e 6 dS m^{-1} , respectivamente, em relação ao não salino. Na cultivar 14, esse decréscimo foi de 55% e 73% nessas mesmas salinidades. Dentro do maior teor de água, a cultivar 120 e 14 decresceu 68% e 59%, respectivamente, em 2 dS m^{-1} , quando comparado ao não salino, Figura 14.

No ramo, a massa seca tendeu a decrescer com o aumento dos níveis de salinidade nos dois teores de água no solo. Comparando-se o valor médio obtido em maiores salinidades (4 e 6 dS m^{-1}) com o nível zero de salinidade dentro do maior teor de água no solo, foi verificada redução de aproximadamente 86% na cultivar 120, já na cultivar 14, em 2 dS m^{-1} , ocorreu redução de 65%. Não sendo verificado no menor teor de água reduções relevantes com o aumento da salinidade em ambas cultivares, Figura 14.

Nas cultivares, a massa seca da raiz decresceu com o aumento do nível de salinidade em ambos teores de água no solo. Tanto a cultivar 120 quanto a 14 sofreram alterações consideráveis com o aumento dos níveis de salinidade no maior teor de água no solo com média entre os níveis crescente de salinidade (2, 4 e 6 dS m^{-1}) na cultivar 120 e 14 de 86% e 90% inferior ao nível sem adição de sais, respectivamente. Entre os níveis de salinidade dentro do menor teor de água no solo, essa variável foi maior na cultivar 120, com

variação média dos níveis (2 e 4 dS m⁻¹) e (6 dS m⁻¹) 52% e 82%, respectivamente, inferior ao nível zero de salinidade, Figura 14. De modo geral, a média de massa seca de raiz com o aumento dos níveis de salinidade foram 5,0 g planta⁻¹ no teor de água disponível de 70% e 2,8 g planta⁻¹ para 50%, na cultivar 120, e 2,9 g planta⁻¹ em 70% e 2,6 g planta⁻¹ em U50% na cultivar 14.

6.1.4. Relação massa seca da raiz/parte aérea

Independente da salinidade, a relação raiz parte aérea (R/PA), aos 180 DAT foi significativamente menor no maior teor de água no solo, Tabela 4.

Na cultivar 14 a R/PA tendeu a diminuir com o aumento da salinidade na maior disponibilidade de água. Em 6 dS m⁻¹ essa redução foi de 46% em relação ao tratamento sem salinidade, o que não foi verificado na cultivar 120, que nas maiores salinidades tendeu a aumentar, havendo redução em 2 dS m⁻¹ de 53%, Figura 15.

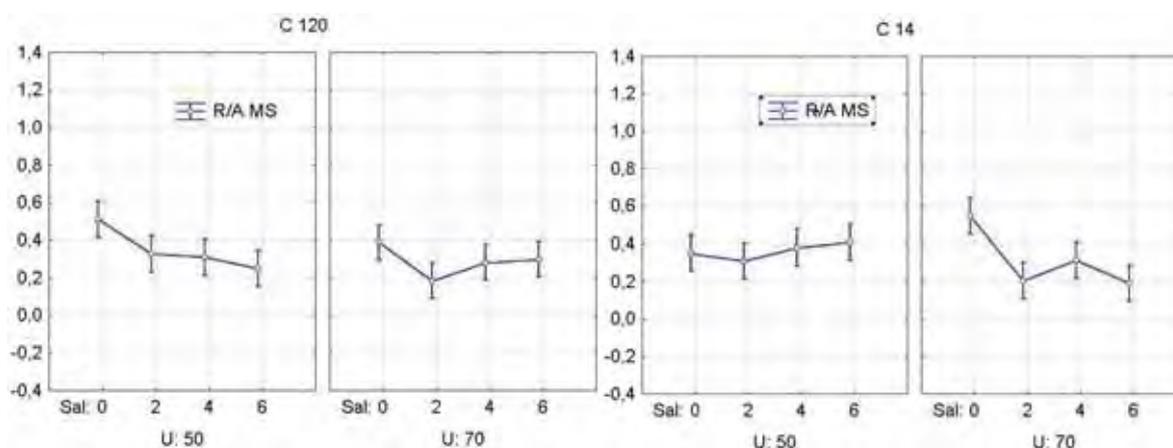


Figura 15. Relação raiz/parte aérea em função de cultivar, salinidade e teor de água no solo aos 180 DAT.

Na menor disponibilidade de água no solo, a R/PA na cultivar 120 diminuiu com o aumento da salinidade. Em 6 dS m⁻¹, essa redução foi de 52% quando

comparado ao tratamento não salino. Na cultivar 14 houve uma tendência de aumentar com aumento da salinidade, porém, em termos médios os valores entre os níveis de salinidades, 0 a 6 dS m^{-1} , não variaram.

Observa-se uma maior relação R/PA na cultivar 120. As menores relações encontradas podem estar relacionada ao menor desenvolvimento do sistema radicular, causado pela concentração salina nas áreas de exploração das raízes, resultando em uma menor produção de massa seca nessa parte da planta como verificado na, Figura 15. Segundo Pinheiro et al. (2005), uma das características da maior tolerância à seca do clone 120 está relacionado a uma maior profundidade do sistema radicular, o que pode explicar a sua maior R/PA. Figueirêdo et al. (2006) também verificaram menor proporção R/PA em Arábica sob salinidade da água de irrigação. Santos (2009) encontrou uma maior R/PA sob déficit hídrico para café Robusta. Silva et al. (2010), em estudos com porta enxertos de cafeeiro conilon sob déficit hídrico não encontraram diferença para R/PA. Pode-se relacionar uma maior R/PA na cultivar 120 ao menor efeito da salinidade nas características de crescimento (diâmetro e altura caulinar), como também as menores reduções na massa seca de folha entre os níveis 2 e 4 dS m^{-1} nessa cultivar. Esses resultados sugerem que nessas cultivares, a parte aérea parece suportar melhor a salinidade, esse comportamento pode ser associado a um ajustamento osmótico mais rápido e uma perda de turgor mais lenta na parte aérea.

6.1.5. Teor relativo de água

As interações entre os fatores influenciaram significativamente o teor relativo de água na folha. Independente da salinidade, a manutenção da maior disponibilidade de água no solo promoveu um maior teor relativo de água nas folhas, Tabela 5.

Tabela 5. Quadrado médio para teor relativo de água foliar (TRA%) e potencial hídrico foliar (PHMPa) em função de cultivar, teor de água no solo, salinidade e época de exposição ao estresse e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U50% e U 70%)

Fator de Variação	GL	TRA%	PHMPa
Cultivar (C)	1	121,84ns	0,42**
Umidade (U)	1	808,25**	0,15**
Salinidade (S)	3	4635,35**	0,10**
Bloco	3	258,44**	0,06*
C*U	1	14,35ns	0,00ns
C*S	3	137,41ns	0,04ns
U*S	3	73,28ns	0,02ns
C*U*S	3	149,81ns	0,01ns
(E)	5	629,41**	5,50**
E*C	5	462,57**	0,26**
E*U	5	36,21ns	0,09*
E*S	15	243,48**	0,06*
E*C*U	5	96,83ns	0,03ns
E*C*U*S	15	117,848**	0,05*
Médias			
C 120		76,79 a	-0,73 a
C 14		75,67 a	-0,80 b
U 50%		74,82 b	-0,79 b
U 70%		77,68 a	-0,75 a
C.V. 1 (%)		9,79	18,30
C.V. 2 (%)		10,52	23,55

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ^{ns} não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

O teor relativo de água (TRA) na folha, tanto da cultivar 120 como na menor disponibilidade de água no solo sofreu redução em função do aumento da salinidade. Na maior salinidade essa variação foi 12,5% inferior em relação à menor concentração salina. Na cultivar 14 e maior disponibilidade de água no solo, o teor relativo sofreu redução em função da interação salinidade e tempo, com ajuste quadrático da superfície de resposta, nas maiores salinidades. Com o aumento do tempo essa redução variou 38% quando comparado aos níveis iniciais de salinidade, Figura 16. Verificou-se que o menor teor relativo encontrado na cultivar 120 d e, 70%, foi próximo ao maior valor encontrado na cultivar 14, 80%.

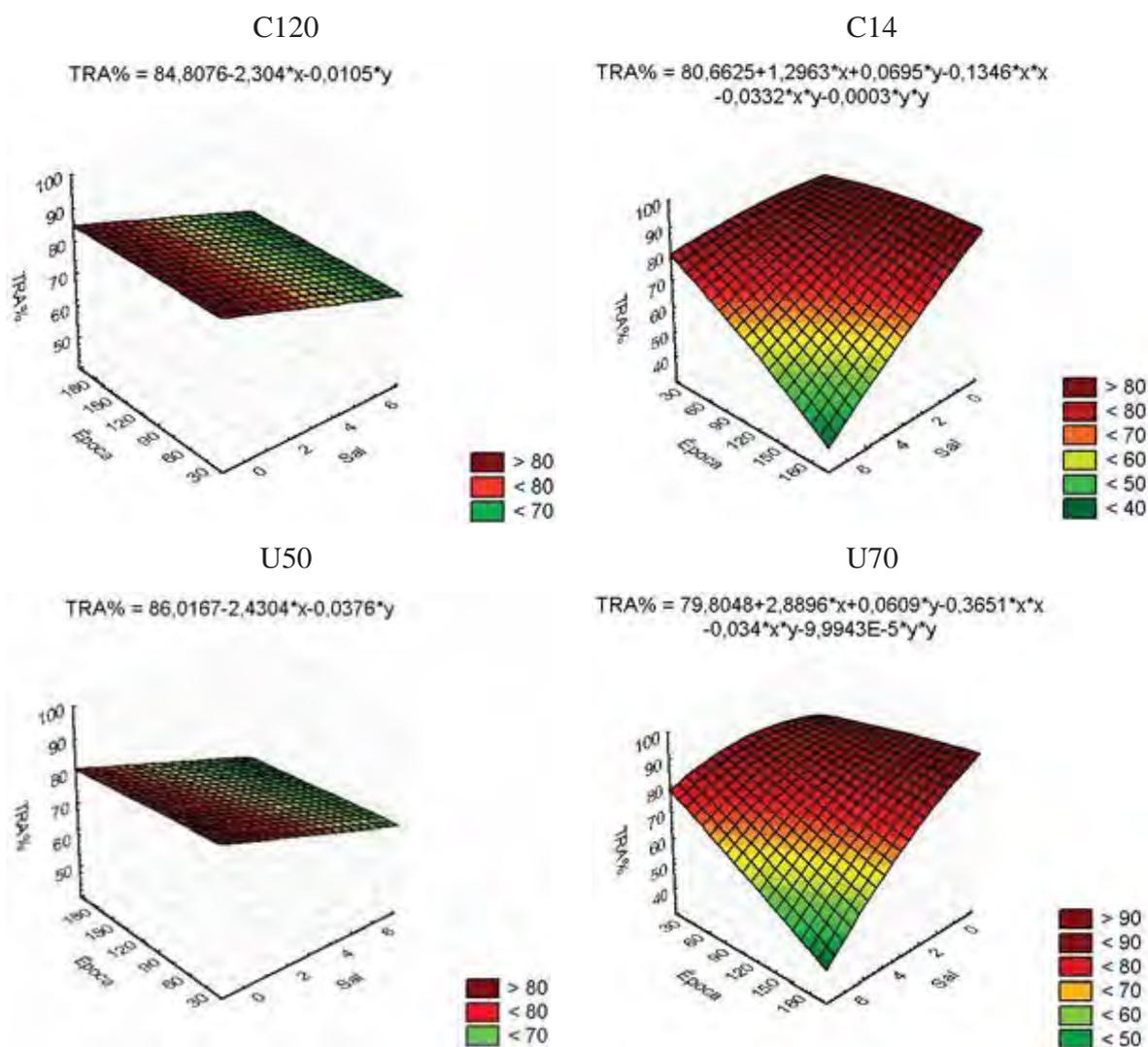


Figura 16. Teor relativo de água na folha em função de salinidade e época para os cultivares (C120 e C14) e água disponível no solo (U50 e U70).

Apesar das reduções causadas em função da salinidade, os TRAs não são considerados baixos. Em cafeeiro submetidos à irrigação com água salina por um período de 163 dias Karasawa et al. (2003) verificaram que as mudas de cafeeiros não apresentaram prejuízos quanto ao teor relativo, mostrando valores entre (71% e 80%). Com o aumento do tempo de exposição das plantas ao estresse, 192 dias, esses valores ficaram em torno de 60%. Os maiores valores encontrados, principalmente, na cultivar 120, pode estar relacionado a habilidade dessas cultivares quanto ao ajustamento osmótico, mantendo turgescência de suas

células próximo aos níveis adequados. Ainda, pode-se dizer que tal fato pode ter ocorrido devido à inabilidade das plantas para discriminar entre estresse hídrico e salino, pois, sob estresse salino, a disponibilidade de água para o crescimento da planta necessariamente não é limitada, à medida que o gradiente de potencial hídrico favorece a absorção, em função da osmorregulação (BINZEL et al., 1980).

Em estudos comparando plantas tanto em condições de vaso como de campo, tem sido observado que clones tolerantes mantêm maior potencial hídrico e/ou teor relativo de água em seus tecidos, quando impostos ao déficit hídrico em comparação a clones sensíveis à seca (PINHEIRO et al., 2004; PRAXEDES et al., 2006).

6.1.6. Potencial hídrico foliar

As interações entre os fatores influenciaram significativamente o Potencial hídrico foliar. Considerando os fatores isolados, o potencial hídrico foliar foi maior na cultivar 120 e na maior disponibilidade de água no solo, Tabela 5.

O potencial hídrico foliar tendeu a diminuir em função do aumento do tempo de exposição das cultivares ao estresse (180 DAT). Inicialmente, tanto dentro de cultivares como nos teores de água no solo, a salinidade inibiu essa diminuição do potencial foliar. Para cultivares essa característica apresentou ajuste quadrático da superfície de resposta. Dentro do maior teor de água no solo esse ajuste foi linear em função do tempo, Figura 17. Os baixos potenciais iniciais podem ser explicados pelo ajustamento do potencial hídrico das cultivares, pois, quando há uma diminuição no potencial hídrico do solo as plantas tendem ajustar seu potencial hídrico foliar, de forma a manter um gradiente no sistema solo-planta-atmosfera. Nesse estudo, as plantas inicialmente sofreram período de desidratação para atingir os referidos teores de água no solo, e com isso, pode ter ocorrido uma diminuição no potencial hídrico do solo. Segundo Prisco (1980), quando tal fato ocorre, a fase inicial do ajustamento osmótico é a desidratação, ou seja, há uma diminuição de água nas células e como resultado tem-se um abaixamento no potencial osmótico celular. Pode-se também aliar tal fato as concentrações salinas do meio.

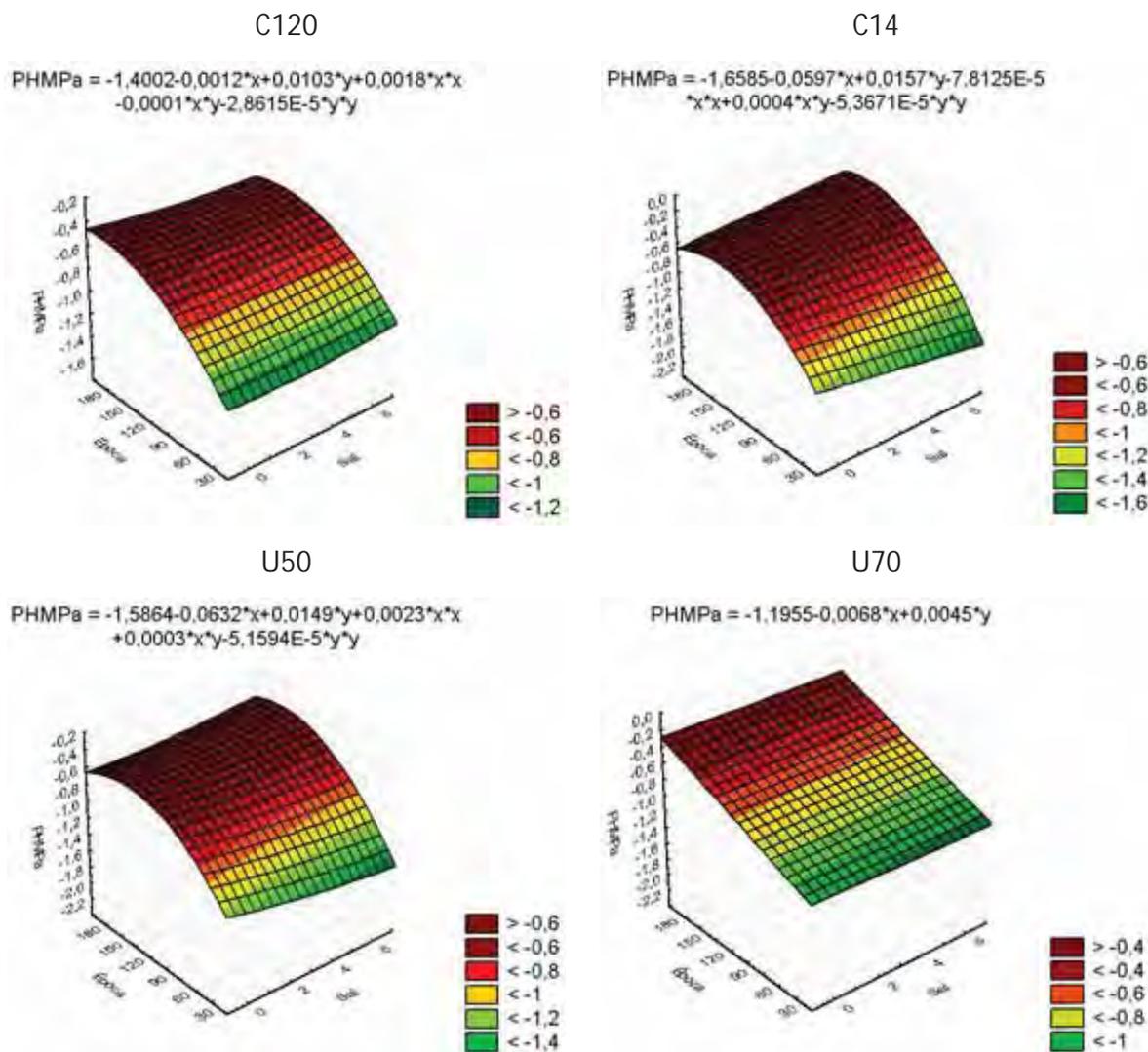


Figura 17. Potencial hídrico foliar em função de salinidade e época para os cultivares (C120 e C14) e água disponível no solo (U50 e U70).

Os valores de potenciais foliar obtidos inicialmente para as cultivares, não são considerados críticos, principalmente para cultivar 120 (-1,0 e -1,2 MPa), visto que na literatura, tem se verificado que potenciais hídricos de até -1,0 MPa não afetam a fotossíntese das folhas do cafeeiro, no entanto é reduzida em 25% quando o potencial diminui para -2,0 MPa. Por outro lado, mesmo com o solo estando na capacidade de campo, nas horas mais quentes do dia o potencial hídrico foliar pode alcançar valores próximos de -1,5 MPa, não diferenciando muito de solos com 50% de água disponível. Dessa forma, não há necessidade

de irrigar o cafeeiro enquanto o teor de água no solo não alcançar a metade da água disponível, sugerindo serem as plantas tolerantes a seca (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987).

Segundo PINHEIRO et al. (2004) e PRAXEDES et al. (2006), tem-se verificado em estudos comparando plantas de clones tolerantes e sensíveis, que os tolerantes mantêm maior potencial hídrico e/ou teor relativos de água em seus tecidos, quando impostos ao déficit hídrico em comparação a clones sensíveis. DaMatta et al. (2007), comparando clones de conilon sensíveis (46 e 201) e tolerantes a seca (14 e 120) notaram após 105 dias de estiagem, que o potencial hídrico na antemã foi menor nos clones sensíveis.

6.1.7. Pigmentos fotossintéticos

Os fatores isolados salinidade e cultivar apresentaram efeito significativo apenas para clorofila “a” e carotenóides, respectivamente. A cultivar 120 apresentou maior teor de carotenóides quando comparada a cultivar 14, Tabela 6.

Tabela 6. Quadrado médio para clorofila *a*, *b* e carotenóides (CAR) na folha em função de cultivares (C), teor de água no solo (U) e salinidade (S) do solo e médias em função de cultivar (C 120 e C 14) e teor de água no solo (U 50% e U 70%)

Fator variação	GL	CLOR _a	CLOR _b	CAR
$\mu\text{g cm}^{-2}$				
C	1	3,26ns	2,09ns	2,21**
U	1	1,35ns	2,29ns	0,10ns
S	3	37,859**	2,83ns	0,31ns
Bloco	3	3,76ns	2,17ns	0,46ns
C*U	1	1,26ns	1,48ns	0,02ns
C*S	3	3,16ns	0,38ns	0,71ns
U*S	3	1,68ns	2,18ns	0,51ns
C*U*S	3	3,55ns	0,46ns	0,10ns
Médias				
C. 120		8,57 a	3,73 a	3,02 a
C. 14		8,12 a	3,37 a	2,65 b
U 50%		8,49 a	3,74 a	2,88 a
U 70%		8,20 a	3,36 a	2,80 a
C.V. (%)		14,53	22,77	17,95

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ^{ns} não significativo, Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade

Observa-se que o teor de clorofila *a* decresceu com o aumento da salinidade, Figura 18. As clorofilas são pigmentos naturais presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas verdes e outros tecidos vegetais, sendo esta organela o continente da fotossíntese, ou seja, onde ocorrem as duas reações importantes: a fotoquímica, nas membranas dos tilacóides e a bioquímica, no estroma do cloroplasto. A clorofila *a* e *b* são abundantes nas plantas verdes, no entanto, a clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar a fase fotoquímica (estágio primário do processo fotossintético), enquanto os demais pigmentos como a clorofila *b*, chamados de pigmentos acessórios, auxiliam na absorção de luz e transferência da energia radiante para os centros de reação. Quando as plantas estão sob estresse, ocorrem modificações na emissão da fluorescência da clorofila *a*, causando alterações fisiológicas na atividade fotossintética das folhas (BAKER; ROSENQVIST, 2003). Em plantas submetidas à salinidade, decréscimos na concentração de clorofila podem ser atribuídos ao aumento da atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (SHARMA; HALL, 1991). Em contrapartida, sob salinidade pode ocorrer incremento na síntese de carotenóides totais, indicando que sob estresse, as plantas buscam rotas alternativas de dissipação de energia a fim de evitar problemas de fotoinibição e fotoxidação (PINHEIRO et al. 2006). Provavelmente, o aumento da concentração desse pigmento acessório na cultivar 120 pode estar relacionado a essa afirmação.

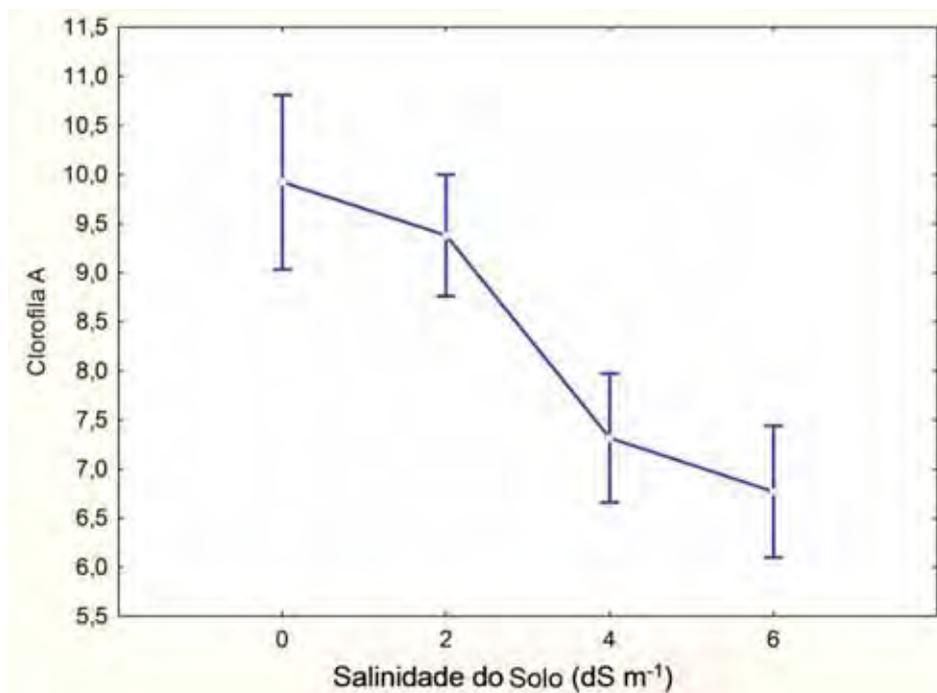


Figura 18. Teor de clorofila *a* em função de salinidade do solo.

6.2. Teores de macro e micronutrientes e sódio

6.2.1. Macronutrientes

6.2.1.1. Nitrogênio

O teor de nitrogênio nas diferentes partes da planta (caule, ramo e raiz), foi significativamente influenciado pelos fatores cultivar, teor de água no solo, salinidade e interação dos mesmos, Tabela 7.

Considerando cultivar e teor de água no solo, a concentração de nitrogênio no caule foi em média superior 17,81% na cultivar 14 e 18,17% no maior teor de água, Tabela 7.

Tabela 7. Quadrado médio para teor de nitrogênio (N) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	NMSF	NMSC	NMSR	NMSRZ
mg kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	2,93ns	38,70**	2,03ns	10,04ns
Umidade (U)	1	3,49ns	40,43**	0,14ns	9,89ns
Salinidade (S)	3	9,24ns	7,79ns	14,25ns	15,87ns
Bloco	3	20,50**	3,88ns	1,37ns	10,01*
C*U	1	9,12ns	11,48ns	28,09*	13,87ns
C*S	3	5,28ns	66,49**	28,38**	4,95ns
U*S	3	2,31ns	23,72**	31,14**	9,61ns
C*U*S	3	3,57ns	57,11**	28,97**	7,54ns
Médias					
C. 120		22,66 a	8,76 b	12,42 a	11,64 a
C. 14		22,23 a	10,32 a	12,06 a	12,43 a
U 50 %		22,21 a	8,75 b	12,19 a	12,43 a
U 70 %		22,68 a	10,34 a	12,28 a	11,64 a
C.V. (%)		8,13	18,86	19,48	15,24

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade entre níveis de cada fator.

As interações não exerceram influencia sobre as concentrações de nitrogênio na folha, os valores médios entre os diferentes fatores ficaram em torno de 22,54 g kg⁻¹ Figura 19, que estão entre os valores encontrados por Serrano et al (2011) em plantas jovens e próximos ao recomendados por Bragança et al (2007) em conilon.

No caule, as concentrações de N nas cultivares, sob o menor nível de água no solo, mantiveram-se similares entre os níveis de salinidade, entretanto, no maior nível de água no solo, essa concentração no caule tendeu a aumentar e decrescer na cultivar 120 e 14, respectivamente, com o aumento dos níveis de salinidade, permanecendo estáveis entre os mesmos. Os valores em média variaram de 11,62 g kg⁻¹ a 9,05 nas respectivas situações, Figura 19.

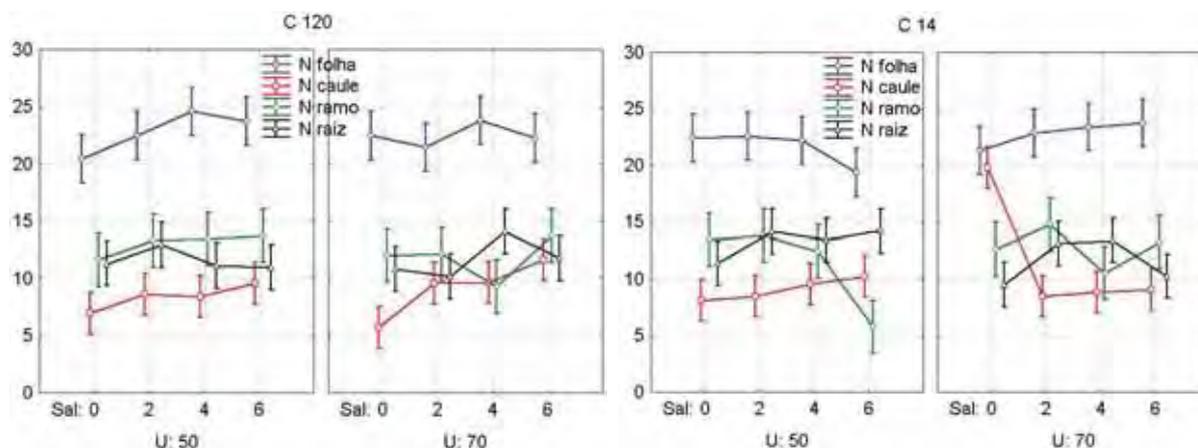


Figura 19. Teor médio de nitrogênio (g kg^{-1}) na massa seca de folha, caule, ramo e raiz em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade.

A concentração de nitrogênio no ramo da cultivar 14, foi afetado apenas no menor teor de água, no maior nível de salinidade (6 dS m^{-1}), com média de 5 g kg^{-1} . Entre os níveis ($0, 2 \text{ e } 4 \text{ dS m}^{-1}$) a concentração média foi de $15,13 \text{ g kg}^{-1}$, ocorrendo uma redução de aproximadamente 67 % com o aumento da salinidade, Figura 19. Como há escassez de dados referente aos teores desse nutriente em conilon nessa parte da planta, a média entre os três níveis iniciais de salinidade estão próximos ao citado por Malavolta et al. (2002) em cafeeiro arábica, sob condições normais de cultivo.

Na raiz não foi observada alterações relevantes quanto ao teor de nitrogênio, os valores foram estáveis entre os níveis de salinidade. O teor de nitrogênio nas plantas é afetado pela salinidade do solo, e a absorção e o transporte do nitrato são limitados em condições de salinidade, em função do efeito antagônico entre nitrato e cloreto ou a redução evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 2011).

6.2.1.2. Fósforo

A concentração de fósforo diferenciou significativamente em função dos fatores isolados, na folha, caule e raiz, Tabela 8. Em média, as menores concentrações do nutriente se referiram a cultivar 14 e ao menor teor de água no solo, na folha e no caule, respectivamente, Tabela 8. Os maiores valores médios apresentados estão dentro dos teores encontrados por Reis Júnior et al. (2002) em folhas de plantas jovens de conilon. A deficiência

hídrica pode inibir ou diminuir a absorção de nutrientes, por ser a água o veículo que os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicular. No caso do fósforo, o baixo teor de água no solo pode limitar sua absorção, uma vez que sua translocação para raízes é feita por difusão; provavelmente, a baixa disponibilidade de água no solo, levou a um baixo teor desse nutriente.

Tabela 8. Quadrado médio para teor de fósforo (P) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	PMSF	PMSC	PMSR	PMSRZ
Cultivar (C)	1	0,10*	0,06*	0,09ns	0,05ns
Umidade (U)	1	0,10*	0,08*	0,01ns	0,04ns
Salinidade (S)	3	0,10**	0,03ns	0,12ns	0,26**
Bloco	3	0,12**	0,01ns	0,09ns	0,16**
C*U	1	0,07ns	0,04ns	0,00ns	0,08ns
C*S	3	0,04ns	0,00ns	0,03ns	0,00ns
U*S	3	0,03ns	0,01ns	0,07ns	0,02ns
C*U*S	3	0,04ns	0,00ns	0,02ns	0,00ns
Médias					
C. 120		1,06 a	0,54 a	0,88 a	0,69 a
C. 14		0,98 b	0,47 b	0,95 a	0,63 a
U 50 %		0,98 b	0,47 b	0,93 a	0,63 a
U 70 %		1,06 a	0,54 a	0,90 a	0,68 a
C.V. (%)		15,69	24,23	23,83	22,29

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade entre níveis de cada fator.

Considerando apenas salinidade, o teor de fósforo na folha variou entre os níveis de salinidade, com amplitude na concentração desse nutriente entre 0,97 a 1,07 g kg⁻¹ com média entre os maiores níveis de 1,1 g kg⁻¹, Figura 20. Na raíz, a salinidade induziu reduções no teor desse nutriente, entre os maiores níveis (4 e 6 dS m⁻¹) o valor médio (0,56 g kg⁻¹) foi aproximadamente 32% inferior ao obtido no nível zero, Figura 21. Fageria (1991) encontrou reduções na concentração e absorção no teor de fósforo em plantas de arroz em salinidade de 5 dS m⁻¹. Em mangueira, Lucena (2009) encontrou reduções no teor de fósforo com o aumento na concentração de NaCl.

De modo geral, a salinidade não apresentou estado de desequilíbrio ou toxicidade de fósforo nos tecidos das plantas, visto que o teor médio apresentado na folha sob salinidade não está abaixo dos encontrados por (REIS JÚNIOR et al., 2002). Vale ressaltar que os contrastes em relação à concentração desse nutriente sob salinidade podem estar relacionado, ao estágio fenológico, cultivar, nível de salinidade e tipos de sais. Em ambientes salinos pode haver reduções na concentração desse nutriente de 20 a 50%, sem, portanto, ocorrer evidências de deficiência nas plantas (SHARPLEY et al., 1992; GRATTANS; GRIEVE, 1999).

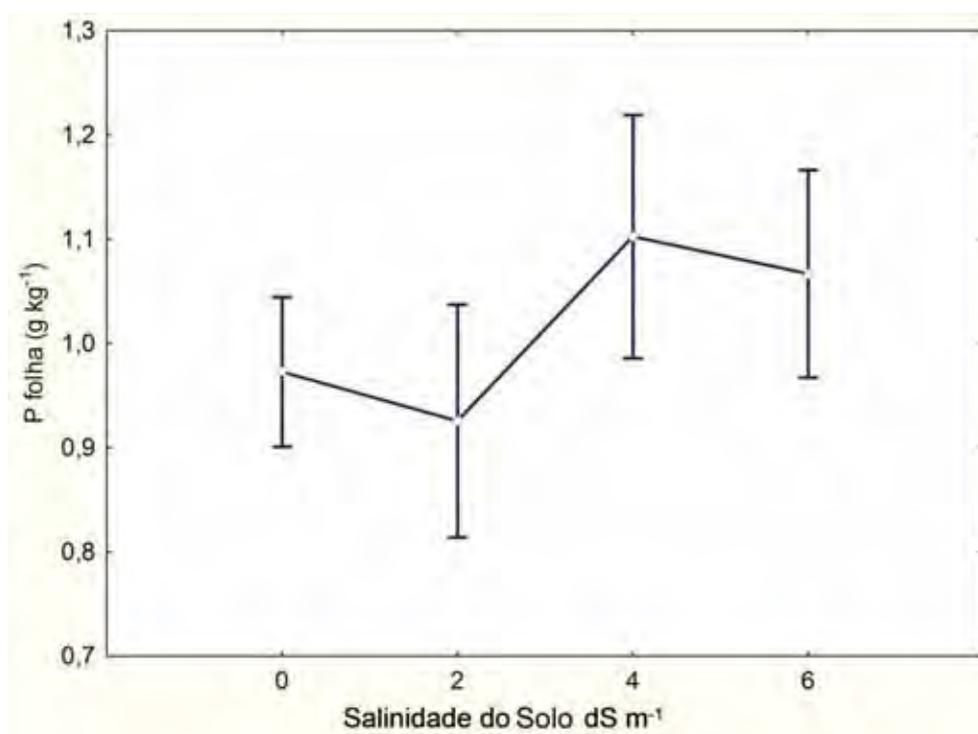


Figura 20. Teor médio de fósforo na massa seca de folha em função da salinidade do solo.

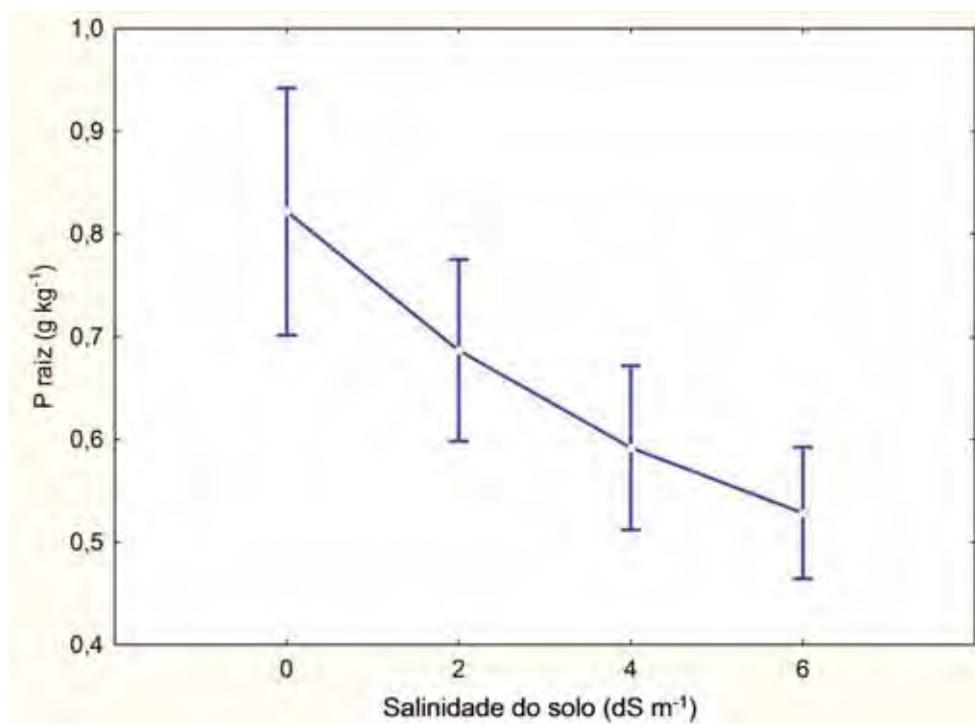


Figura 21. Teor médio de fósforo na massa seca de raiz em função da salinidade do solo.

6.2.1.3. Potássio

A concentração de potássio no caule e raiz sofreram influência significativa em função de cultivar e teor de água no solo. Essa concentração no caule foi em média inferior para cultivar 14. No caule e raiz esse decréscimo foi verificado no menor nível de água. A interação entre os fatores cultivar, salinidade e teor de água no solo influenciou significativamente o teor de potássio na folha, caule e raiz, Tabela 9.

Tabela 9. Quadrado médio para teor de potássio (K) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	KMSF	KMSC	KMSR	KMSRZ
mg kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	0,25ns	17,32**	8,66ns	0,70ns
Umidade (U)	1	0,46ns	10,32*	6,53ns	22,44*
Salinidade (S)	3	27,19**	17,88**	4,14ns	72,80**
Bloco	3	0,85ns	1,79ns	11,68*	14,45*
C*U	1	2,05ns	1,41ns	0,57ns	0,13ns
C*S	3	16,23*	7,19*	2,83ns	13,66*
U*S	3	7,35ns	7,62*	5,98ns	27,25**
C*U*S	3	22,33**	12,37**	3,96ns	10,28**
Médias					
C. 120		15,54 a	7,18 a	9,46 a	10,33 a
C. 14		15,66 a	6,13 b	10,20 a	10,12 a
U 50%		15,69 a	6,25 b	10,15 a	9,63 b
U 70%		15,52 a	7,06 a	9,51 a	10,82 a
C.V. (%)		13,49	20,52	20,10	20,48

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ^{ns} não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade

Na folha o teor de potássio das cultivares sofreu influência da salinidade nos diferentes níveis de água no solo. O aumento da salinidade inibiu o teor desse nutriente na cultivar 14 tanto no menor como no maior nível de água. Nos maiores níveis de salinidade (4 e 6 dS m⁻¹) esse teor (15,05 g kg⁻¹ e 14,21 g kg⁻¹) foi consideravelmente inferior ao nível zero de salinidade, com a menor disponibilidade de água no solo. Com a maior disponibilidade de água não ocorreu grandes variações. Na cultivar 120 houve uma tendência de decréscimo, porém, não se verificou variações quando relacionados ao tratamento não salino, Figura 22. Esse decréscimo nas folhas concorda com o encontrado por Ferreira et al. (2001) em goiabeira e discorda dos obtidos por (SILVA JUNIOR, 2007) em bananeira, que não encontrou diferença entre as plantas submetidas ou não ao estresse salino nessa parte da planta. O decréscimo de potássio na folha com o aumento da salinidade, principalmente na cultivar 14, pode estar relacionado ao aumento da concentração de sódio nessa parte da planta (Figura 37), o que confirma as observações de que o aumento da concentração desse íon em

espécies glicófitas geralmente esta associado à diminuição na concentração de K (MUNNS et al.,2002), por outro lado, foi verificado um aumento de sódio na folha da cultivar 120, entretanto, não foi verificado decréscimo acentuados em potássio nas folhas desta cultivar. Provavelmente o efeito deletério de Na não impediu a absorção de K, permitindo o transporte para parte aérea nessa cultivar. Vale ressaltar, que os valores médios encontrados nas folhas estão abaixo dos sugeridos por Bragança et al. (2007) e Serrano et al. (2011) para conilon.

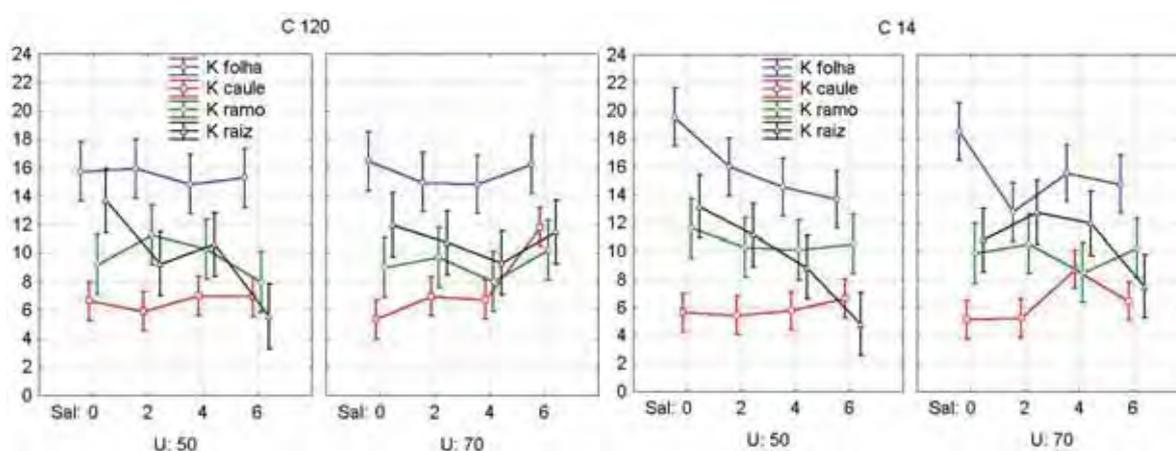


Figura 22. Teor médio de potássio (g kg^{-1}) na massa seca de folha, caule, ramo e raiz em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade.

O teor de potássio no caule da cultivar 120 cresceu no maior nível de salinidade 6 dS m^{-1} ($11,83 \text{ g kg}^{-1}$) com o aumento da disponibilidade de água; na cultivar 14 isso foi verificado no nível 4 dS m^{-1} ($8,73 \text{ g kg}^{-1}$) tendendo a decrescer no maior nível de salinidade, Figura 22. Esse decréscimo foi de 45% quando comparado ao mesmo nível de salinidade (6 dS m^{-1}) na cultivar 120. O aumento do teor de potássio nos níveis (6 e 4 dS m^{-1}) nas cultivares 120 e 14 foram de 120% e 70% superior quando comparados ao nível zero de salinidade, Figura 22. Não se verificou variações entre os níveis de salinidade quanto ao teor de potássio no caule dentro do menor nível de água nas cultivares, como também nos ramos nos diferentes teores de água (70% e 50%), Figura 22. Estudos relatando que a salinidade tanto induz a redução como aumento nessa parte da planta foi encontrado para: mangueira (LUCENA, 2009; ZUAZO et al., 2004) e goiabeira (FERREIRA et al., 2001).

Na raiz, no menor nível de água a concentração de potássio decresceu como resultado da influência da salinidade nas cultivares. Na cultivar 120 o valor médio ($5,55$

g kg⁻¹) na salinidade de 6 dS m⁻¹, foi aproximadamente 59% inferior ao nível zero. Com o aumento do nível de água essa concentração nessa mesma cultivar tendeu a aumentar na maior salinidade, alcançando em média valor de 11,50 g kg⁻¹, 107% superior quando comparado a esse mesmo nível de salinidade em menor disponibilidade de água no solo, Figura 22. Na cultivar 14 dentro da menor disponibilidade de água, a concentração de potássio decresceu consideravelmente no nível 6 dS m⁻¹ (4,80 g kg⁻¹) quando comparado aos níveis iniciais (0 e 2 dS m⁻¹) que apresentaram valor médio de (12, 15 g kg⁻¹). O mesmo foi observado dentro do maior nível de água no solo, porém, o valor na maior salinidade (7,50 g kg⁻¹) foi inferior ao nível 2 dS m⁻¹, Figura 22.

O decréscimo do teor de potássio na raiz está relacionado à exposição direta das raízes ao sal, o que provavelmente provoca alterações na integridade e permeabilidade seletiva da membrana plasmática ao potássio (GRATTAN; GRIEVE, 1999). O íon K⁺ tanto em condições de deficiência hídrica ou salina participa como um dos solutos mais importantes para o ajustamento osmótico celular.

No cafeeiro conilon, o potássio é considerado o terceiro nutriente mais acumulado, e sua exigência pela cultura aumenta com a idade, com percentual de 20% do total de nutrientes distribuídos nos diferentes órgãos da planta (BRAGANÇA et al., 2007). Os resultados mostram um decréscimo na absorção de K com o aumento na concentração salina, o que pode ter causado um desequilíbrio nutricional.

Os decréscimos em potássio tanto está relacionado ao aumento da concentração de sódio como de cálcio, pois, mesmos com decréscimos em relação a sódio, o cálcio não apresentou deficiência.

6.2.1.4. Cálcio

Considerando cultivar, o teor de cálcio na folha foi significativamente maior na cultivar 120. No tocante ao teor de cálcio no caule, ramo e raiz, não foi verificado diferenças entre as cultivares. O teor desse nutriente, quando verificado apenas o efeito da disponibilidade de água no solo, foi significativamente maior no caule no nível (70%), Tabela 10. Na folha, não foi verificado efeito significativo em função do fator água no solo e salinidade, como também das interações dos fatores, entretanto, os valores médios que foram

apresentados ($11,9 \text{ g kg}^{-1}$) estão entre os recomendados por Bragança et al. (2007) para café conilon.

Tabela 10. Quadrado médio para teor de cálcio (Ca) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação.	GL	CaMSF	CaMSC	CaMSR	CaMSRZ
		g kg^{-1}			
Cultivar (C)	1	8,46*	0,65ns	1,96ns	0,32ns
Umidade (U)	1	0,00ns	26,32**	0,81ns	0,84ns
Salinidade(S)	3	3,47ns	59,53**	4,30ns	5,76*
Bloco	3	0,95ns	6,99ns	4,63ns	0,29ns
C*U	1	0,46ns	0,61ns	1,58ns	5,61*
C*S	3	0,41ns	2,67ns	15,62*	3,00ns
U*S	3	0,52ns	12,34**	3,70ns	3,31ns
C*U*S	3	1,45ns	1,27ns	8,17ns	2,38ns
Médias					
C. 120		10,26 a	7,19 a	8,48 a	5,74 a
C. 14		9,53 b	6,99 a	8,83 a	5,88 a
U 50%		9,90 a	6,45 b	8,77 a	5,93 a
U 70%		9,88 a	7,73 a	8,55 a	5,70 a
C.V. (%)		14,13	23,71	22,25	20,10

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Houve aumento do teor de cálcio caulinar dentro dos níveis de água no solo com o aumento dos níveis de salinidade. O aumento desse nutriente foi proporcional a salinidade do solo no maior teor de água (70%), alcançando valor médio na maior salinidade (6 dS m^{-1}) de $11,93 \text{ g kg}^{-1}$ sendo, 182 %, 62% e 46% superior aos níveis ($0, 2 \text{ e } 4 \text{ dS m}^{-1}$). Na menor disponibilidade de água, essa concentração tendeu a aumentar entre os níveis de salinidade 4 e 6 dS m^{-1} , porém, em termos médios os valores não variaram entre si, Figura 23. Resposta semelhante foi observado para o teor de Ca no caule de mangueira (LUCENA, 2009).

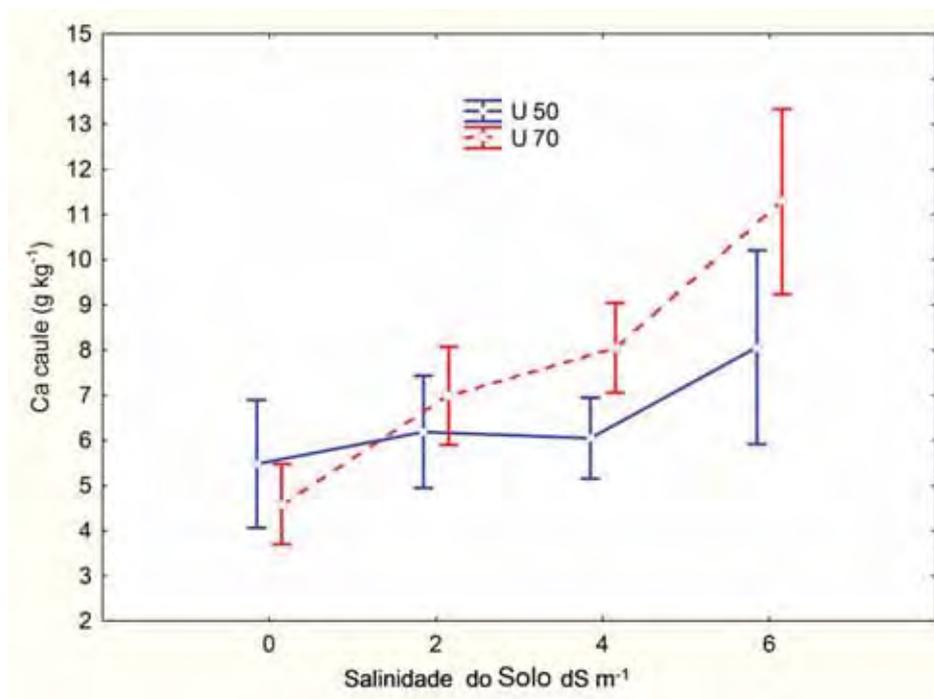


Figura 23. Teor médio de cálcio na massa seca de caule, em função do teor de água no solo e salinidade.

Decréscimo do teor de cálcio no ramo foi observado na cultivar 14 com o aumento da salinidade, quando submetida ao maior nível de salinidade (6 dS m⁻¹), esse decréscimo foi 23% inferior ao nível (2 dS m⁻¹). Na cultivar 120 houve tendência de aumento na concentração com o aumento da salinidade sem variação considerada entre os níveis de salinidade. Os valores médios entre cultivares para esse nutriente foram semelhantes dentro de cada nível de salinidade, Figura 24. Estudos demonstram que o aumento da salinidade induz a uma redução nos teores de cálcio, como em goiabeira (FERREIRA et al., 2001), e também decréscimos na parte das plantas, como em mangueira (MIRISOLA FILHO, 2003). Essa discrepância de resultados é provavelmente relacionada às diferenças nas concentrações de sal utilizadas. Ferreira et al. (2001) relatam que diminuição no teor de Ca²⁺ com o aumento da salinidade pode conduzir a maior sensibilidade da planta ao estresse salino, uma vez que esse cátion tem importância na seletividade das membranas, nos processos de absorção e compartimentação iônica.

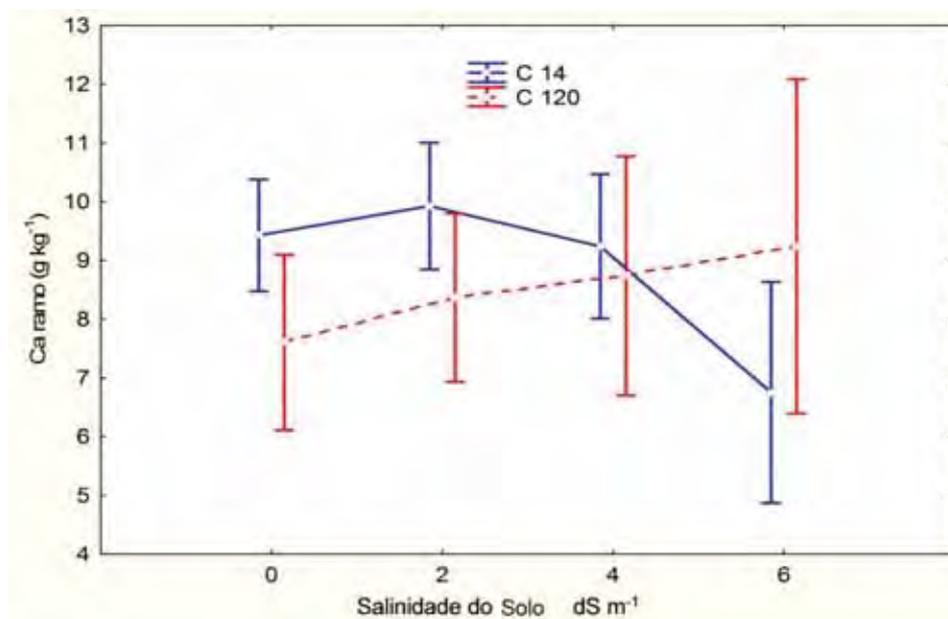


Figura 24. Teor médio de cálcio na massa seca do ramo, em função da salinidade para as duas cultivares estudadas.

Na raiz, a concentração de cálcio tendeu a aumentar na menor (50%) e diminuir na maior (70%) disponibilidade de água no solo na cultivar 120. Ocorrendo o inverso para cultivar 14, sendo verificado semelhança entre os valores. Em termos médios, a concentração desse nutriente em ambas cultivares foi de $5,93 \text{ g kg}^{-1}$ e $5,69 \text{ g kg}^{-1}$ no menor e maior nível de água, Figura 25. Segundo Pitman (1981), em condições de baixo teor de água no solo, a concentração de cálcio na solução do solo pode aumentar, o que conseqüentemente pode aumentar a absorção desse nutriente pelas plantas.

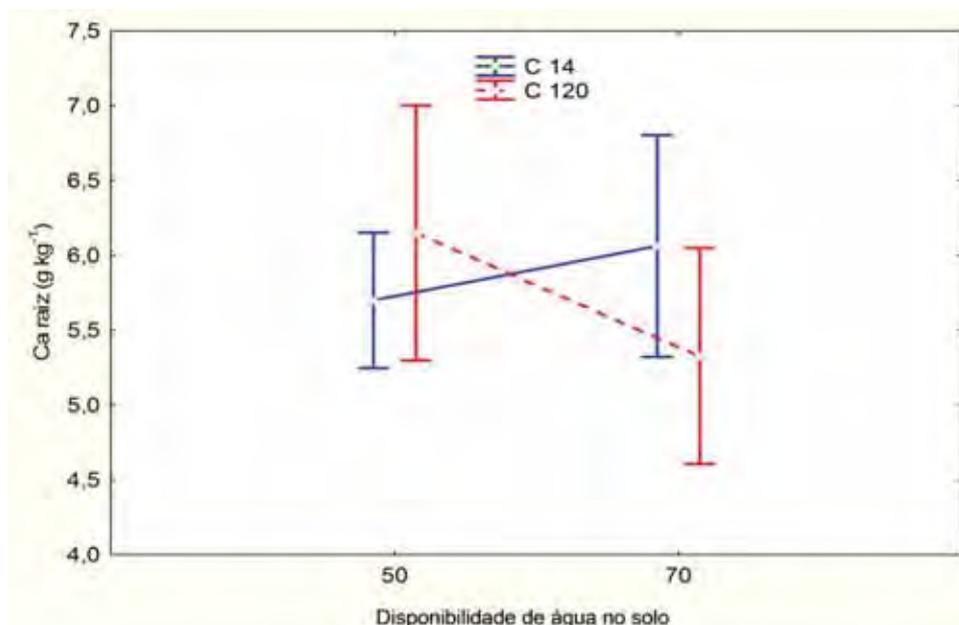


Figura 25. Teor médio de cálcio na massa seca da raíz, em função de cultivar e teor de água no solo.

De maneira geral, os teores nas diferentes partes da planta tenderam a aumentar com o aumento da salinidade dentro das respectivas disponibilidade de água no solo.

A absorção diminuída de cálcio em condições salinas pode ser devido a sua maior precipitação e o aumento da força iônica, que reduz a sua atividade. Deficiência de cálcio pode prejudicar a seletividade e a integridade da membrana celular e permitir passiva acumulação de sódio nos tecidos vegetais. Além disso, baixa relação Ca/Na desempenha um papel importante na inibição do crescimento das plantas (HU; SCHMIDHALTER, 2005).

6.2.1.5. Magnésio

Analisando-se o fator teor de água, no nível mais alto (70%), a concentração de magnésio foi maior 25,77%, Tabela 11. Na raíz, o teor de Mg nas cultivares foi reduzido em função do aumento da salinidade nos diferentes teores de água. Em 6 dS m⁻¹, esse teor foi 49% inferior (2,29 g kg⁻¹) ao valor médio encontrado nos três primeiros níveis (4,9 g kg⁻¹) na cultivar 120e 14, respectivamente, Figura 26. O teor de magnésio na folha da cultivar 14 sofreu influência da salinidade no maior nível de água (70%), com considerável

aumento até 4 dS m⁻¹ (4,70 g kg⁻¹) decrescendo a partir deste nível, Figura 26. Essa concentração foi 27% superior para cultivar 120 na mesma salinidade e teor de água no solo.

Tabela 11. Quadrado médio para teor de magnésio (Mg) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	MgMSF	MgMSC	MgMSR	MgMSRZ
g kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	0,06ns	1,85ns	0,58ns	0,08ns
Umidade (U)	1	1,27ns	3,95**	0,01ns	1,64ns
Salinidade(S)	3	1,50*	4,87**	0,73ns	4,69**
Bloco	3	0,15ns	1,03ns	0,35ns	0,85ns
C*U	1	0,49ns	0,43ns	1,92*	0,00ns
C*S	3	0,32ns	2,56**	2,21**	0,84ns
U*S	3	1,18*	1,99*	0,11ns	1,09*
C*U*S	3	1,13*	3,13**	1,80*	3,34**
Médias					
C. 120		3,15 a	2,02 a	2,65 a	3,75 a
C. 14		3,09 a	2,36 a	2,84 a	3,68 a
U 50%		2,98 a	1,94 b	2,73 a	3,88 a
U 70%		3,26 a	2,44 a	2,76 a	3,55 a
C.V. (%)		19,48	32,25	23,35	22,55

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

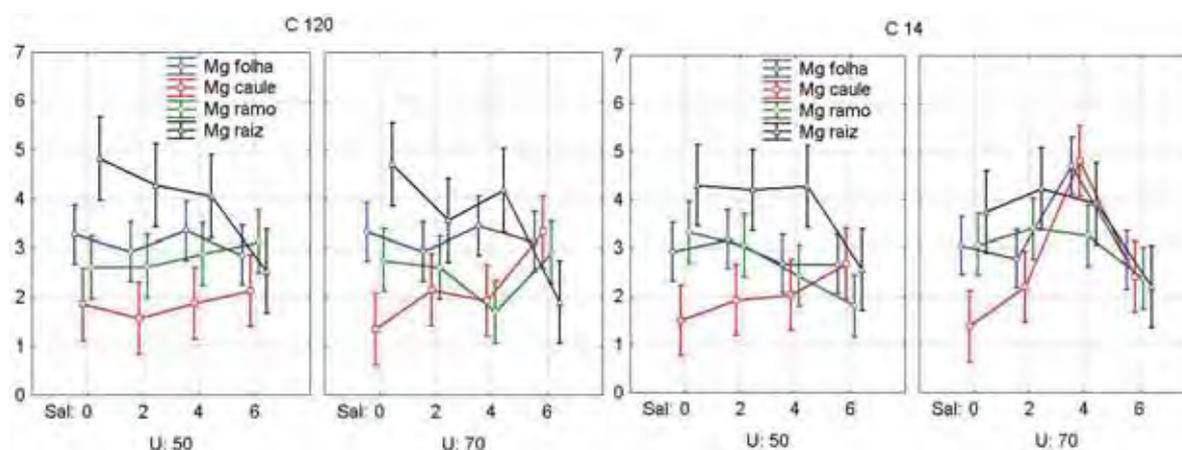


Figura 26. Teor médio de magnésio (g kg⁻¹) na massa seca de folha, caule, ramos e da raiz, em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade.

O teor de magnésio no caule, na cultivar 120, no maior nível de água e salinidade (6 dS m^{-1}) foi 147% superior ($3,33 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao nível zero de salinidade. No entanto, na cultivar 14, esse teor foi maior 248% ($4,80 \text{ g kg}^{-1}$) na salinidade 4 dS m^{-1} em comparação ao nível zero, decrescendo na maior salinidade, Figura 26.

No ramo, o teor desse nutriente na cultivar 14 decresceu na menor disponibilidade de água (50%) com o aumento da salinidade. Em 6 dS m^{-1} esse teor ($1,8 \text{ g kg}^{-1}$) foi 46% inferior ao nível zero ($3,33 \text{ g kg}^{-1}$) e 42% inferior para cultivar 120 ($3,13 \text{ g kg}^{-1}$) naquele mesmo nível de salinidade, não variando os valores em termos médios nos três primeiros níveis de salinidade entre cultivares, Figura 26. Não houve variação considerável dos valores médios para teor de Mg^{2+} , na maior disponibilidade de água no solo entre os níveis de salinidade, porém, observou-se tendência de decréscimo e aumento nas maiores salinidade, nas cultivares 14 e 120, respectivamente, Figura 26.

Os teores de magnésio tendenderam a aumentar na folha e caule com o aumento da salinidade, seguindo a mesma tendência aos verificados por Silva Júnior (2007) em bananeira, e contrária aos encontrado por Garcia et al. (2007) e Lucena (2009) na folha de milho e mangueira, respectivamente, em que os teores de Mg^{2+} reduziram nessa parte da planta. O magnésio tem importância no metabolismo vegetal, por exercer papel fundamental na fotossíntese e na produção de fotoassimilados (TAIZ; ZEIGER, 2006); é considerado um elemento móvel no floema, e sua redistribuição nos diversos órgãos da planta é alta. É considerado o quarto macronutriente mais absorvido pelo café conilon (BRAGANÇA et al., 2007). Os teores apresentados nas folhas estão um pouco acima dos recomendados por Bragança et al. (2007) e aos encontrados em conilon por Serrano et al. (2011).

Em trigo, concentração de Mg^{2+} foi reduzida, mas observou-se aumento em certo nível de salinidade, quando aumentou a concentração de Mg^{2+} na solução nutritiva, o que sugere que a suplementação com esse nutriente pode conduzir a planta uma certa resistência ao sal, quando este nutriente estiver em níveis baixos (HU; SCHMIDHALTER, 2005). Ainda são poucos os trabalhos referentes ao cultivo desse nutriente sob estresse salino, talvez pelo fato desse nutriente ser pouco influenciado pela salinidade.

6.2.1.6. Enxofre

O teor de enxofre foi influenciado significativamente na folha, caule, ramo e raiz, considerando os fatores cultivar, água no solo e salinidade isoladamente. Na raiz esse teor foi menor na cultivar 14. Na menor disponibilidade de água, esse teor foi menor no caule e ramo, Tabela 12. Considerando apenas salinidade, pode-se dizer que houve tendência de queda com o aumento da salinidade. O teor de S na folha e raiz decresceu com o aumento dos níveis, nas maiores salinidades (4 e 6 dS m⁻¹); esse teor na folha foi em média 34% inferior ao nível zero, Figura 27. Na raiz, apenas no nível 6 dS m⁻¹ o teor de S foi consideravelmente inferior (46%) ao nível zero de salinidade, Figura 28. Pode-se dizer que houve tendência de queda com o aumento da salinidade.

Tabela 12. Quadrado médio para teor de enxofre (S) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	SMSF	SMSC	SMSR	SMSRZ
g kg ⁻¹					
Cultivar (C)	1	0,13ns	0,08ns	0,01ns	8,94*
Umidade (U)	1	0,07ns	11,92**	0,19*	2,46ns
Salinidade(S)	3	0,64**	9,86**	0,31**	9,71**
Bloco	3	0,14ns	4,47**	0,00ns	5,14*
C*U	1	0,05ns	0,00ns	0,05ns	13,03**
C*S	3	0,10ns	0,37ns	0,12ns	1,26ns
U*S	3	0,09ns	5,31**	0,01ns	0,36ns
C*U*S	3	0,00ns	0,00ns	0,02ns	0,87ns
Médias					
C. 120		1,60 a	2,28 a	1,32 a	3,85 a
C. 14		1,69 a	2,21 a	1,30 a	3,10 b
U 50%		1,61 a	1,81 b	1,26 b	3,67 a
U 70%		1,68 a	2,68 a	1,37 a	3,28 a
C.V. (%)		14,60	44,76	16,45	32,55

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

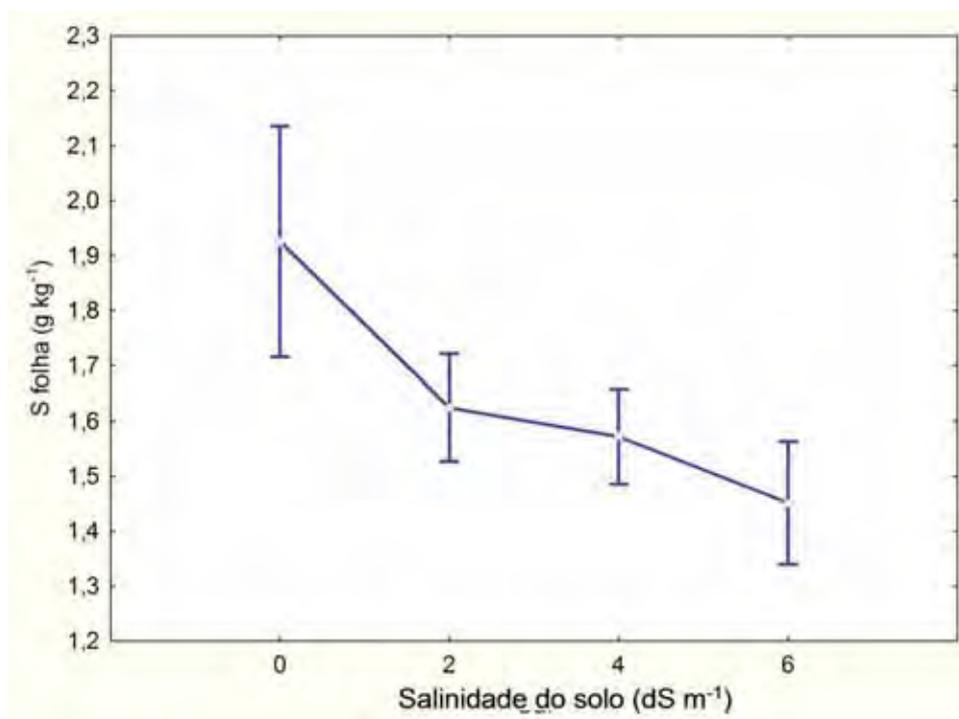


Figura 27. Teor médio de enxofre na massa seca de folha em função da salinidade.

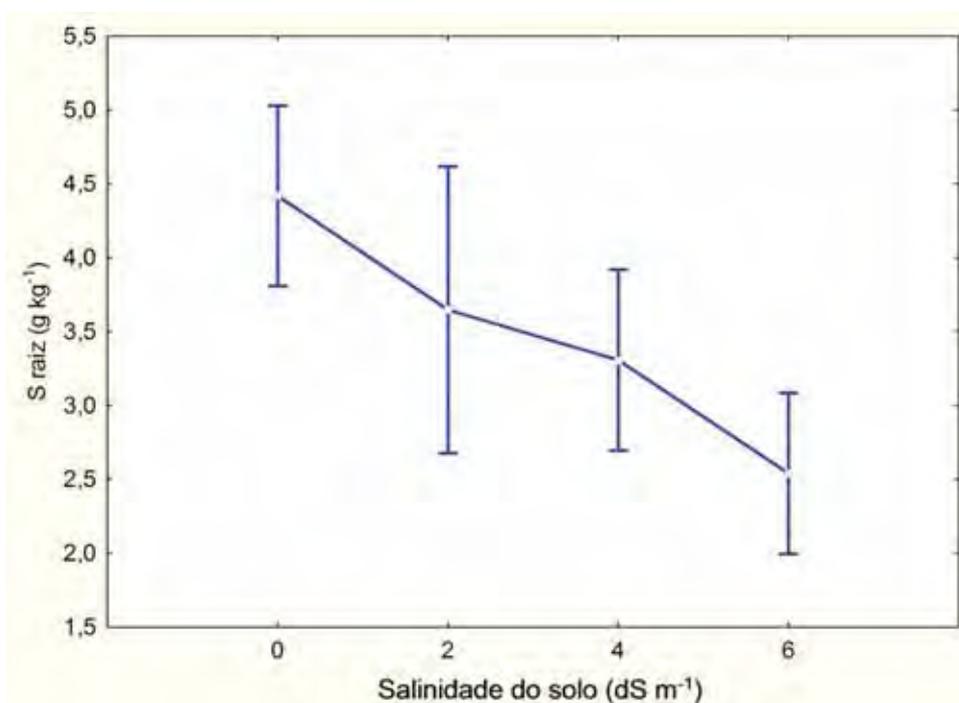


Figura 28. Teor médio de enxofre na massa seca de raiz em função da salinidade.

No caule, o teor desse nutriente aumentou com o aumento da salinidade nos teores de água no solo, exceto para o nível 6 dS m⁻¹, na maior disponibilidade de água (70%), que tendeu a decrescer. O maior valor nesse nível de água foi encontrado em 4 dS m⁻¹, obtendo média (2,84 g kg⁻¹), 218% superior em relação ao nível zero e 159% maior nessa mesma salinidade quando comparado à menor disponibilidade de água (50%), Figura 29. Em 6 dS m⁻¹, o teor de S tendeu a aumentar com a menor disponibilidade de água (50%), não sendo verificadas variações consideráveis entre os valores médios nos níveis de salinidade, Figura 29.

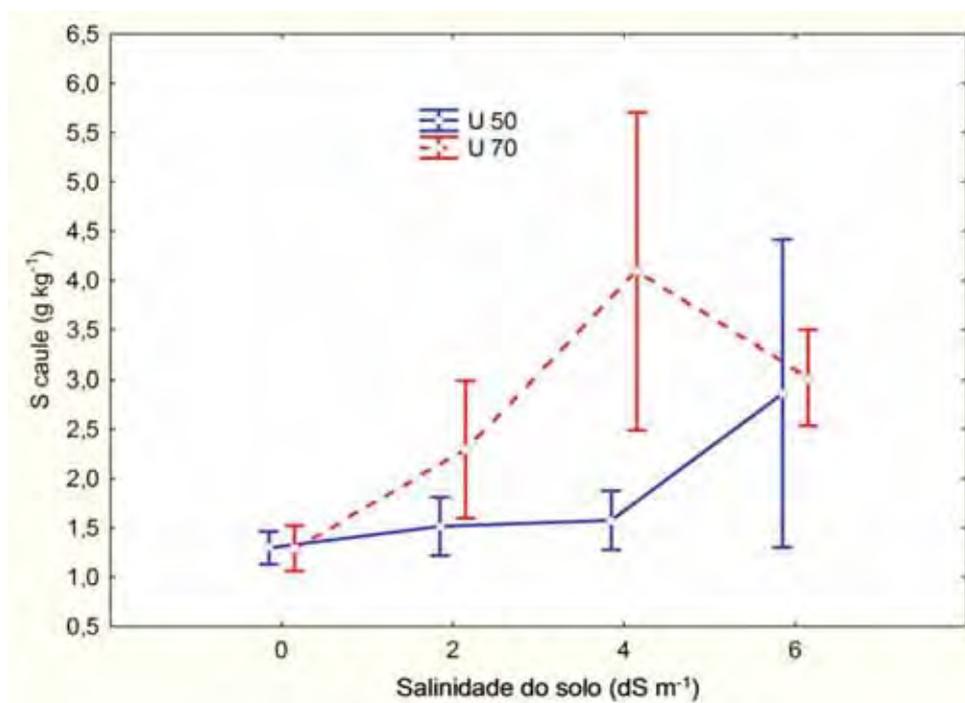


Figura 29. Teor médio de enxofre na massa seca de caule em função do teor de água e salinidade do solo.

O teor de enxofre na raiz das cultivares foi influenciado pelos níveis de água no solo. Com o menor teor de água (50%), esse nutriente aumentou na cultivar 120 e diminuiu na cultivar 14. Na cultivar 120, esse teor (4,50 g kg⁻¹) de S foi 59% superior ao verificado na cultivar 14 (2,58 g kg⁻¹). Em média, a concentração de enxofre no nível de água

no solo (70%), decresceu na cultivar 120 e aumentou na 14, não sendo observado variação nos valores entre as cultivares, Figura 30.

Os valores encontrados para folha estão abaixo dos encontrados por Serrano et al. (2011) em planta jovem de Conilon clone 12 V ($2,0$ a $5,0$ g kg^{-1}), ressaltando que essas plantas não encontrava-se em condições de estresse naquele trabalho.

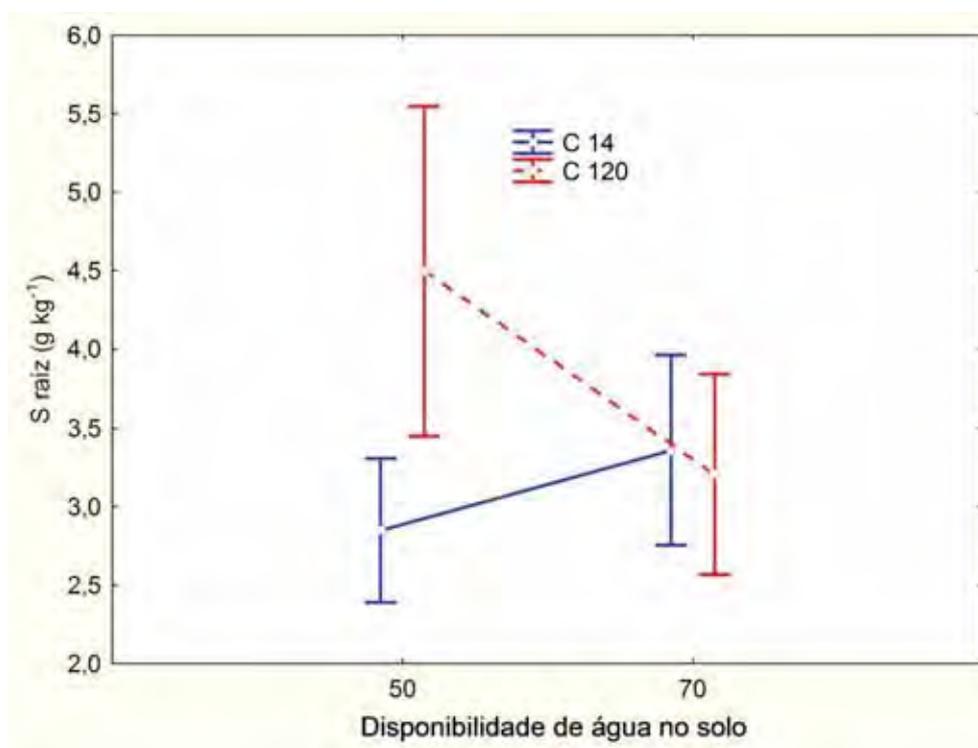


Figura 30. Teor médio de enxofre na massa seca de raiz em função do teor de água no solo para as duas cultivares.

6.2.2. Teores de Micronutrientes

6.2.2.1. Boro

Considerando cultivares, a concentração de boro na raiz foi 12,56% superior na cultivar 120. A interação entre os fatores estudados influenciou significativamente a concentração desse nutriente na folha e raiz, Tabela 13.

A concentração de boro na folha tendeu a decrescer com o aumento da salinidade no maior nível de água no solo das cultivares. No nível zero de salinidade, esse teor passou, em média, de 46,91 mg kg⁻¹ para 30,75 mg kg⁻¹ com o aumento da salinidade (6 dS m⁻¹) na cultivar 120. Na cultivar 14, nessa mesma salinidade, o valor médio (32,25 mg kg⁻¹) foi 32% inferior ao nível zero de salinidade, Figura 31. No menor nível de água (50%) o teor de B tendeu a aumentar na maior salinidade nas duas cultivares, não variando as médias entre os níveis de salinidade, Figura 31.

Tabela 13. Quadrado médio para teor de boro (B) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	BMSF	BMSC	BMSR	BMSRZ
		mg kg⁻¹			
Cultivar (C)	1	0,70ns	0,01ns	21,78ns	302,28**
Umidade (U)	1	37,65ns	45,19ns	15,86ns	32,84ns
Salinidade (S)	3	164,69**	40,84ns	45,01ns	762,59**
Bloco	3	5,79ns	158,55**	9,08ns	161,10**
C*U	1	2,49ns	1,75ns	3,24ns	370,22**
C*S	3	8,82ns	22,50ns	6,39ns	9,89ns
U*S	3	222,56**	27,97ns	15,39ns	154,32**
C*U*S	3	115,35**	2,26ns	12,08ns	132,99**
Médias					
C.120		39,22 a	24,15 a	22,66 a	34,73 b
C. 14		39,01 a	24,12 a	23,83 a	39,08 a
U 50%		38,35 a	23,30 a	22,74 a	37,62 a
U 70%		39,89 a	24,98 a	23,74 a	36,19 a
C.V. (%)		13,95	16,70	21,48	14,39

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade

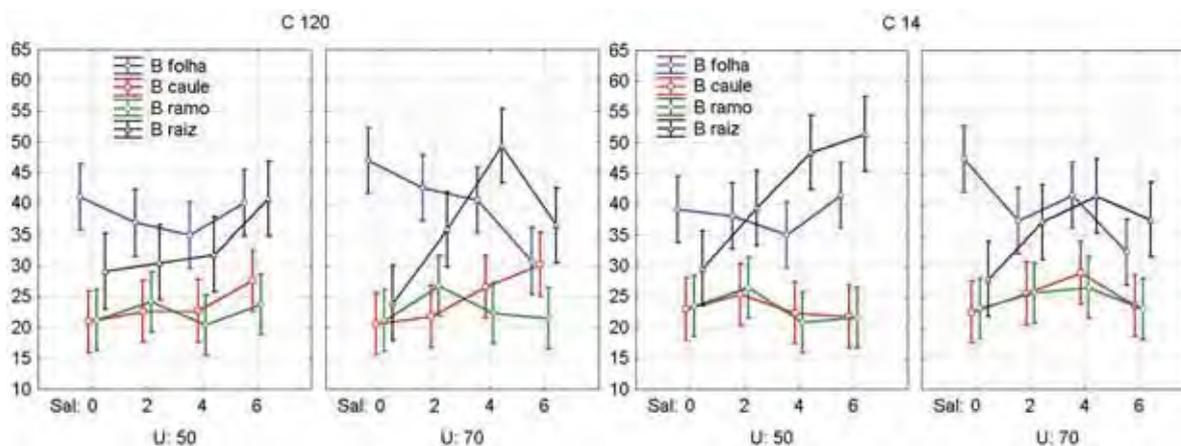


Figura 31. Teor médio de boro (mg kg^{-1}) na massa seca de folha e raiz em função da salinidade nos diferentes teores de água no solo e cultivares.

O teor de boro na raiz foi afetado pelos níveis de água e salinidade nos diferentes cultivares. Na cultivar 120, esse teor tendeu a aumentar entre os níveis iniciais de salinidade e diminuir entre os níveis (4 e 6 dS m^{-1}) na maior disponibilidade de água (70%). Desse modo, o B passou de 23,98 mg kg^{-1} na salinidade zero para 49,36 mg kg^{-1} no nível 4 dS m^{-1} e desse para 36,50 mg kg^{-1} . Entretanto, na cultivar 14, a concentração de boro na raiz passou de 27,87 mg kg^{-1} na salinidade zero para 41,33 mg kg^{-1} no nível 4 dS m^{-1} , Figura 31. Já no menor nível de água (50%), a concentração de B na raiz aumentou entre os níveis de salinidade na cultivar 14. A concentração desse nutriente foi de 29,57 mg kg^{-1} no nível zero de salinidade para 48,43 e 51,42 mg kg^{-1} nos níveis 4 e 6 dS m^{-1} , respectivamente. Na cultivar 120, a concentração de B na raiz nesse mesmo teor de água, tendeu a aumentar, porém, os valores médios não variaram entre os níveis de salinidade, apresentando média geral em torno de 40,78 mg kg^{-1} , Figura 31.

O nível de concentração de boro considerado tóxico varia de acordo com a espécie. Foi verificado que as maiores concentrações deram-se na raiz. Os sintomas de toxicidade na maioria das culturas aparecem quando a concentração foliar de boro excede 250 a 300 mg kg^{-1} , porém, nem todas as culturas sensíveis acumulam boro em suas folhas (AYERS; WESTCOT, 1999). O boro participa do crescimento celular, como também confere estabilidade e estrutura à parede celular. Por ser um elemento imóvel no floema, o sintoma de deficiência se manifesta nas regiões de crescimento ativo (BRAGANÇA et al., 2007). Entretanto, os teores aqui apresentados na folha estão entre os recomendados para café

conilon. E entre os micronutrientes é considerado o terceiro mais acumulado nesta cultura. Sob salinidade, a deficiência de boro é mais difundida do que sua toxicidade (HU; SCHMIDHALTER, 2005).

É comum a deficiência de boro sob déficit hídrico e se relaciona a sua baixa mineralização, maiores quantidades são mais encontradas na matéria orgânica, como também a menor quantidade deste elemento a profundidades maiores no solo em algumas áreas, em relação à superfície do solo (HU; SCHMIDHALTER, 2005).

6.2.2.2. Cobre

Independente da salinidade e teor de água no solo houve diferença significativa entre cultivares para concentração de cobre, com a cultivar 14 apresentando valores superiores no caule e a cultivar 120 na raiz, não diferindo na folha e ramo, Tabela 14.

Tabela 14. Quadrado médio para teor de cobre (Cu) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias em função de cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	CuMSF	CuMSC	CuMSR	CuMSRZ
		mg kg ⁻¹			
Cultivar (C)	1	1,77ns	7,56*	0,25ns	77,66**
Umidade (U)	1	8,50ns	0,76ns	0,00ns	5,34ns
Salinidade (S)	3	1,33ns	2,77ns	32,18**	133,56**
Bloco	3	4,84ns	2,93ns	18,77**	23,56**
C*U	1	4,69ns	0,06ns	14,06*	108,94**
C*S	3	5,83ns	3,59ns	23,12**	23,47**
U*S	3	1,06ns	3,23ns	3,79ns	19,82*
C*U*S	3	2,69ns	0,42ns	12,10*	31,67**
Médias					
C.120		6,72 a	5,61 b	8,97 a	11,86 a
C. 14		7,05 a	6,30 a	8,84 a	9,66 b
U 50%		6,52 a	5,84 a	8,91 a	10,47 a
U 70%		7,25 a	6,06 a	8,91 a	11,05 a
C.V. (%)		21,06	20,96	20,31	21,03

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ^{ns} não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Considerando as interações, o teor de cobre no ramo, na cultivar 14, foi influenciado pela salinidade na menor disponibilidade de água no solo, apresentado decréscimo com o aumento da salinidade, o qual variou aproximadamente, em média, de $10,75 \text{ mg kg}^{-1}$ na salinidade ($0 \text{ e } 2 \text{ dS m}^{-1}$) para $5,50 \text{ mg kg}^{-1}$ no maior nível (6 dS m^{-1}), Figura 32.

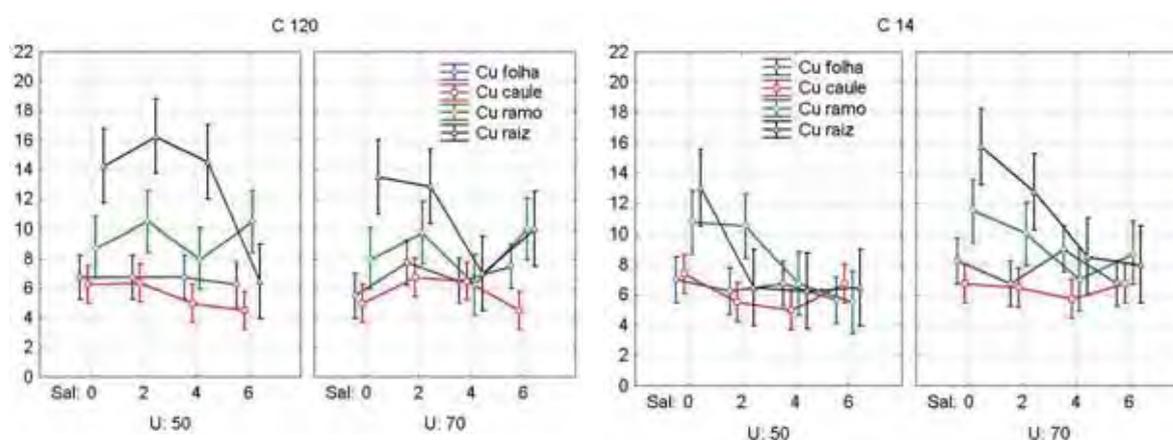


Figura 32. Teor médio de Cobre na massa seca de folha, caule, ramo e raiz em função do teor de água no solo e salinidade nas diferentes cultivares.

O teor de cobre na raiz foi influenciado com o aumento da salinidade nas cultivares nos diferentes teores de água no solo. Na menor disponibilidade de água no solo, essa concentração na cultivar 120 foi menor em 6 dS m^{-1} ($6,50 \text{ mg kg}^{-1}$), na cultivar 14 os menores valores foi em média ($6,42 \text{ mg kg}^{-1}$) na salinidade ($2, 4 \text{ e } 6 \text{ dS m}^{-1}$). O teor desse nutriente na salinidade $2 \text{ e } 4 \text{ dS m}^{-1}$ da cultivar 120 foi superior ($16,25 \text{ e } 14,50 \text{ mg kg}^{-1}$) aos encontrados na cultivar 14 de 150% e 132% , respectivamente, Figura 32. Na maior disponibilidade de água, os valores de cobre decresceram consideravelmente no nível 4 dS m^{-1} ($7,0 \text{ mg kg}^{-1}$), aumentando em seguida na cultivar 120. Esse decréscimo na cultivar 14 foi verificado na salinidade de $4 \text{ e } 6 \text{ dS m}^{-1}$ ($8,50 \text{ mg kg}^{-1}$), sendo inferior 46% ao obtido no nível zero de salinidade, Figura 32.

De modo geral, a concentração de cobre decresceu com o aumento da salinidade, em ambos teores de água. O efeito da salinidade sobre a concentração desse nutriente nas plantas depende da idade fisiológica e da intensidade do estresse. Barreto (1997) encontrou, em plantas de sorgo sensível a salinidade, decréscimos na raiz com o aumento da

concentração salina em solução nutritiva, não encontrando variabilidade entre as plantas do tolerante e medianamente tolerante. Os teores apresentados para ramo estão abaixo dos encontrados por Malavolta et al. (2002) em café arábica, lembrando que essas plantas encontrava-se no início da fase reprodutiva.

6.2.2.3. Ferro

Considerando cultivar e teor de água no solo, a concentração de ferro na folha foi 14% superior na cultivar 120 e teor de água de no solo (70%). Essa concentração no caule na maior disponibilidade de água foi 20% superior quando comparado a menor disponibilidade de água no solo, Tabela 15.

Tabela 15. Quadrado médio para teor de ferro (Fe) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raíz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivares e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	FeMSF	FeMSC	FeMSR	FeMSRZ
mg kg ⁻¹					
Cultivar (C)	1	399321,30**	4996,72ns	600,25ns	53361,00ns
Umidade (U)	1	411090,95**	258381,59*	5,06ns	375769,00ns
Salinidade(S)	3	627644,94**	267339,10**	11703,70ns	5094986,68**
Bloco	3	13145,12ns	325083,31**	4011,75ns	572278,39ns
C*U	1	62960,21ns	6,56ns	1040,06ns	873757,56ns
C*S	3	86376,72*	145674,45ns	1178,62ns	1371963,79**
U*S	3	118900,42*	456784,86**	1145,85ns	504241,62ns
C*U*S	3	94366,20*	167992,92*	3232,18ns	3212343,18**
Médias					
C. 120		985,22 a	687,28 a	146,19 a	2289,47 a
C. 14		827,24 b	704,95 a	140,06 a	2347,22 a
U 50%		826,08 b	632,58 b	142,84 a	2241,72 a
U 70%		986,38 a	759,66 a	143,41 a	2394,97 a
C.V. (%)		18,45	34,22	37,96	20,85

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ^{ns} não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

A concentração de ferro na folha da cultivar 120 no menor teor de água no solo tendeu a aumentar no maior nível de salinidade (6 dS m^{-1}), essa concentração passou de 645 mg kg^{-1} no nível 4 dS m^{-1} para $1051,25 \text{ mg kg}^{-1}$ no nível 6 dS m^{-1} . No maior teor de água no solo, a concentração de Fe aumentou entre os níveis iniciais de salinidade (0 e 2 dS m^{-1}) e decresceu com variação entre os níveis de salinidade 2 dS m^{-1} ($12,17 \text{ mg kg}^{-1}$) e 4 dS m^{-1} ($7,00 \text{ mg kg}^{-1}$), tendendo a crescer com o aumento da salinidade. A cultivar 14 apresentou o mesmo comportamento, porém, com variação na concentração entre o nível zero ($1091,75 \text{ mg kg}^{-1}$) e 4 dS m^{-1} ($641,50 \text{ mg kg}^{-1}$), Figura 33. Na cultivar 14, a concentração de Fe na folha no menor teor de água decresceu com o aumento dos níveis de salinidade. Nos maiores níveis (4 e 6 dS m^{-1}), essa concentração foi $41,60\%$ ($567,46 \text{ mg kg}^{-1}$) inferior ao nível zero ($971,75 \text{ mg kg}^{-1}$) Figura 33.

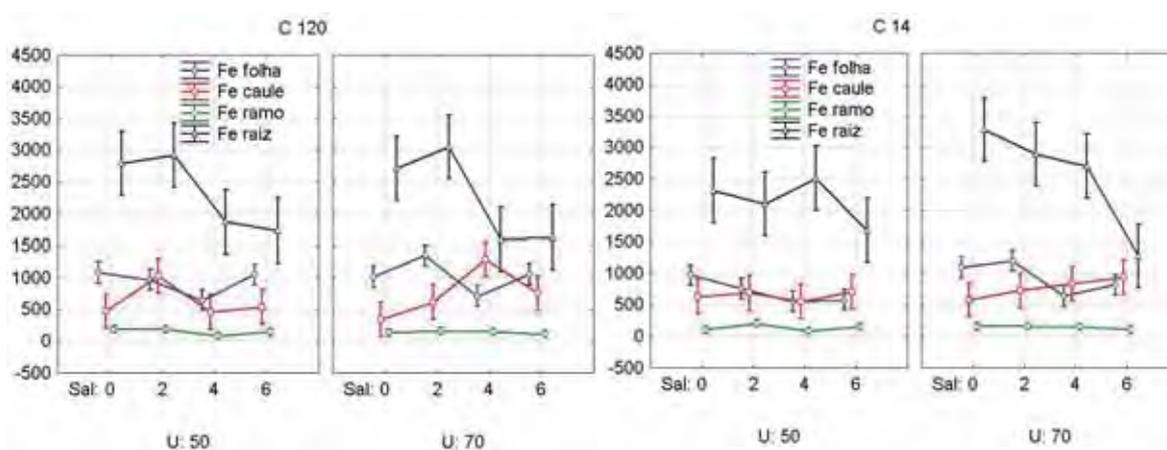


Figura 33 Teor médio de ferro (mg kg^{-1}) na massa seca de folha, caule e raiz em função de salinidade e teor de água no solo nas diferentes cultivares.

No caule, o teor de ferro tendeu a aumentar com o aumento do nível de água no solo entre os níveis iniciais de salinidade na cultivar 120, passando em média de $565,19 \text{ mg kg}^{-1}$ nos níveis (0 e 2 dS m^{-1}) para $1063,38 \text{ mg kg}^{-1}$ no nível intermediário (4 dS m^{-1}), decrescendo com o aumento da salinidade, Figura 33. Na cultivar 14, foi observado uma pequena variação na concentração de Fe no caule entre os níveis de salinidade no menor teor de água no solo, com média nos níveis iniciais (0 e 2 dS m^{-1}) de $656,94 \text{ mg kg}^{-1}$ passando para $548,75 \text{ mg kg}^{-1}$ em 4 dS m^{-1} , Figura 33.

A concentração de Fe^{+2} na raiz nas duas cultivares, tendeu a decrescer com o aumento dos níveis de salinidade nos dois teores de água no solo. Tanto no menor como no maior teor de água no solo, com decréscimo a partir de 2 dS m^{-1} na cultivar 120. Em média, a concentração desse nutriente passou de (2854 mg kg^{-1}) nesse nível para 1682 mg kg^{-1} em 6 dS m^{-1} , Figura 33. Na cultivar 14, essa concentração tendeu a decrescer a partir do nível zero de salinidade, variando de 3280 mg kg^{-1} para 1278 mg kg^{-1} em 6 dS m^{-1} sofrendo, portanto, redução de aproximadamente 61%, dentro do maior nível de água (70%), Figura 33.

Baixo teor de água induz a deficiência de Fe^{+2} , porém, verifica-se que em condições com maior disponibilidade de água se torna mais disponíveis, devido sua conversão para formas reduzidas e ser mais solúveis (HU; SCHMIDHALTER, 2005). Provavelmente, as altas concentrações encontradas pode está relacionada a essas afirmações. Barreto (1997), em sorgo tolerante a salinidade, encontrou aumento nas maiores concentrações salinas. Este autor relacionou essa resposta ao estágio de desenvolvimento, como também a espécie.

Verna e Neue (1984) relataram que o teor de ferro na parte aérea parece não ser um bom indicador de tolerância ou sensibilidade ao estresse salino, uma vez que, variedades tolerantes e sensíveis dessa cultura apresentaram respostas semelhantes a essa característica quando cultivadas em solo salino.

6.2.2.4. Manganês

O fator teor de água no solo afetou a concentração de manganês na raiz; essa concentração aumentou na maior disponibilidade de água no solo, Tabela 16. Considerando apenas salinidade, a concentração desse elemento aumentou na raiz com o aumento da salinidade. Em 6 dS m^{-1} essa concentração foi 44% superior ao nível zero de salinidade, Figura 34

Tabela 16. Quadrado médio para teor de manganês (Mn) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	MnMSF	MnMSC	MnMSR	MnMSRZ
mg kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	23,36ns	145,50ns	223,12ns	199,51ns
Umidade (U)	1	286,15ns	794,53ns	230,66ns	1434,51*
Salinidade(S)	3	2613,36**	18893,07**	2164,02**	1850,51**
Bloco	3	236,42ns	1340,26ns	142,00ns	652,84ns
C*U	1	765,42*	4088,00ns	18,59ns	107,64ns
C*S	3	330,86ns	1001,19ns	257,54*	464,18ns
U*S	3	91,74ns	361,38ns	198,61*	215,01ns
C*U*S	3	2348,73**	18541,85**	371,88**	169,80ns
Médias					
C. 120		81,03 a	53,41 a	49,06 a	66,47 a
C. 14		82,24 a	56,42 a	45,33 a	70,00 a
U 50%		79,52 a	51,39 a	49,09 a	72,97 a
U 70%		83,75 a	58,44 a	45,30 a	63,50 b
C.V. (%)		15,64	63,87	17,28	25,17

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

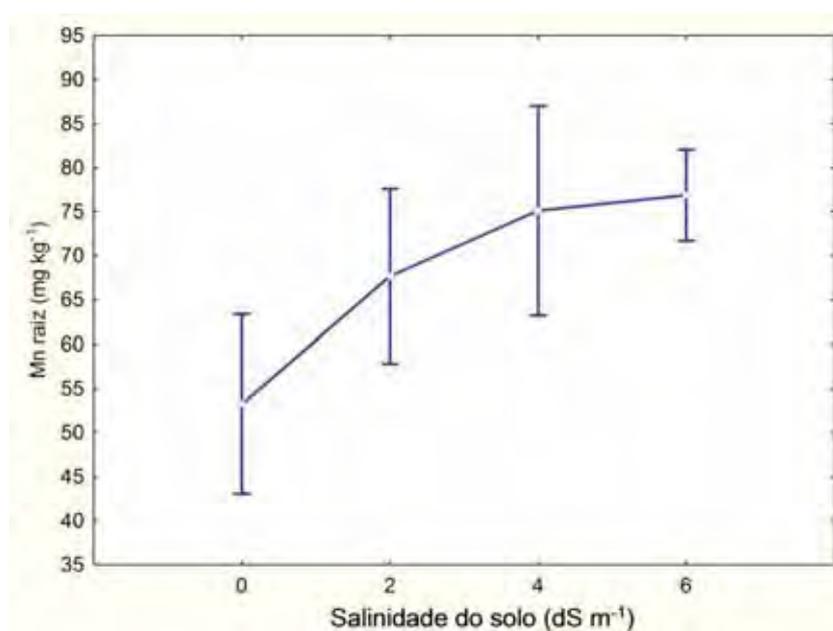


Figura 34. Teor médio de manganês na massa seca de raiz em função da salinidade.

Considerando as interações, na folha, o teor de manganês na cultivar 120 aumentou entre os níveis de salinidade na menor disponibilidade de água. Em média, o teor de Mn^{+2} no nível com ausência de sal ($57,25 \text{ mg kg}^{-1}$) foi, em média, para $90,75 \text{ mg kg}^{-1}$ nos maiores níveis. Na cultivar 14, o teor de Mn^{+2} diminuiu no maior nível de salinidade, com média variando de 115 mg kg^{-1} para 85 mg kg^{-1} nas salinidade de 4 e 6 dS m^{-1} , respectivamente, Figura 35 e Tabela 16.

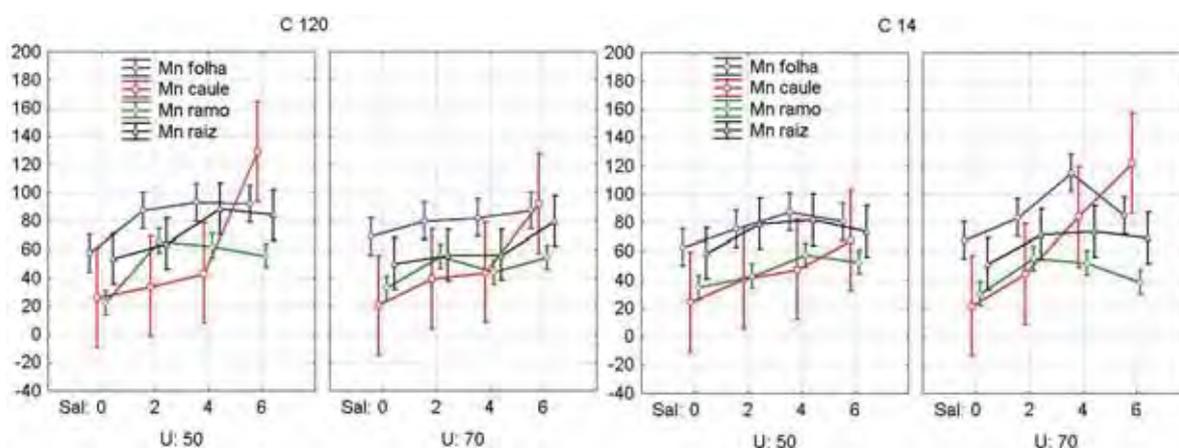


Figura 35. Teor médio de manganês (mg kg^{-1}) na massa seca de folha, caule, ramo e raiz em função de teor de água no solo e salinidade nas diferentes cultivares.

No caule, o teor de manganês foi afetado pelo aumento da salinidade (6 dS m^{-1}) quando diminuiu o teor de água no solo na cultivar 120. Em média, o teor de Mn^{+2} passou de $34,17 \text{ mg kg}^{-1}$ nos níveis ($0, 2$ e 4 dS m^{-1}) para 129 mg kg^{-1} , em 6 dS m^{-1} . O mesmo comportamento foi observado na cultivar 14, porém, quando houve aumento do teor de água no solo. A concentração de Mn^{+2} foi de $49,92 \text{ mg kg}^{-1}$ para 122 mg kg^{-1} em 6 dS m^{-1} , figura 35.

O teor de Mn^{+2} no ramo, na cultivar 120, aumentou entre os níveis iniciais de salinidade, no menor teor de água no solo, tendendo a decrescer no maior nível (6 dS m^{-1}), apresentando concentração de Mn^{+2} , em média, de $61,25 \text{ mg kg}^{-1}$, Figura 35. Na cultivar 14, a concentração de Mn^{+2} variou aproximadamente, em média, de $38,5 \text{ mg kg}^{-1}$ nos níveis (0 e 2 dS m^{-1}) para $57,25 \text{ mg kg}^{-1}$ em 4 dS m^{-1} , decrescendo com o aumento da salinidade, Figura 35. Com o aumento do teor de água no solo, a concentração de Mn^{+2} no ramo da cultivar 120 variou entre os níveis de salinidade, 2 e 6 dS m^{-1} com concentração

média maior (54,25 mg kg⁻¹) que o nível sem sal (34,50 mg kg⁻¹). Na cultivar 14, a concentração de Mn⁺² tendeu a aumentar entre os níveis iniciais de salinidade, 2 e 4 dS m⁻¹ esse teor foi em média maior (53,57 mg kg⁻¹) que no nível zero de salinidade (30,25 mg kg⁻¹), tendendo a decrescer na maior salinidade, Figura 35.

As concentrações nas folhas das cultivares estão um pouco acima das recomendadas para conilon, segundo Bragança et al. (2007); esses autores relatam que manganês é o segundo micronutriente mais requerido pelo Conilon, e as folhas são as partes da planta que apresentam maiores conteúdos.

6.2.2.5. Zinco

Considerando as cultivares, o teor de zinco na folha, ramo e raiz foi significativamente maior na cultivar 120, Tabela 17.

Tabela 17. Quadrado médio para teor de Zinco (Zn) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramo (MSR), massa seca de raiz (MSRZ), em função de cultivares, teor de água no solo e salinidade do solo e médias entre cultivar e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	ZnMSF	ZnMSC	ZnMSR	ZnMSRZ
mg kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	8,03**	0,14ns	203,06**	162,56**
Umidade (U)	1	0,01ns	4,00ns	3,06ns	1,56ns
Salinidade (S)	3	1,16ns	5,05ns	14,27ns	334,22**
Bloco	3	5,01**	4,79*	19,27*	17,72ns
C*U	1	0,00ns	0,01ns	18,06ns	85,56**
C*S	3	2,16ns	1,04ns	19,85*	9,72ns
U*S	3	0,67ns	2,71ns	13,52ns	78,72**
C*U*S	3	1,45ns	0,42ns	27,43**	44,89**
Médias					
C. 120		7,38 a	5,73 a	16,38 a	17,88 a
C. 14		6,67 b	5,64 a	12,81 b	14,69 b
U 50%		7,01 a	5,44 a	14,38 a	16,44 a
U 70%		7,03 a	5,94 a	14,81 a	16,13 a
C.V. (%)		14,34	22,85	17,04	17,79

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ^{ns} não significativo, Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

A cultivar 120 teve decréscimos consideráveis na concentração de Zn^{+2} no ramo com o aumento da salinidade na maior disponibilidade de água no solo. O teor de Zn reduziu em 4 dS m^{-1} e teve incremento entre 0 e 2 dS m^{-1} . A concentração desse nutriente passou, em média, nos níveis iniciais, de 18,46 mg kg^{-1} para 13,25 mg kg^{-1} em 4 dS m^{-1} . Na cultivar 14, esse teor tendeu a decrescer nas maiores salinidades, porém, não observou-se variações entre as médias, apresentando teor médio de Zn^{+2} de 13,56 mg kg^{-1} , Figura 36 e Tabela 17. Na menor disponibilidade de água no solo, a concentração de Zn^{+2} , na cultivar 120, tendeu a decrescer com o aumento da salinidade e crescer na cultivar 14, não variando as médias entre as salinidades, com média entre os níveis de 16,69 mg kg^{-1} , na cultivar 120, e de 12,06, na cultivar 14. Na salinidade 2 e 4 dS m^{-1} , o teor de zinco foi consideravelmente inferior na cultivar 14, Figura 36.

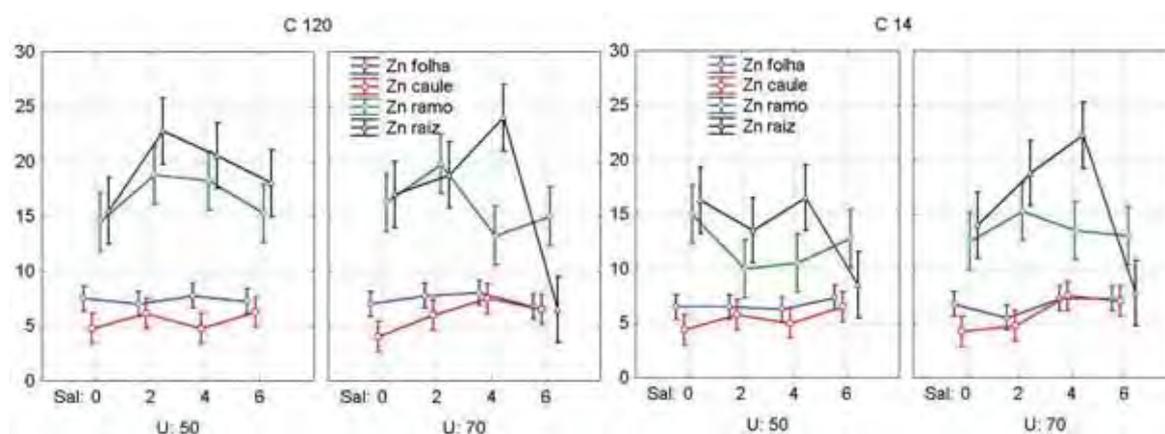


Figura 36. Teor médio de zinco (mg kg^{-1}) na massa seca de ramo e raiz em função de salinidade e teor de água no solo nas diferentes cultivares.

Nas cultivares, o teor de zinco na raiz tiveram decréscimos na maior salinidade (6 dS m^{-1}) no maior teor de água no solo (70%). Na cultivar 120 houve incremento entre os níveis 0 e 4 dS m^{-1} , decrescendo em 6 dS m^{-1} . Essa redução foi de 61,76% e 72,92% quando comparados a 0 e 4 dS m^{-1} , respectivamente. Na cultivar 14, essa redução, em 6 dS m^{-1} , foi de 53,38% em relação ao nível zero e 65,17% em relação a 4 dS m^{-1} , Figura 36. O teor de zinco na raiz da cultivar 120 aumentou entre os níveis iniciais (0 e 2 dS m^{-1}) passando de 15,50 mg kg^{-1} para 22,75 mg kg^{-1} , diminuindo com o aumento da salinidade sem variação

entre as médias. Na cultivar 14, essa variação na ausência de salinidade foi de 16,25 mg kg⁻¹ para 8,50 em 6 dS m⁻¹, reduzindo 48%, Figura 36.

Observou-se aumento nos teores de zinco nas menores concentrações de sal, talvez, pelo fato de nessas concentrações os teores de água não interferir na disponibilidade desses nutrientes, haja vista, que zinco se torna menos disponível quando os teores de água no solo decrescem. Foi verificado que nas maiores concentrações salinas esse teor na raiz decresceu, discordando dos resultados encontrados por Barreto (1997), em sorgo, que observou aumento em plantas sensíveis e tolerantes à salinidade.

6.2.3. Teores de sódio

6.2.3.1. Sódio

Entre cultivares, a concentração de sódio foi influenciada significativamente em todos os compartimentos da planta avaliados. A cultivar 120 apresentou concentrações de sódio 14,94%, 71,27%, 21,77% e 62,29% superior na folha, caule, ramo e raiz, respectivamente, quando comparado a cultivar 14, Tabela 18. Considerando o fator teor de água no solo, apenas na folha a concentração de sódio diminuiu significativamente com a maior disponibilidade de água no solo, Tabela 18. A interação cultivar, teor de água no solo e salinidade influenciou significativamente o teor de sódio na folha, caule, ramos e raiz, Tabela 18.

Tabela 18. Quadrado médio para teor de sódio (Na) na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramo (MSR), massa seca de raiz (MSRZ), em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade do solo e médias entre cultivares e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	NaMSF	NaMSC	NaMSR	NaMSRZ
mg kg⁻¹					
C	1	11205839,93**	25047522,56**	363759,76**	10045730,25**
U	1	6135467,07**	589440,06ns	34673,23ns	1122540,25ns
S	3	249385660,43**	154481816,89**	1461600,68**	24164966,39**
Bloco	3	1706939,12ns	995740,43ns	47213,31ns	432109,72ns
C*U	1	4199374,33*	41676708,06**	302546,75**	790765,56ns
C*S	3	10294904,80**	8035225,89**	593836,68**	3179008,25**
U*S	3	2707483,65*	6371736,22**	532493,45**	369366,91ns
C*U*S	3	7240671,07**	20089344,56**	151390,52*	1033461,06**
Médias					
C. 120		5601,34 b	1755,56 b	692,63 b	1272,16 b
C. 14		6438,22 a	3006,75 a	843,41 a	2064,53 a
U 50%		6329,41 a	2285,19 a	744,74 a	1800,78 a
U 70%		5710,16 b	2477,13 a	791,29 a	1535,91 a
C.V. (%)		13,48	25,76	24,80	39,81

*significativo 0,05; **significativo 0,01; ^{ns} não significativo, Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

A concentração de sódio na folha das cultivares foi proporcional ao aumento da salinidade, nos dois teores de água no solo. Na cultivar 120, os teores desse íon aumentaram consideravelmente à medida que aumentou a salinidade, tanto na menor quanto na maior disponibilidade de água no solo. Esse incremento no menor teor de água no solo (50%) foi superior na salinidade 2 e 4 dS m⁻¹ da cultivar 14 (6680 mg kg⁻¹ e 12068 mg kg⁻¹) quando comparado a cultivar 120, nas mesmas salinidade (4633 mg kg⁻¹ e 7118 mg kg⁻¹); em 6 dS m⁻¹, essa concentração de Na⁺ tendeu a decrescer na cultivar 14, sendo 34% inferior à cultivar 120 nessa mesma salinidade, Figura 37. Na maior disponibilidade de água no solo, a concentração de Na⁺ na folha da cultivar 120 passou de 598 mg kg⁻¹ para 9511 mg kg⁻¹ e, na cultivar 14, de 810 mg kg⁻¹ para 9098 mg kg⁻¹ nas salinidade 0 a 6 dS m⁻¹, respectivamente, Figura 37.

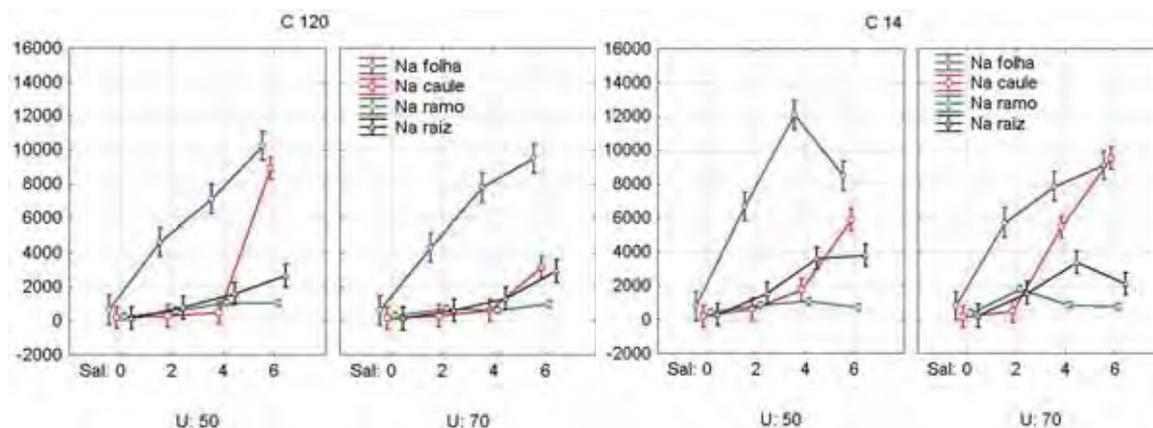


Figura 37. Teor médio de sódio na massa seca de folha, caule, ramo e raiz em função do teor de água no solo e salinidade nas diferentes cultivares.

De modo geral, o teor de Na^+ no caule nas cultivares tiveram incrementos nos maiores níveis de salinidade (4 e 6 dS m^{-1}), dentro dos teores de água no solo. O teor desse íon na cultivar 120, na menor disponibilidade de água no solo, foi cerca de 51% (8930 mg kg^{-1}) superior ao encontrado na cultivar 14 (5897 mg kg^{-1}) em 6 dS m^{-1} , Figura 37. Com o aumento do teor de água no solo, a concentração de Na^+ no caule da cultivar 120 foi menos influenciada pelo aumento da salinidade, sendo 65% inferior em 6 dS m^{-1} (3119 mg kg^{-1}) quando comparado a essa mesma salinidade no menor teor de água no solo, Figura 37. Já na cultivar 14, com o aumento do teor de água no solo, a concentra Na^+ teve incremento nos níveis de salinidade (4 e 6 dS m^{-1}). Nessas salinidade esse incremento foi superior 214% e 61%, respectivamente, quando comparados a esses mesmos níveis na menor disponibilidade de água no solo, Figura 37. A cultivar 14, em 4 e 6 dS m^{-1} , apresentou concentração de Na^+ superior no caule (803% e 204%) ao encontrado na cultivar 120, no maior teor de água no solo.

No ramo, a concentração de Na^+ nas cultivares sofreu pouca influencia da salinidade nos diferentes teores de água no solo. As concentrações desse íon no ramo da cultivar 120 e 14 tiveram um ligeiro aumento nas maiores salinidade, na menor disponibilidade de água no solo. Entretanto, com o aumento da disponibilidade de água no solo, a concentração desse elemento na salinidade (2 dS m^{-1}) tendeu a ser maior (1786 mg kg^{-1})

na cultivar 14 decrescendo com o aumento da salinidade, o que não foi verificado na cultivar 120, que tendeu a aumentar com o aumento da salinidade, Figura 37.

Na raiz, a concentração desse íon aumentou com o aumento da salinidade nos diferentes teores de água no solo, exceto na cultivar 14 no maior teor de água no solo, que diminuiu na maior salinidade, Figura 37. Na cultivar 120, a concentração de Na^+ aumentou nas maiores salinidade, tanto no maior quanto no menor teor de água no solo, obtendo valor médio em 6 dS m^{-1} de 2794 mg kg^{-1} . Na cultivar 14, esse aumento foi verificado na menor disponibilidade de água no solo, com média nos maiores níveis (3696 mg kg^{-1}).

Observa-se pelo exposto que o sódio foi concentrado principalmente nas folhas, seguida do caule e raiz. Em goiabeira, os aumentos foram mais expressivos nas raízes e folhas, com menos incremento no caule (FERREIRA et al., 2001). A mesma tendência de distribuição de sódio encontrado neste trabalho foi observada por Lucena (2009) em mangueira.

Considerando a planta inteira, o controle do transporte do íon Na^+ depende, segundo Munns et al. (2002); da habilidade da planta em controlar a absorção deste íon pelas células das raízes; carregamento do xilema com preferência para K^+ à sódio; e remoção deste íon do xilema antes de atingir a parte aérea. Embora o teor de sódio na folha da cultivar 14 tenha aumentado mais que a da cultivar 120, elas obtiveram praticamente os mesmos teores, quando submetidas à maior salinidade (6 dS m^{-1}). Esse resultado mostrou a sensibilidade dessas cultivares, devido o elevado teor de sódio foliar, ambas mostraram sintomas de toxidez com pequenas manchas nas bordas do limbo foliar, muito embora, possa ter ocorrido compartimentalização desse íon, acumulando-o no vacúolo, pelo fato da magnitude do teor deste na referida parte da planta. Porém, a cultivar 120 mostrou-se mais hábil para compartimentar, visto que o maior crescimento foi alcançado pela mesma em meio salino quando comparada a cultivar 14, como também, a menor presença de manchas foliares, Figura 38. Segundo Sykes (1992), plantas para serem consideradas acumuladoras deste íon devem apresentar concentrações entre 7500 mg kg^{-1} a 8300 mg kg^{-1} de Na^+ . Neste trabalho os resultados mostram para cultivar 120 valores menores a estes, principalmente quando submetida à salinidade de 2 e 4 dS m^{-1} .



Figura 38. Cultivar 120 (C1) e cultivar 14 (C2) em diferentes níveis de salinidade (S2; S4 e S6 dS m⁻¹) e teores de água no solo (U1; 50% e U1; 70%).

A captação de sódio não apenas da raiz, mas também o seu transporte a partir desta, representa uma característica importante na expressão de tolerância ao sal presente no substrato. A capacidade de culturas para limitar o transporte de sódio, e reduzir o acúmulo deste nos tecidos que crescem rapidamente, é importante para manutenção de altas taxas de crescimento e de proteção do processo metabólico, a partir do efeito tóxico de sódio. A acumulação preferencial de Na^+ e Cl^- em órgãos e tecidos menos sensíveis, é uma característica das glicófitas e está correlacionada positivamente com a tolerância a salinidade, em números consideráveis de cultivos (REIGOSA et al., 2004).

As diferenças de tolerância a salinidade entre tipos de trigo tem sido relacionado com baixas taxas de transporte de sódio das raízes para parte aérea (MUNNS et al., 2003).

6.2.4. Relações iônicas

6.2.4.1. Relação Ca/ Na

Considerando os fatores isolados, a relação Ca:Na na folha, caule e raiz, foi significativamente inferior na cultivar 14; quanto a salinidade houve efeito isolado na folha e ramo. Entre os fatores, cultivar e salinidade a relação Ca:Na foi significativa para raiz, e relação tripla para caule, Tabela 19e Figura 39 a e b, respectivamente.

Na folha a relação Ca:Na foi consideravelmente maior no tratamento não salino(0,014), decrescendo com o aumento da salinidade, Figura 39 c. No ramo, essa relação teve a mesma tendência, entretanto, os valores, em média entre as salinidades 2 a 6 dS m^{-1} (0,011) foram superiores aos encontrados na folha, Figura 39d.

Tabela 19. Quadrado médio para relação Ca/Na na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivares e teor de água no solo

Fator de Variação	GL	Ca/Na MSF	Ca/Na MSC	Ca/Na MSR	Ca/Na MSRZ
mg kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	0,00**	0,00**	0,00ns	0,00**
Umidade (U)	1	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
Salinidade(S)	3	0,00**	0,00**	0,00**	0,00**
Bloco	3	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
C*U	1	0,00ns	0,00*	0,00ns	0,00ns
C*S	3	0,00ns	0,00**	0,00ns	0,00**
U*S	3	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
C*U*S	3	0,00ns	0,00**	0,00ns	0,00ns
Médias					
C. 120		0,005 a	0,018 a	0,016 a	0,015 a
C. 14		0,004 b	0,012 b	0,014 a	0,008 b
U 50%		0,005 a	0,015 a	0,015 a	0,012 a
U 70%		0,005 a	0,015 a	0,015 a	0,011 a
C.V. (%)		23,30	20,57	43,47	45,65

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

No caule, a relação Ca:Na diminuiu com o aumento da salinidade, dentro dos teores de água no solo nas duas cultivares, e a maior relação se deu no tratamento não salino variando entre cultivares de 0,04 a 0,03; essa relação nas salinidades de 2 a 6 dS m⁻¹ na menor disponibilidade de água foi de 0,02 a 0,0009, na cultivar 120, e de 0,01 a 0,0014, na cultivar 14, respectivamente, Figura 39 b. Na maior disponibilidade de água no solo, a relação Ca:Na variou nas salinidades de 2 a 6 dS m⁻¹ de 0,02 a 0,004, na cultivar 120, e de 0,02 a 0,001 na cultivar 14, respectivamente. Em 4 dS m⁻¹, essa relação entre cultivares, nesse mesmo teor de água, foi superior na cultivar 120 (0,01), Figura 39 b.

A relação Ca:Na na raiz foi maior entre cultivares dentro de salinidade no tratamento não salino, variando de 0,022 a 0,048 nas cultivares 14 e 120, respectivamente. Com o aumento da salinidade, essa relação foi maior na cultivar 120, 0,007 em 2 dS m⁻¹ e

0,004 m^{-1} em 4 dS m^{-1} . Dessa forma, na raiz essa relação tendeu a decrescer com o aumento da salinidade Figura 39a.

As maiores relações Ca:Na deu-se no caule e ramos, entre os níveis de salinidade, 2 e 4 dS m^{-1} , e as menores na folha e raiz.

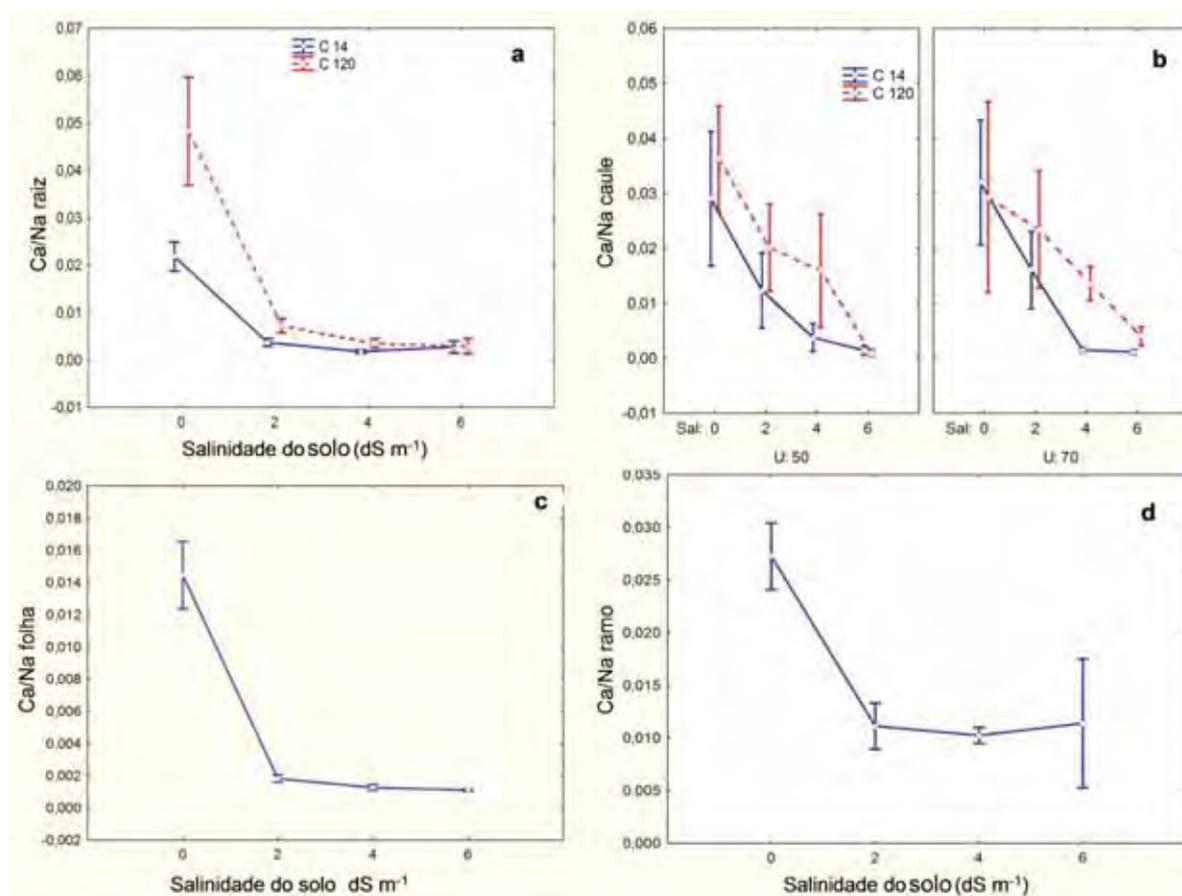


Figura 39. Relação Ca/Na na raiz (a) em função da salinidade para as cultivares; no caule (b) em função da salinidade e teor de água no solo para cultivares; na folha (c) e ramo (d) em função da salinidade.

6.2.4.2. Relação K/ Na

Considerando apenas cultivar, a relação K:Na foi significativamente menor no caule e na raiz da cultivar 14, Tabela 20. Os fatores cultivar e salinidade influenciaram a relação K:Na no caule, ramos e raiz, Tabela 20 e Figura 40.

Tabela 20. Quadrado médio para relação K/Na na massa seca de folha (MSF), massa seca de caule (MSC), massa seca de ramos (MSR), massa seca de raiz (MSRZ) em função de cultivar, teor de água no solo e salinidade e médias entre cultivares e teor de água no solo.

Fator de Variação	GL	K/Na MSF	K/Na MSC	K/Na MSR	K/Na MSRZ
mg kg⁻¹					
Cultivar (C)	1	0,00ns	0,00**	0,00ns	0,00**
Umidade (U)	1	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
Salinidade(S)	3	0,00**	0,00**	0,00**	0,01**
Bloco	3	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
C*U	1	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
C*S	3	0,00ns	0,00*	0,00**	0,00**
U*S	3	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
C*U*S	3	0,00ns	0,00ns	0,00ns	0,00ns
Médias					
C. 120		0,008 a	0,020 a	0,018 a	0,030 a
C. 14		0,007 a	0,012 b	0,016 a	0,015 b
U 50%		0,008 a	0,016 a	0,018 a	0,023 a
U 70%		0,008 a	0,016 a	0,017 a	0,022 a
C.V. (%)		36,48	31,87	34,94	44,24

* significativo 0,05; ** significativo 0,01; ns não significativo. Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na folha, a relação K:Na, considerando salinidade, foi maior no tratamento não salino (0,25), havendo decréscimo com o aumento das concentrações salinas, Figura 40 a.

A relação K:Na no caule foi maior em ambas cultivares dentro de salinidade, no tratamento não salino. Entre 2 e 4 dS m⁻¹, essa relação foi maior na cultivar 120 (0,023 e 0,015). Na cultivar 14, entre 2 e 6 dS m⁻¹, a relação K:Na foi de 0,011 a 0,0009, respectivamente, sendo então essa relação decrescente com o aumento da salinidade, Figura 40 b.

No ramo, a relação K:Na dentro de salinidade, decresceu nas cultivares com o aumento da salinidade, porém, a cultivar 14 tendeu aumentar essa relação na maior salinidade (6 dS m⁻¹), Figura 40 c. Na raiz, entre cultivares dentro de salinidade, a relação

K:Na foi maior na cultivar 120, no tratamento não salino, e na salinidade de 2 ds m^{-1} , havendo decréscimos com o aumento da salinidade, em ambas cultivares, Figura 40 d.

Uma menor concentração de sódio na parte aérea ao invés de maior concentração de potássio é considerado como principal mecanismo que contribui para uma maior tolerância a salinidade em plantas submetidas a tal estresse. Aqui, observou-se o contrário, porém, mesmo havendo decréscimos na relação K:Na, houve uma tendência dessa relação ser maior na cultivar 120. Como também, observou-se maiores relações K:Na no caule, ramos e raiz com o aumento da salinidade do solo.

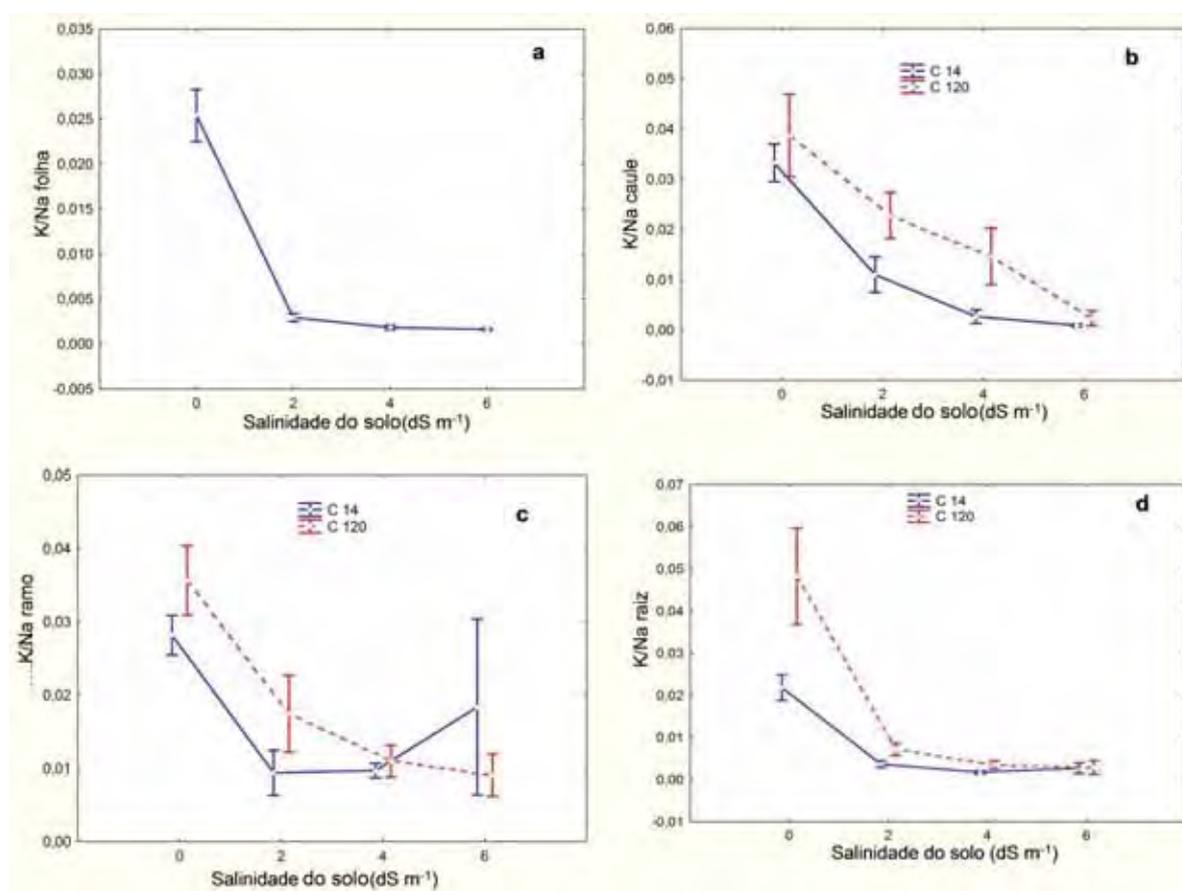


Figura 40. Relação K/Na na folha, em função de salinidade (a); no caule (b), ramo (c) e raiz (d) em função da salinidade nas cultivares.

6.2.5. Características do solo

Os valores da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) ao final do experimento, tiveram ligeiro aumento quando comparados aos níveis iniciais (pré-definidos) de salinidade do solo (0,0 e 2,0 dS m⁻¹) em ambas cultivares e teores de água no solo. Entretanto, com o aumento dos níveis de salinidade (4 e 6 dS m⁻¹) esses valores tenderam a decrescer. Observou-se que entre cultivares nos diferentes teores de água, os valores de salinidade do solo final foram similares, Tabela 21. O aumento da salinidade quando comparado nos menores níveis de salinidade do solo, podem ser associado à aplicação de fertilizantes no solo. Os decréscimos, provavelmente, deve ter ocorrido em pequena parte, por percolação por meio da aplicação de irrigação, consumo de nutrientes pelas plantas, como também, precipitação dos sais, seja por reações químicas ou por atingir limites de solubilidade na solução do solo.

Tabela 21. Valores médios de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do ciclo (CEesf), nas diferentes cultivares (C1 e C2) e teores de água no solo (U50 e U70), comparadas a condutividade elétrica do extrato do solo no início do ciclo (CEesi)

CEesi (dS m ⁻¹)	CEesf (dS m ⁻¹)			
	C1U50	C1U70	C2U50	C2U70
0,0	1,5	1,9	2,4	1,4
2,0	2,5	2,5	2,1	2,7
4,0	3,0	3,2	3,0	3,1
6,0	4,8	3,5	4,4	4,3

7. CONCLUSÕES

As cultivares tiveram seu crescimento afetado pela salinidade à medida que aumentou o tempo de exposição ao estresse.

Dos índices de crescimento a massa seca e a área foliar foram às melhores indicadoras do estresse imposto. As cultivares tiveram sua área foliar reduzidas quando submetidas a menor disponibilidade de água no solo nas maiores concentrações salinas.

O teor relativo de água e potencial hídrico foliar em ambas cultivares diminuiu em função do estresse imposto, porém, não são considerados críticos para cafeeiro.

Os teores de N no (ramo e caule), K (folha, caule e raiz), Mg (folha, caule e ramo), B (raiz), cobre (raiz e ramo), Fe (raiz, caule e folha), Mn (folha, caule e ramos), Zn (ramos e raiz) e Na (Folhas e caules) foram os índices que mais se destacaram quanto a identificação de diferença entre as cultivares em resposta ao estresse salino e hídrico. Sendo os teores foliares de magnésio, ferro e manganês os mais influenciados. A exclusão do sódio não foi evidente, pelo fato de ter ocorrido maiores concentrações nos sítios metabolicamente ativos.

No conjunto das características analisadas, a cultivar 120 se apresentou moderadamente tolerante a salinidade.

8. REFERENCIAS

ALFONSI, E. L. et al. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de Coffea com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.1-13, 2005.

ALMEIDA, S. M. Z. et al. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera:** introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba: ESALQ, 2002. 272 p.

AQUINO A. J. S. et al. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, p. 961-971, 2007.

ARAÚJO, G. L. et al. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de Conilon. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 115-124, 2011.

AVELLAR A. O.; FREITAS, J. V. dos S. Transformações na cafeicultura do Espírito Santo e o papel do Incaper. In: ENCONTRO DE ECONOMIA NO ESPÍRITO SANTO, 1., 2010. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://encontroeconomias.weebly.com/anais-eletrocirnicos.html>>. Acesso em: 9 nov. 2011.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Inhibition of photosynthesis by carbohydrates in wheat leaves. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 681-686, 2003.

BARRETO, L. P. **Estudo nutricional e bioquímico do sorgo (*Sorghum bicolor* L.)**. 1997. 179 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Rural de Pernambuco, Recife, PE, 1997.

BARROS, R. S. et al. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L. cv “Bourbon Amarelo”). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.

BELING, R. R. **Anuário brasileiro do café 2005**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2005. 88 p.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BERNSTEIN, L. Effects of salinity and sodicity on plant growth. In: AQUINO, A. J. S. (Org.). **Avaliação do crescimento e de mecanismos de tolerância a salinidade em plantas de sorgo forrageiro irrigadas com água salina**. 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

BERTHAUD, J. L. Incompatibilitê chez *Coffea canephora*. In: FERRÃO, M. A. G. et al. (Orgs.). **Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora***. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

BINZEL, M. L. et al. Adaptation of tobacco cells to NaCl. **Plant Physiology**, Rockville, v. 79, p. 118-125, 1980.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSEN, E. (Org.). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997. p. 57-70.

BLUM, A.; SULLIVAN, C. Y. The comparative drought resistance of land races of sorghum and millet from dry and humid regions. **Annals of Botany**, London, v. 57, p. 835-846, 1986.

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. 2005. 99 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

BRAGANÇA, S. M.; PREZOTTI, L. C.; LANI, J. A. Nutrição do cafeeiro Conilon. In: FERRÃO, G. F. et al (Orgs.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. (Eds.). **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. chap. 22, p. 1158-1203.

CARVALHO, A. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie arábica. **Boletins da Superintendência de Serviços de Café**, Campinas, dez. 1945 a abr.1946. 42 p.

CATSKY, J. Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. **Biologia Plantarum**, Ithaca, v. 2, p. 76-78, 1960.

CAVALCANTI, A. T. et al. Estudo comparativo das relações hídricas entre mudas enxertadas de cajueiro anão precoce clone CCP76 sobre porta-enxertos CCP06 e CCP09. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2001.

CAVETTE, P. C. **Morfologia, relações hídricas e fotossíntese em duas cultivares de *coffea canephora* submetidas ao déficit hídrico**. 2009. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M. N.; WILLSON, K. C. (Eds.). **Coffee: agronomy**. London: Elsevier, 1998. p. 167-195.

CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 86, p. 247-260, 2000.

CHAVES, M. M. et al. How plants cope with stress in the field: photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, London, v. 89, p. 907-916, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2011, terceira estimativa, setembro/2011**. Brasília, DF, 2011. 22 p.

CONILON Brasil 2011. Disponível em: <<http://www.conilonbrasil.com.br>>. Acesso em: 19 nov. 2011.

CORDEIRO, G. G. **Salinidade em agricultura irrigada**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 38 p.

COSTA, P. H. et al. Crescimento em níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.2, n. 6, p. 289-297, 2003.

CRAMER, G. R.; ALBERICO, G. J.; SCHIMIDT, C. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 21, p. 675-692, 1994.

CUNHA, A. R. da; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

DAKER, A. **Hidráulica aplicada à agricultura: a água na agricultura**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1987. v 1, 316 p.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 18, p. 55-81, 2006.

DAMATTA, F. M. et al. **Eficiência do uso da água e tolerância à seca em *Coffea canephora***. Disponível em: <<http://www.sapc.embrapa.br/index.php/i-simposio-de-pesquisas-dos-cafes-do-brasil/?orderby=4&page=16>>. Acesso em 10 nov. 2010.

DANTAS, J. P. et al. Avaliação de genótipos de feijão-de-corda sob salinidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 425-430, 2002.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS E. F.; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro Conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 1-14, 2009.

DARDENGO, M. C. J. D. **Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro Conilon**. 2006. 57 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

DUSSERT, S. et al. Le cafeir *Coffea canphora*. In: HAMON, P. et al. (Eds.). **Diversité génétique des plantes tropicales cultivées**. Montpellier: CIRAD, 1999. p.175-194.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 401 p.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v.12, n. 4, p. 662-679, 2008.

FAGERIA, N. K. Tolerance of rice cultivars to salinity. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, p. 281-288, 1991.

FAROOQ, M. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, Avignon, v. 29, p. 185-212, 2009.

FARIA, F. H. S. et al. Efeito de parcelamento da fertirrigação com N e K e salinidade do solo no crescimento inicial de cultivares de cafeeiro. **Irriga**, Botucatu, v.14, n.2, p. 145-157, 2009.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 33, p. 317-345, 1982.

FAVARIN, J. L. **A cultura do cafeeiro**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 45 p.

FAZUOLI, L. C. et al. Café robusta: uma nova opção para cafeicultura paulista. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 71-74, 2007.

FAZUOLI, L. C. Genética e melhoramento do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Eds.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafos, 1986. p. 87-106.

FERRÃO, M. A. G. et al. Origem, dispersão geográfica, taxonomia e diversidade genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, G. F. et al (Orgs.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.

FERRÃO, R. G. et al. Robustão Capixaba, variedade clonal de café conilon tolerante à seca, desenvolvida para Estado do Espírito Santo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, n. 273, p. 555-560, 2000a.

FERRÃO, R. G. et al. Robusta tropical: variedade melhorada de café Conilon de propagação por sementes para o Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2000b. p. 413.

FERREIRA, R. G.; TAVORA, F. J. A. F.; HERNANDES, F. F. F. Distribuição da matéria seca e composição das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 79-88, 2001.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. SISVAR 4. 1. pacote computacional.

FIGUEIRÊDO, V. B.; FARIA M. A. de; SILVA, E. L. da. Crescimento inicial do cafeeiro irrigado com água salina e salinização do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 50-57, 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Extent and causes of salt-affected soils in participating countries**. Land and plant nutrition management service. 2009. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/topic2.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2009.

GARCIA, G. O. et al. Teores foliares dos macronutrientes catiônicos e suas relações com o sódio em plantas de milho sob estresse salino. **Idesia**, Arica, v. 25, p. 93-106, 2007.

GASPAR, T. et al. Concepts in plant stress physiology: application to plant tissue cultures. **Plant Growth Regulation**, Saint Paul, v. 37, p. 263-285, 2002.

GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G. FERNANDES, P. D. Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. (Eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFPE, 2005. p.138-154.

GRATTAN, S. R.; GRIEVE, C. M. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop stress**. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1999. chap. 9, p. 203-229.

GULZAR, S.; KHAN, M. A.; UNGAR, L. A. Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, p. 2595-2605, 2003.

HASEGAWA, P. et al. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 51, p. 463-499, 2000.

HOLANDA, J. S. et al. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Orgs.). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010. p. 43-61.

HU, Y.; SCHMIDHALTER, U. Drought and salinity: a comparison of their effects on mineral nutrition of plant. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Berlin, v. 168, p. 541-554, 2005.

KARASAWA, S. et al. Desenvolvimento aéreo da muda do *Coffea arabica* L. submetido à irrigação com água salina. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café. 2003a.

KARASAWA, S. et al. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigados com água salina. **Revista de Engenharia Rural**, Jaboticabal, p. 1-12, 2003b. Volume único.

KARASAWA, S. et al. Resposta da muda do *Coffea arábica* L. submetido à irrigação com água salina. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA Café, 2003c. p. 148.

KORYO, H-W. Study of potential cash crop halophytes in a quick check system task. **Science**, Varanasi, v. 38, p. 5-17, 2003.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LEÃO, D. A. S. et al. Estado nutricional de sorgo cultivado sob estresse hídrico e adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 74-79, 2011.

LEE, D. W.; BREMMEIER, S.; SMITH, A. P. The selective advantage of anthocyanins in developing leaves of mango and cacao. **Biotropica**, Washington, DC, v. 19, p. 40-49, 1987.

LIMA, L. A. Efeito de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. M. (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura**. Campina Grande: UFPB; SBEA, 1997. p. 113-136.

LUCENA, C. C. **Crescimento vegetativo, absorção de nutrientes e trocas gasosas em mangueiras submetidas ao estresse salino**. 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

MAEDA, S.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. Efeito da salinidade em características biométricas e na nutrição de *Pinus taeda* em neossolo litólico húmico. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, p. 51-59, 2010.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308 p.

MALAVOLTA, E. et al. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 1017-1022, 2002.

MANTOVANI, E. C. et al. Crescimento de cafeeiros em casa de vegetação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. p. 15-16.

- MATIELLO, J. B. **Café Conilon**: como plantar, tratar, colher, preparar e vender. Rio de Janeiro: MM Produções Gráficas, 1998. 162 p.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: novo manual de recomendações. Varginha: Procafé, 2002. 387 p.
- MATIELLO, J. B. Evolução da salinidade e comportamento do cafeeiro em área irrigada por gotejamento em Brejões, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 25., 1999, Franca. **Anais...** Franca: CP&D, 1999. p. 185.
- MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 403-415, 1987.
- MELONI, D. A. et al. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 599-612, 2001.
- MIRISOLA FILHO, L. A. **Tolerância de sete variedades de mangueira ao estresse salino**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.
- MONTAGNON, C. T. Genetic parameters of several biochemical compounds from Green coffee, *Coffea canephora*. **Plant Breeding**, Berlin, v. 117, p. 576-578, 1998.
- MONTAGNON, C. **Optimisation des gains génétiques dans le schéma de sélection récurrente réciproque de *coffea canephora* Pierre**. 2000. 139 f. Tese (Doutorado Melhoramento de plantas)-Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 2000.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, R.; TESTER M., Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 651-681, 2008.

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

MUNNS, R.; JAMES, R.A. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. **Plant Soil**, New York, n. 253, p. 201-218, 2003.

MUSSI, L. **Eficiência fotodinâmica das protoporfirinas IX de magnésio e zinco**. 2003. 73 f. Dissertação (Mestrado em Química)-Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NAM, N. H. et al. Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 136, p. 179-189, 2001.

NASCIMENTO, A. K. S.; et al. Porta enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 2, p. 99-103, 2010.

NAZÁRIO, A. A. et al. Crescimento do cafeeiro conilon irrigado com água salina. **Engenharia ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 5, p. 178-195, 2010.

NEUMANN, P. M. et al. Salinity stress inhibits bean leaf expansion by reducing turgor, not wall extensibility. **Plant Physiology**, Rockville, v. 88, p. 233-237, 1997.

NIU, X. et al. Ion homeostasis in NaCl stress environments. **Plant Physiology**, Rockville, v. 109, n. 5, p. 735-742, 1995.

OLIVEIRA, A. F. et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.1, p. 37-45, 2011.

ORCUTT, D. M.; NILSEN, E. T. **Physiology of plants under stress**. New York: John Willey, 2000. 696 p.

PAIVA, R.; OLIVEIRA, L. M. **Fisiologia e produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2006. 104 p.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.60, p. 324-349, 2005.

PARIDA, A. K. et al. Effects of salt on growth, ion accumulation photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. **Trees**, Berlin, v. 1, p. 167-174, 2004.

PASSIOURA, J. B. Drought and drought tolerance. In: BELHASSEN, E. (Ed.). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis**. Dordrecht: Kluwer, 1997. p. 1-5.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PEIXOTO, C. P. **Curso de fisiologia vegetal**. Cruz das Almas: UFRB, 2011. 177 f.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica: UFRural, 2004. 192 p.

PIMENTEL, C. et al. Estresse hídrico em cultivares de *Phaseolus vulgaris* L. em simbiose com o *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. **Turrialba**, San José, v. 40, p. 520-526, 1990.

PINHEIRO, H. A.; et al. **Alterações na fotossíntese e nos teores de pigmentos cloroplastídeos em plântulas de mamonas cultivadas sob condições de salinidade**. Disponível em: <<http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/agricultura/AlteracoesFotosintese.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. 2010.

PINHEIRO, H. A. et. al. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. **Plant Science**, Shannon, v. 167, p. 1307-1314, 2004.

PINHEIRO, H. A. et al. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, London, v. 96, n. 1, p. 101-108, 2005.

PINHEIRO, H. A. et al. Alterações na fotossíntese e nos teores de pigmentos cloroplastídeos em plântulas de mamonas cultivadas sob condições de salinidade. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: MCT/ABIPTI, 2006. Não paginado.

PITMAN, M. G. Ion uptake by plant roots. In: LUTTGE, U.; PITMAN, M. G. (Eds.). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer-Verlag, 1981. v. 2, p. 95-128.

PRADO, R. M.; NASCIMENTO, V. M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. Ilha Solteira: UNESP, 2003. 273 p.

PRAXEDES, S. C. **Efeito do déficit hídrico no metabolismo fotossintético de clones de (*Coffea canephora* cv conilon) com tolerância diferencial à seca**. 2003. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

PRAXEDES, S. C. et al. Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. Kouillou) leaves. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 56, p. 263-273, 2006.

PRISCO, J. T. Alguns aspectos da fisiologia do estresse salino. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 2, p. 85-94, 1980.

RAMALHO, A. R. **Café Conilon BRS Ouro Preto**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2008. 1 CD-ROM.

RAMALHO, A. R. et al. Progresso genético com a seleção de clones de conilon no estado de Rondônia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/901343/1/andre1.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2011.

REDDY, A. R. et al. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. **Journal of Plant Physiology**, Munich, v. 161, p. 1189-1202, 2004.

REIGOSA, M. J. et al. **La ecofisiologia vegetal: una ciencia de síntesis**. Madrid: Thomson, 2004. p.303-331.

REIS JUNIOR, R. dos; MARTINEZ, H. E. P. Adição de Zn e absorção, translocação e utilização de Zn e P por cultivares de cafeeiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 537-542, 2002.

RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 26-40, 1985.

RHOADES, J. D. et al. **The use of saline waters for crop production**. Rome: FAO, 1992. (Irrigation and drainage paper, 48). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/t0667e/t0667e00.htm>>. Acesso em: 3 ago. 2009.

RICHARDS, L. A. **Diagnóstico y realitaci3n de suelos salinos y s3dicos**. 6. ed. México: Limusa, 1980. 160 p.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiol3gicos do caf3 conilon. In: FERR3O, G. F. et al. (Orgs.). **Caf3 Conilon**. Vit3ria: Incaper, 2007. p. 67-91.

SAIRAM, R. K.; TYAGI, A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. **Current Science**, Bangalore, v. 86, n. 3, p. 407-421, 2004.

SANTOS, A. B. **Caracteriza3o fisiol3gica e molecular da toler3ncia 3 seca e sua rela3o com o sistema radicular em esp3cies de *Coffea***. 2009. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)-Instituto de Biologia, Campinas, 2009.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. D3ficit h3drico e os processos morfol3gicos e fisiol3gicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agr3cola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 103, p. 93-99, 2004.

SAUSEN, T. L. **Respostas fisiol3gicas de *Ricinuns communis* 3 redu3o da disponibilidade h3drica no solo**. 87 f. Disserta3o (Mestrado Fisiologia Vegetal)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007.

- SCHOLANDER, P. F. et al. Hydrostatic pressure and osmotic potentials in leaves of mangroves and some other plants. **Proceedings of the National Academy Science**, New York, v. 51, p. 119-125, 1965.
- SERRANO, L. A. L.; SILVA, V. M. da; FORMENTINI, E. A. Uso de compostos orgânicos no plantio do cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 58, n. 1, p. 100-107, 2011.
- SHARMA, P. K.; HALL, D. O. Interaction of salt stress and photoinhibition on photosynthesis in barley and sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v.138, n. 5, p. 614-619, 1991.
- SHARPLEY, A. N. et al. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 21, p. 30-35, 1992.
- SILVA, J. G. F. da; REIS, E. F. dos. **Irrigação do cafeeiro conilon**. In: FERRÃO, G. F. et al (Orgs.). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 67-91.
- SILVA, A. M. et al. Comportamento fisiológico de cafeeiro sob diferentes condições hídricas e seu efeito na produção. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. p. 66-71.
- SILVA, V. A. et al. Resposta fisiológica de clone de café conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 45, n. 5, p. 457-464, 2010.
- SILVA JUNIOR, G. S. **Respostas biométricas, ecofisiológicas e nutricionais em genótipos diplóides de bananeira (*Musa spp*) submetidos à salinidade**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado em Botânica)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.
- SILVEIRA, J. A. G.; et al. Mecanismos envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. (Ed.). **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal. 2010. p. 161-180.
- SILVEIRA, J. S. M.; CARVALHO, C. H. S. Efeito da época de irrigação sobre o crescimento do ramo plagiotrópico e da longevidade foliar do café conilon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. **Trabalho apresentados...** Águas de Lindóia: SDR/Procafé/Embrapa, 1996. p. 99-100.

SONG, S. Q.; LEI, Y. B.; TIAN, X. R. Proline metabolism and cross-tolerance to salinity and heat stress in germinating wheat seeds. **Russian Journal of Plant Physiology**, Moscow, v. 52, n. 6, p. 897-904, 2005.

STATSOFT INCORPORATION. **STATISTICA** (data analysis software system). São Caetano do Sul, 2007. Version 8.0.

SULTANA, N.; IKEDA, T.; ITOH, R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.42, n.3, p.211-220, 1999.

SYKES, S.R. The inheritance of salt exclusion in woody perennial fruit species. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 146, p. 123-129, 1992.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Artmed, Porto Alegre, 2009.819 p.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Artmed, Porto Alegre, 2006. 819 p.

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TANG, A.C. Photosynthetic oxygen evolution at low water potential in leaf discs lacking an epidermis. **Annals of Botany**, Oxford, v. 89, p.861-870, 2002.

VERNA, T.S.; NEUE HU. Effect of Soil salinity level and zinc application on growth, yield and nutrient composition of rice. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 82, p.3-14, 1984.

VERSLUES, P.E.; et al. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **The Plant Journal**, Oxford, v. 45, p. 523-539, 2006.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. **Aspectos fisiológicos do estresse salino em plantas**. In: NOGUEIRA, R.J. M. C.; ARAÚJO, E. DE L.; WILLADINO, L.; CAVALCANTE, U. M. T. (eds). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: MXM. part. 2, cap. 10, p. 118-126.

WILLADINO L. CAMARA T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010. 23 p.

WORKU, M.; ASTATKIE, T. Dry matter partitioning and physiological responses of *Coffea arabica* varieties to soil moisture deficit stress at the seedling stage in southwest Ethiopia. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v. 5, n. 15, p. 2066-2072, 2010.

WU, F. et al. Effects of drought stress and N supply on the growth, biomass partitioning and water-use efficiency of *Sophora davidii* seedlings. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 63, p. 248-255, 2008.

XU, H. et al. Chlorophyll *b* can serve as the major pigment in functional photosystem II complexes of cyanobacteria. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, DC, v. 98, n. 24, p. 14168-14173, Nov. 2001.

ZHU, J. K. Plant salt stress. In: **ENCYCLOPEDIA of life sciences**. Chichester: John Wiley, 2007. p. 1-3.

ZUAZO, V. H. D. et al. Impacto da salinidade sobre macro e micronutrientes na absorção de manga (*Mangifera indica* L. cv Osten.). **Jornal Espanhol de Pesquisa Agropecuária**, Madrid, v. 2, n. 1, p. 121-133, 2004.