



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA- SOLOS E NUTRIÇÃO DE
PLANTAS

ESDRAS ROCHA DA SILVA

METAIS PESADOS EM ÁGUAS E EM SOLOS CULTIVADOS COM COQUEIRO NO
PERÍMETRO IRRIGADO CURU-PENTECOSTE, CEARÁ

FORTALEZA/CEARÁ

2015

METAIS PESADOS EM ÁGUAS E EM SOLOS CULTIVADOS COM COQUEIRO NO
PERÍMETRO IRRIGADO CURU-PENTECOSTE, CEARÁ

ESDRAS ROCHA DA SILVA

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Solos e Nutrição de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar.

FORTALEZA - CEARÁ

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- S578m Silva, Esdras Rocha da.
Metais pesados em águas e em solos cultivados com coqueiro no perímetro irrigado Curu-
Pentecoste, Ceará / Esdras Rocha da Silva. – 2015
74 f.: il. color.; enc.; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Ciências do Solo, Programa de Pós Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição
de Plantas, Fortaleza, 2015.
Área de Concentração: Química do solo
Orientação: Prof. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar
1. Metais pesados – aspectos ambientais - Ceará. 2. Água - poluição. 3. Solos - análise. I.
Título.

ESDRAS ROCHA DA SILVA

METAIS PESADOS EM ÁGUAS E EM SOLOS CULTIVADOS COM COQUEIRO NO
PERÍMETRO IRRIGADO CURU-PENTECOSTE, CEARÁ

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Solos e Nutrição de plantas.

Aprovado em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Maria Eugenia Ortiz Escobar (Orientadora)

Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Teógenes Senna de Oliveira (Examinador)

Universidade Federal de Viçosa - UFV

Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez (Examinador)

Universidade Federal do Ceará - UFC

A Deus.

Aos meus pais e aos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela fé, pela vida e pela oportunidade de aprender um pouco mais.

Aos meus pais, pelo amor e dedicação à nossa família durante toda minha vida e por me ensinar o caminho da Verdade.

Aos meus irmãos, pela amizade, companheirismo e por sempre estarem ao meu lado.

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de garantir minha formação e qualificação profissional e às instituições de fomento (FUNCAP e CAPES/REUNI) pela concessão de bolsa de pesquisa durante a realização do mestrado.

A minha orientadora, professora Maria Eugênia, pelos ensinamentos repassados durante a minha formação e pelas orientações durante esta pesquisa.

Ao professor Teógenes, que de prontidão aceitou o convite para fazer parte da banca, pelos seus conhecimentos e pela disponibilização dos Laboratórios da UFV para a análise de metais pesados.

Ao professor Fernando, que também sempre se dispôs a me ajudar nos momentos de dúvida, pelos seus conhecimentos, sua sabedoria e pelo suporte durante as análises de laboratório.

Aos outros professores do Departamento de Ciências do Solo, pelos ensinamentos.

Ao grande amigo e colega Erivan, pela amizade e companheirismo em cada momento na execução deste projeto.

Aos outros amigos e colegas da UFC: Alcione, Anderson Rodrigues, Azevedo, Crisanto, Diego, Eder, Edineide, “Faby”, “Gabi”, Isabel, Jackson, Juliana, Mirela, Roberto, Saialy, Sâmia, Thiago, “Zé” Filho e a todos que eu, porventura, tenha esquecido de mencionar aqui, que tenham contribuído, direta ou indiretamente para este trabalho e/ou para minha formação. Obrigado pela amizade, pelo suporte e momentos de descontração.

Aos funcionários da FUNCEME e a todos da Secretaria do Departamento de Ciências do Solo pela prestabilidade.

Ao Seu José Alfredo, diretor da Fazenda Experimental do Vale do Curu durante a época de coleta das amostras, por nos recepcionar e auxiliar durante a escolha das áreas.

Aos agricultores do Perímetro Irrigado, por disponibilizarem suas áreas para a coleta das amostras de solo e água.

A todos que me ajudaram, direta ou indiretamente, com seus conhecimentos, conselhos, sugestões, críticas, orações ou de alguma outra forma na execução desse projeto. A todos que eu tenha esquecido de mencionar aqui. Muito obrigado! Deus abençoe a todos!

"Escrever é sempre um ato solitário, mas a produção de ideias ganha sentido ao transformar-se em um ato coletivo." Berenice Rojas Couto.

RESUMO

Os metais pesados são elementos constituintes da crosta terrestre que ocorrem no solo, principalmente, por meio do intemperismo de rochas, podendo apresentar toxicidade mesmo em pequenas concentrações. Pesquisas referentes a metais pesados nos ecossistemas têm indicado altos teores em locais próximos a áreas sob atividade antrópica, promovendo contaminação. Portanto, a partir de processos naturais e/ou atividades ligadas à agricultura, metais podem estar presentes em águas superficiais, águas subterrâneas e também no solo. Este estudo buscou informações acerca dos teores de metais pesados em solos cultivados com coqueiro do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, Ceará. Foram coletadas 3 amostras compostas de solo em áreas agrícolas e nativas nas camadas de 0 – 0,20 m e 0,60 – 0,80 m. Também foi avaliada a qualidade das águas de irrigação e dreno. Para a caracterização foram feitas análises físicas, químicas e de metais pesados em solo (teores semitotais e fracionados) e água (As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn). Os resultados analíticos foram avaliados por estatística descritiva. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de *Scott-Knott* ($P < 0,05$) utilizando o programa Assistat 7.7. Os resultados analíticos foram avaliados por análises de correlação de Pearson ($P < 0,05$), estimando as correlações entre as variáveis. Da mesma forma, foi realizada análise fatorial por componentes principais. Apesar da possibilidade de parte dos metais nas áreas agrícolas serem oriundos dos insumos agrícolas utilizados não é possível afirmar tal fato, podendo isto estar relacionado a outros fatores. Os teores semitotais de As, Cr, Ni, Pb e Zn (com exceção de Cu em algumas áreas), foram inferiores aos valores de prevenção do CONAMA, indicando que não provocam alterações prejudiciais à qualidade do solo. O fracionamento indicou que grande parte dos teores de Cr, Cu, Fe, Mn e Zn estão ligados às frações oxídicas, orgânicas e residuais, conferindo-lhes menor disponibilidade e mobilidade. O Pb e o Ni apresentaram-se bem distribuídos entre as frações, porém, na fração trocável, estão presentes em pequenas concentrações. As análises de água indicaram níveis adequados para pH, Ca, Mg, K e P, porém níveis elevados para HCO_3 , segundo critérios internacionais, indicando restrição moderada ao uso (devido à CE, RAS, Na e Cl). Os teores de Fe e Ni não foram detectados, mas As, Cr, Pb e Zn indicaram concentrações aceitáveis, demonstrando, contudo, contaminação para o Cu (todas as áreas) e Mn (água drenada em A4).

Palavras-Chave: Insumos agrícolas, Toxicidade, Qualidade ambiental.

ABSTRACT

Heavy metals are components of the earth crust, occur in soil primarily through weathering of rocks and can be toxic even in small concentrations. Researches related to heavy metals in ecosystems have indicated high levels at sites near areas under anthropogenic activity, promoting contamination. Therefore, metals may be present in surface waters, underground waters and soil as a result of natural processes and / or activities related to agriculture. This study has sought information about the heavy metal content in soils under coconut cultivation at Curu-Pentecoste Irrigated Perimeter, in the State of Ceará, Brazil. Three composite soil samples were collected from agricultural and native forest areas at different depths (0 – 0.20 m and 0.60 - 0.80 m depth). The quality of irrigation water and drain water was evaluated. It was performed physical, chemical and heavy metals analysis in soil (total and fractionated contents) and water (As, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn). The analytical results were evaluated by descriptive statistics. Data were subjected to analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test ($P < 0.05$) using the Assistat 7.7 program. The analytical results were evaluated by Pearson correlation analysis ($P < 0.05$), estimating the correlations between variables. Likewise, factor analysis was performed by the principal components analysis. Despite the possibility of the metals in agricultural areas being derived from agricultural inputs, it is not possible to prove it, and this may be related to other factors. The total content of As, Cr, Ni, Pb and Zn (except for Cu in some areas), were lower than those of CONAMA prevention values, indicating that these metals do not cause harmful changes to soil quality. Fractionation analysis indicated that most of the Cr, Cu, Fe, Mn and Zn are bonded to oxidic, organic and residual fractions, giving them lower availability and mobility. Pb and Ni are well-distributed between fractions, however, at exchangeable fraction, these metals are present in small concentrations. Water analysis indicated adequate levels of pH, Ca, Mg, K and P, but higher levels of HCO_3 , according international standards, indicating moderate restriction of use (due to EC, SAR, Na and Cl). The Ni and Fe contents were not detected, but the metals Cr, Pb and Zn indicated acceptable contents, showing, however, Cu (all agricultural areas) and Mn contamination (in drained water of the A4 area).

Keywords: Agricultural Inputs, Toxicity, Environmental Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Teores semitotais de Cromo (Cr) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....32
- Figura 2 – Fracionamento de Cromo (Cr) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....33
- Figura 3 - Teores semitotais de Cobre (Cu) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....34
- Figura 4 - Fracionamento de Cobre (Cu) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....36
- Figura 5 - Teores semitotais de Ferro (Fe) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....37
- Figura 6 - Fracionamento de Ferro (Fe) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....39
- Figura 7- Teores semitotais de Manganês (Mn) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE. ..41
- Figura 8 - Fracionamento de Manganês (Mn) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE. ..42
- Figura 9 - Teores semitotais de Níquel (Ni) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....44
- Figura 10 – Fracionamento de Níquel (Ni) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....45
- Figura 11- Teores semitotais de Chumbo (Pb) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE. ..46
- Figura 12 - Fracionamento de Chumbo (Pb) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....48
- Figura 13 - Teores semitotais de Zinco (Zn) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....49
- Figura 14 - Fracionamento de Zinco (Zn) nas camadas de 0 – 20 cm e 60 – 80 cm, em áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....51

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Caracterização física e química das amostras de solo nas camadas de 0 - 20 cm e 60 - 80 cm das áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....24
- Tabela 2 - Faixa de concentração e teor médio de metais pesados certificados (NIST SRM 2709 San Joaquin soil) pela U.S. Department of Commerce, utilizados nas análises das áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....29
- Tabela 3 - Limite de Detecção (LD) e Limite de Quantificação (LQ) obtidos por ICP – OES a partir das análises dos teores semitotais das áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.30
- Tabela 4 - Coeficientes de correlação linear de Pearson entre os teores semitotais de metais e os atributos do solo das áreas cultivadas com coco e áreas de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....53
- Tabela 5 - Eixos fatoriais extraídos para atributos do solo e metais pesados das áreas cultivadas com coco e de mata nativa do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE, com as respectivas cargas fatoriais, autovalores, variância total e variância acumulada.....58
- Tabela 6 - Concentração média de pH, condutividade elétrica (CE), potássio (K), fósforo (P), sódio (Na), cloreto (Cl⁻), bicarbonato (HCO₃⁻), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e razão de adsorção de sódio (RAS) em águas de irrigação e de dreno do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....59
- Tabela 7 - Teores médios de arsênio (As), cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn), chumbo (Pb) e zinco (Zn) em águas de irrigação do Perímetro Irrigado Curu-Pentecoste, CE.....62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 ESTUDOS COM METAIS PESADOS	14
2.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	16
2.3 INSUMOS AGRÍCOLAS COMO AGENTES CONTAMINANTES	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	19
3.2 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	20
3.3. AMOSTRAGEM.....	22
3.4. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	23
3.5. ANÁLISE DE METAIS PESADOS NO SOLO	25
3.5.1. Método de extração e fracionamento.....	25
3.5.2. Método analítico usado para a determinação dos metais pesados.....	27
3.6. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	27
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
3.7.1 Teste de Média.....	28
3.7.2 Análise Multivariada	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1. MATERIAIS DE REFERÊNCIA.....	29
4.2 TEORES SEMITOTAIS E FRACIONADOS DE METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS DE SOLO	30
4.2.1 Cromo (Cr)	31
4.2.2 Cobre (Cu).....	34
4.2.3 Ferro (Fe)	36
4.2.4 Manganês (Mn).....	39
4.2.5 Níquel (Ni).....	43
4.2.6 Chumbo (Pb).....	46
4.2.7 Zinco (Zn)	49
4.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PEARSON	52
4.4 ANÁLISE FATORIAL POR COMPONENTES PRINCIPAIS.....	57
4.5 ANÁLISE DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	58
5 CONCLUSÕES.....	63
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64