

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA

ELEMENTOS-TRAÇO EM SOLOS AGRÍCOLAS DE RIO
VERDE- GOIÁS

Autora: Héryka Lima Martins Miranda
Orientador: Dr. Rafael Marques Pereira Leal

RIO VERDE – GO
Outubro - 2016

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA

ELEMENTOS-TRAÇO EM SOLOS AGRÍCOLAS DE RIO
VERDE- GOIÁS

Autora: Héryka Lima Martins Miranda
Orientador: Dr. Rafael Marques Pereira Leal

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM AGROQUÍMICA, no Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração Agroquímica Ambiental.

Rio Verde – GO
Outubro – 2016

Miranda, Héryka Lima Martins
M672e Elementos-traço em solos agrícolas de Rio Verde - Goiás./ Héryka Lima
Martins Miranda Rio Verde. - 2016.
45 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agroquímica) – Instituto Federal
Goiano – Campus Rio Verde, 2016.

Orientador: Dr. Rafael Marques Pereira Leal.

Bibliografia

1. Elementos-traço. 2. Potencialmente tóxico. 3. Qualidade ambiental. 4. Solos agrícolas. I. Título. II. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

CDD: 631.4

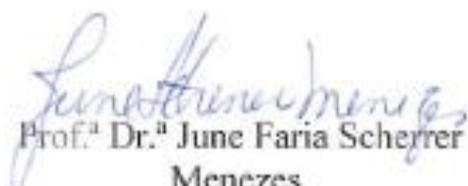
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA

**ELEMENTOS-TRAÇO EM SOLOS AGRÍCOLAS
DE RIO VERDE, GOIÁS.**

Autora: Héryka Lima Martins Miranda
Orientador: Rafael Marques Pereira Leal

TITULAÇÃO: Mestre em Agroquímica – Área de concentração
Agroquímica.

APROVADA em 27 de outubro de 2016.


Prof.^a Dr.^a June Faria Scherrer
Menezes
Avaliadora externa
Universidade de Rio Verde


Prof. Dr. José Milton Alves
Avaliador interno
IF Goiano/RV


Prof. Dr. Rafael Marques Pereira Leal
Presidente da banca
IF Goiano/RV

DEDICATÓRIA

A Deus minha fonte inesgotável de força e fé.

A minha família, meu principal incentivo pessoal e profissional, dedico em razão de tamanha compreensão diante de minhas ausências e apoio diante das minhas lutas e dificuldades. Ao meu filho Davi Fernando, ao qual darei o melhor de mim para lhe proporcionar uma vida digna de sucesso.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar a vida, me oportunizar evolução contínua, ter me dado forças para alcançar meus objetivos e sempre acrescentando pessoas de bem junto a minha caminhada. Ao Pai, toda honra e toda glória. Sem Deus eu nada seria!

Agradeço a toda família pela confiança sempre creditadas a mim, compreensão e amor disponibilizados sem medidas.

Ao Instituto Federal Goiano (IFGOIANO), em especial ao Programa de Agroquímica, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Dr. Rafael Marques Pereira Leal, pela orientação, ensinamentos, e pela oportunidade concedida.

Aos membros da banca examinadora, titulares Dra. June Faria Scherrer Menezes, Dr. José Milton Alves e como suplentes Dr. Leandro Caixeta Salomão e Dr. Carlos Romeu Montes Lopes, por aceitarem participar da banca e pelas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

A todos os colegas da pós-graduação, pela agradável convivência e momentos de aprendizado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Gratidão!

BIOGRAFIA

Héryka Lima Martins Miranda, nascida em 16 de Abril de 1987, no município de Rio Verde, filha de Dilma Augusta de Lima Martins e Alcides Martins; Mãe do Davi Fernando Lima Miranda.

No ano de 2004, iniciou os estudos no curso de Licenciatura em Biologia, na Universidade de Rio Verde, Goiás. E quatro anos depois, recebeu grau conferido pela Universidade.

Em setembro de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agroquímica, do Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, sob a orientação do Professor Dr. Rafael Marques Pereira Leal, submetendo-se à defesa de dissertação em Outubro de 2016. Carrega consigo a intenção de complementar os estudos, já que o conhecimento é uma dádiva inquestionável.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	1
1.1. <i>Origem dos elementos-traço</i>	2
1.2. <i>Efeitos adversos dos elementos-traço</i>	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
OBJETIVOS.....	9
CAPÍTULO I: ELEMENTOS-TRAÇO EM SOLOS AGRÍCOLAS DE RIO	
VERDE – GOIÁS.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	10
1.1. INTRODUÇÃO.....	11
1.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
1.2.1. <i>Local de estudo</i>	13
1.2.2. <i>Caracterização e amostragem</i>	14
1.2.3. <i>Determinação do teor dos elementos-traço</i>	14
1.2.4. <i>Caracterização físico-química das amostras</i>	16
1.2.5. <i>Análise estatística</i>	17
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
1.3.1. <i>Caracterização físico-química do solo</i>	17

<i>1.3.2. Teores de elementos-traço nos solos.....</i>	18
1.4. CONCLUSÃO.....	27
1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
INTRODUÇÃO	
Tabela 1 - Concentração de elementos-traço em alguns insumos.....	4
CAPÍTULO I	
Tabela 1 - Valores qualidade orientadores para solos brasileiros.....	16
Tabela 2 - Teores de matéria orgânica dos solos.....	17
Tabela 3 - Textura do solo.....	18
Tabela 4 - Teores naturais médios dos elementos potencialmente tóxicos em solos de acordo com a literatura nacional e internacional.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I	
Figura 1 - Mapa de localização da área de coleta e análise de solo.....	13
Figura 2 - Mapa de textura do solo.....	18
Figura 3 - Teores de níquel no solo.....	19
Figura 4 - Teores de cobalto no solo.....	20
Figura 5 - Teores de cobre no solo.....	21
Figura 6 - Teores de cádmio no solo.....	22
Figura 7 - Teores de chumbo no solo.....	24
Figura 8 - Teores de arsênio solo.....	25
Figura 9 - Teores de cromo no solo.....	26

RESUMO

MIRANDA, HÉRYKA LIMA MARTINS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, outubro de 2016. **Elementos-traço em solos agrícolas de Rio Verde, Goiás.** Orientador: Rafael Marques Pereira Leal. Co-orientadora: Ana Carolina Aguiar.

A microrregião do Sudoeste de Goiás, da qual o município de Rio Verde é o principal polo, é uma grande produtora de grãos, em especial de soja e milho. O solo é um componente essencial do ecossistema, sendo que a avaliação da sua qualidade têm implicações diretas não apenas na produção vegetal, mas também na qualidade ambiental e saúde humana. Um dos fatores que pode influenciar negativamente a qualidade do solo é a contaminação do mesmo com elementos-traço potencialmente tóxicos, tais como As, Hg, Cd, Pb sendo que esse podem estar presentes naturalmente na composição do solo ou serem adicionados através da má disposição de resíduos, assim como da utilização de fertilizantes e pesticidas, dentre outros insumos agrícolas. O conhecimento das quantidades totais desses elementos no solo são essenciais no diagnóstico ou não da contaminação ambiental, possibilitando com isso uma melhor definição das estratégias de gerenciamento de áreas contaminadas. Nesse sentido, o presente trabalho teve o intuito de determinar e avaliar os teores dos elementos-traço arsênio (As), cobalto (Co), mercúrio (Hg), cromo (Cr), níquel (Ni), cádmio (Cd), cobre (Cu), chumbo (Pb), e selênio (Se) em amostras de solos agrícolas e em área adjacente com pouca influência antrópica, localizados na área de atuação da COMIGO (Cooperativa Agroindustrial dos Produtores Rurais do Sudoeste Goiano). Foi utilizado o método de solubilização ácida da Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (USEPA) para extração dos elementos em estudo, sendo que as determinações analíticas foram por espectroscopia de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado. Constatou-se os teores desses elementos nos solos, contribuindo para uma melhor identificação dos potenciais riscos que a presença desses elementos oferece ao homem e aos demais organismos potencialmente exposto. Os resultados dos elementos-traços (Cr e Cd), se encontram acima do permitido pela legislação Conama 420/2009, enquanto valores mínimos de elementos-traço (As e Hg), considerados prioritários na lista de produtos perigosos (ASTDR) foram verificados.

PALAVRAS-CHAVE: Elementos-traço, potencialmente tóxico, qualidade ambiental, solos agrícolas, contaminação ambiental.

ABSTRACT

MIRANDA, HÉRYKA LIMA MARTINS. Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, October 2016. **Trace elements in agricultural soils of Rio Verde, Goiás.** Supervisor: Rafael Marques Pereira Leal. Co-Advisor: Ana Carolina Aguiar.

The micro-region of the Southwest of Goiás, which the Rio Verde is the main hub, is a major producer of grains, especially soybeans and corn. In these agricultural areas, the soil is the main component providing conditions for a satisfactory development of these cultures, and the evaluation and maintenance of quality have direct implications not only in crop production, but also on environmental quality and human health. One of the factors that can negatively influence the quality of soil is its contamination with potentially toxic trace elements such as Cd, Pb and Ni, and this may be naturally present in soil composition or be added through waste disposal industrial wastewater, as well as the use of fertilizers and pesticides, among other agricultural inputs. Knowledge of the total amounts of these elements in the soil are essential in the diagnosis or not environmental contamination, allowing with it a better definition of contaminated land management strategies. In this sense, this study aimed to determine and evaluate the levels of trace elements arsenic (As), cobalt (Co), mercury (Hg), chromium (Cr), nickel (Ni), cadmium (Cd), copper (Cu), lead (Pb) and selenium (Se) a non-metal, in agricultural soil samples and adjacent area with little human influence, located in the operating area of the COMIGO (Agroindustrial Cooperative of Rural Producers of Southwest Goiás). It used the acid solubilization method of the American Environmental Protection Agency (USEPA) for the extraction of the elements under study, and the analytical determinations were by atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma. It was observed that the levels of these elements in the soil, contribute to a better identification of potential risks that the presence of these elements offers to the men kind and the other potentially exposed organisms. It can also work as a fundamental basis for municipal and / or state environmental agency in the creation of a database on trace element levels in agricultural areas of the State of Goiás.

KEYWORDS: Trace elements; potentially toxic; environmental Quality; agricultural land; environmental contamination.

INTRODUÇÃO

O solo é um componente crítico da biosfera, funcionando não somente como base para a produção de alimentos e fibra, mas também na manutenção da qualidade do ambiente local, regional e global (GLANZ, 1995). Segundo a Organização das Nações Unidas, o solo constitui o fundamento para desenvolvimento da agricultura, as funções essenciais dos ecossistemas e a segurança alimentar, sendo um fator-chave para sustentar a vida na Terra (ONU, 2014).

A contaminação do solo tem sido uma situação comum em todo o mundo (STOKES et al., 2006), sendo esse um dos principais fatores que tem influenciado negativamente a qualidade do solo. Os elementos traço estão entre os contaminantes ambientais mais comuns e seu comportamento em diversos compartimentos ambientais merece destaque, por serem tóxicos e permanecerem longos períodos no ambiente, representando ameaça potencial à biodiversidade bem como aos ecossistemas terrestres e aquáticos (OLIVEIRA, 2011).

Os elementos-traço (ETs), diferentemente dos compostos orgânicos, não são modificados nem degradados (BIONDI, 2010), são teratogênicos, persistentes, cancerígenos e mutagênicos. Além de ocorrerem naturalmente em solos, suas concentrações podem sofrer um significativo aumento, principalmente em decorrência de processos antrópicos, gerando grande preocupação quanto a suas potenciais implicações negativas ao homem e ao ambiente por parte dos pesquisadores e, principalmente, dos órgãos ambientais reguladores e responsáveis. Apesar da essencialidade de alguns elementos aos animais e a nutrição mineral das plantas, tais como zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), entre outros, quando encontrados acima de limites permissíveis, podem causar desequilíbrios ecológicos (PELOZATO, 2008). As intoxicações por elementos-traço que ocorrem com mais frequência são pelos elementos tóxicos chumbo, cádmio e

níquel, que alteram as estruturas celulares, enzimas e podem substituir micronutrientes essenciais ao metabolismo dos organismos vivos como o cobre e o zinco (VIRGA et al., 2007).

Nesse contexto, o conhecimento das quantidades totais e formas biodisponíveis dos elementos-traço no solo são essenciais no diagnóstico ou não da contaminação do solo, possibilitando com isso uma melhor definição das estratégias de gerenciamento de solos contaminados. Mesmo que as concentrações totais dos ETs no solo não forneçam informações suficientes para avaliar integralmente o seu impacto no ambiente, é importante conhecê-las, sendo esse conhecimento fundamental na avaliação da entrada desses elementos-traço na cadeia alimentar e, com isso, na estimativa dos possíveis efeitos negativos a saúde humana associados à exposição a esses elementos tóxicos. Essas informações são subsídio necessário e útil em estudos de contaminação, poluição e remediação.

O Sudoeste Goiano, em especial na região de Rio Verde, é uma das mais importantes e expressivas regiões agrícolas do Estado e do país, onde até o momento existem poucas informações quanto à ocorrência de elementos-traço em solos sob uso agrícola, evidenciando-se a relevância e necessidade de estudos dessa natureza a nível local.

1.1 Origem dos elementos- traço

Os elementos-traços estão presentes naturalmente no solo (SILVA et al., 2007). A ocorrência natural desses elementos depende principalmente do material de origem do solo, dos processos de formação e da composição. Por exemplo, os solos originários de rochas basálticas, as quais são mais ricas em metais, apresentam maiores teores de elementos-traços se comparados com aqueles formados sobre granitos ou arenitos, (OLIVEIRA et al., 1998; FADIGAS et al., 2002).

Elementos-traço são encontrados naturalmente no solo em concentrações que variam de μg a mg Kg^{-1} , inferiores as concentrações consideradas tóxicas para diferentes organismos (MARSOLA et al., 2005). Esses elementos-traço podem ingressar no ambiente de forma natural ou como resultado da atividade antrópica. Intemperismo e lixiviação são as formas mais conhecidas de entrada dos elementos-traços de forma natural, enquanto que atividades como mineração, indústrias em geral, queima de carvão e efluentes gerados nas cidades são as grandes fontes antrópicas (GUILHERME et al., 2005).

A absorção de Pb pelas plantas pode causar vários efeitos negativos sobre elas, como alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas: inibição da germinação de sementes, diminuição do crescimento, redução da produção de clorofilas, peroxidação lipídica, estresse oxidativo, danos ao material genético e alterações da atividade enzimática (RIBEIRO et al., 2015).

Os teores dos elementos-traços nas plantas dependem de fatores como o pH do solo, a natureza do metal e o teor de matéria orgânica do solo (ROVEDA et al., 2014), espécie vegetal, estágio de maturação, rendimento, manejo da cultura e clima (ANJOS; MATTIAZZO, 2000). Elementos-traço como Zn e Cu são essenciais para plantas, contudo a aplicação de insumos podem elevá-los a concentrações tóxicas (MARSOLA et al., 2005).

A utilização de insumos ou subprodutos com a finalidade corretiva ou nutricional também representam possíveis fontes de contaminação do solo, sendo classificados como fontes não pontuais de poluição, como a aplicação de fertilizantes, lodos de esgoto, esterco de animais e fungicidas (GUILHERME et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2010a).

O comportamento dos elementos-traços no solo não depende somente das características dos elementos-traço, mas também dos atributos do solo como: teor de argila, matéria orgânica e pH (BORGES e COUTINHO, 2004). Esses elementos estão sujeitos a diversas reações químicas e bioquímicas no solo, as quais podem afetar sua solubilidade, mobilidade e também a disponibilidade e toxicidade para a biota (MARSOLA et al., 2005). Diante disso, os elementos como chumbo (Pb) e cobre (Cu) tem baixa mobilidade, enquanto níquel (Ni), zinco (Zn) e cádmio (Cd) são mais móveis (OLIVEIRA et al., 1998).

Entende-se por disponibilidade uma porção de um conteúdo total de um elemento ou composto que pode ser liberado na superfície por processos mecânicos, físicos ou biológicos. O grau de disponibilidade irá depender da suscetibilidade da rocha a alterações por intemperismo e abundância de minerais, além de fatores como topografia, clima e permeabilidade da rocha (CORTECCI, 2010).

1.2 Efeitos adversos dos elementos-traços

A contaminação de alimentos por elementos-traço pode constituir um grave risco de saúde pública, uma vez que o corpo humano não tem a capacidade de eliminá-los, tendendo a acumular-se em determinados órgãos do corpo (BAPTISTA e VENÂNCIO, 2003). Igualmente, estes elementos podem ser absorvidos pelas plantas e assim,

incorporados nas cadeias tróficas, trazendo riscos e efeitos adversos aos organismos ecológicos potencialmente expostos (MUÑOZ, 2002).

Quanto aos seres humanos, os efeitos tóxicos dos elementos-traços dependem do grau de exposição aos mesmos, podendo apontar como efeito adverso: danos ao sistema nervoso, sistema hepático, sistema renal e sistema esquelético, além de uma série de doenças carcinogênicas (MUÑOZ, 2002).

As formas naturais de exposição do homem aos elementos-traço são pela inalação, ingestão e absorção pela pele. A inalação de elementos-traço pode aumentar a predisposição à infecções respiratórias, queda na defesa imunológica e aparecimento de carcinomas no pulmão. E pela epiderme ocorre devido a mesmo ser permeável a substâncias lipossolúveis e compostos organometálicos (CORTECCI, 2010).

A ingestão de elementos-traço ocorre principalmente através da alimentação (ingestão de água e alimentos), inclusive de grãos soja e milho, base comum para a alimentação humana. Na produção dessas culturas se utilizam de forma crescente fertilizantes e corretivos agrícolas, que podem conter elementos-traço em quantidades residuais. Além destes, outros agroquímicos como os pesticidas e insumos também podem ser fonte de elementos-traços (HUANG et al., 2007) (Tabela 1).

Tabela 1 - Concentração de elementos-traço em alguns insumos.

Elementos	Composto de lixo	Lodo de Esgoto	Fertilizantes Fosfatados	Calcário	Fertilizante Nitrogenado
			mg.kg ⁻¹		
As	-	2-26	2-1200	0,1-24	2-120
Cd	13,8	2-1500	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5
Cr	153	20-40600	66-245	10-15	3-19
Hg	-	0,1-55	0,01-1,2	0,05	0,3-3
Ni	67	16-5300	7-38	10-20	7-38
Pb	252	50-3000	7-225	20-1250	2-1450
Se	-	2-10	0,5-25	0,08-0,1	-

Fonte: CHITOLINA et al. (2001); GUILHERME et al. (2005).

Entre os elementos-traço para os quais não se conhece nenhuma função biológica para os grãos, pode-se citar o arsênio (As), cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e chumbo (Pb) em que é reconhecido como o mais antigo e nocivo metal. Sua principal forma de entrada no corpo humano é pelo sistema gastrointestinal, ou em quantidade menor pela inalação de fumaça que contenha Pb. A maior parte do chumbo é incorporada nos ossos, devido suas

semelhanças com o cálcio (Ca), causando o deslocamento do Ca dos ossos, causando a osteoporose (MUÑOZ, 2002).

Em baixas concentrações o Pb é capaz de inibir o funcionamento de enzimas responsáveis pela catalisação de uma etapa da síntese de hemoglobina, podendo causar quadros de anemia crônica, além de efeitos neurológicos e encefalopatia com quadro de coma e convulsões (MUÑOZ, 2002; NASCIMENTO et al., 2006).

A principal forma de entrada de cádmio (Cd) no corpo é pela respiração, entre 15% e 50% da dose inalada, e pelo trato gastrointestinal de 2% a 7%, sendo essa segunda beneficiada pela deficiência de cálcio, ferro e proteínas no corpo. O cádmio é associado a danos neurológicos, disfunção dos túbulos renais, perda de olfato, redução da formação de glóbulos vermelhos e remoção do cálcio dos ossos. O Cd tem sido muito associado a casos de câncer e outras severas doenças mutagênicas (MUÑOZ, 2002).

Há também elementos-traço considerados importantes para o homem e/ou às plantas que compreendem, entre outros, cromo, ferro, níquel, selênio e zinco. O cobre (Cu) em baixas concentrações é essencial para todas as formas de vida, contudo em altos níveis, pode acarretar problemas gastrointestinais, como diarreia, dor abdominal, náusea e vômito (MUÑOZ, 2002).

Se ingerido quantidades de zinco (Zn) superiores às recomendadas, pode causar irritação e corrosão do trato intestinal, necrose renal ou nefrite. Além da exposição à fumaças que contenham Zn que podem provocar: fadiga, febre e leucocitose, por exemplo. Os compostos de zinco não são considerados carcinogênicos (MUÑOZ, 2002).

Além destes, pode-se mencionar o níquel (Ni) que é considerado um elemento carcinogênico às vias respiratórias, predispondo o ser humano câncer de pulmão, laringe ou nasal (DUARTE; PASQUAL, 2000).

Assim, a preocupação com os elementos-traço é justificada pela relevância desses do ponto de vista ambiental e principalmente de saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMSON, G. V.; HARACEMIV, S. M. C.; MASSON, M. L. Levantamento de dados epidemiológicos relativos à ocorrências/ surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTAs) no estado do Paraná – Brasil, no período de 1978 a 2000. **Ciência Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1139-1145, 2006.

ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 769-776, 2000.

BAPTISTA, P.; VENÂNCIO, A. **Os perigos para a segurança alimentar no processamento de alimentos**. Forvisão, Guimarães-PT, 125 p., 2003.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do Estado de Pernambuco**. 2010. 70 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010. BRASIL. Ministério da Integração Nacional. São Francisco.

BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. I-fracionamento. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 543-555, 2004.

CORTECCI, G. Geologia e saúde. Departamento de Ciência da Terra e Geológico-Ambiental, **Universidade dos Estudos em Bolonha**, 2010.

DUARTE, R. G. S.; Pasqual, A. Avaliação do cádmio (Cd), chumbo (Pb), níquel (Ni) e zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos. **Energia na Agricultura**, v.15, p.46-58, 2000.

FREITAS, E.S.V.; Disponibilidade de cádmio e chumbo para milho em solo adubado com fertilizantes fosfatados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, 2009.

FADIGAS, F. S.; AMARAL-SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C.; FREIXO, A. A. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. **Bragantia**, v. 61, p. 151-159, 2002.

GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L.; MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 4, p. 345-390, 2005.

GLANZ, J. T. **Saving our soil: solutions for sustaining Earth's vital resource**. Colorado: Johnson Books, 1995. 182 p.

GOMES, S. B. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M.; ACCIOLY, A. M. A. Distribuição de metais pesados em plantas de milho cultivadas em Argissolo tratado com lodo de esgoto. **Ciência Rural**, v. 36, p. 1689-1695, 2006.

HUANG, QL LIAO, M. HUA, XM WU, KS BI, CY YAN, B. CHEN, ZHANG, XY. Levantamento de poluição por metais pesados e avaliação de solo agrícola no distrito de Zhenjiang, província de Jiangsu, China. **Chemosphere**, v. 67, p. 2148-2155, 2007.

MARSOLA, T; MIYAZAWA, M; PAVAN, M. A. Acumulação de cobre e zinco em tecidos do feijoeiro em relação com o extraído do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 92-98, 2005.

McGRATH, S. P.; SANDERS, J. R.; SHALABY, M. H. The effects of soil organic matter levels on soil solution concentrations and extractabilities of manganese, zinc and copper. **Geoderma**, v. 42, p. 177-188, 1988.

MELO, E. E. C.; NASCIMENTO, C. W. A.; SANTOS, A. C. Q.; SILVA, A. S. Disponibilidade e fracionamento de Cd, Pb, Cu e Zn em função do pH e tempo em incubação com o solo. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, p. 776-784, 2008.

MUÑOZ, S. I. S. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 131 f. (Doutorado em Enfermagem) - Programa de Pós-graduação em Enfermagem em Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto - SP, 2002.

NASCIMENTO, S. C.; HYPOLITO, R.; RIBEIRO, A. A. Disposição de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, p. 196-202, 2006.

OLIVEIRA, L. F. C.; LEMKE-DE-CASTRO, M. L.; RODRIGUES, C.; BORGES, J. D. Isotermas de sorção de metais pesados em solos do cerrado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 776-782, 2010a.

OLIVEIRA, L. F. C.; LEMKE-DE-CASTRO, M. L.; RODRIGUES, C.; BORGES, J. D. Adsorção e deslocamento do íon cádmio em solos do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 848-855, 2010b.

OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M.; CRUZ, C. D. Importância relativa dos metais pesados do solo na identificação e separação de materiais de origem. **Revista Ceres**, v. 45, p. 359-371, 1998.

Organização das Nações Unidas – ONU. Resolution adopted by the general assembly on 20 Dec. 2013 (A/RES/68/232). 2014

PELOZATO, M. **Valores de referência de cádmio, cobre, manganês e zinco para os solos de Santa Catarina**. 2008. 64p. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J. F. Efeito de aplicação de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 583-594, 2006.

RIBEIRO, E. S.; PEREIRA, M. P.; CASTRO, E. M.; BARONI, G. R.; CORRÊA, F. F.; PEREIRA, F. J. Relação de anatomia radicular na absorção, no acúmulo e na tolerância ao chumbo em *Echinodorus grandiflorus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 605-612, 2015.

ROVEDA, L. F.; CUQUEL, F. L.; MOTTA, A. C. V.; MELO, V. F. Composto orgânico com altos teores de níquel e sua biodisponibilidade no sistema solo planta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 819-825, 2014.

SANDERS, J. R.; ADAMS, T. M.; CHRISTENSEN, B. T. Extractability and bioavailability of zinc, nickel, cadmium and copper in three Danish Soils sampled 5 years after application of sewage sludge. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 37, p. 1155-1164, 1986.

SILVA, M. L. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 527-535, 2007.

STOKES, J.D.; PATON, G.I.; SEMPLE, K.T. Behaviour and assessment of bioavailability of organic contaminants in soil: relevance for risk assessment and remediation. **Soil Use and Management**, v. 21, p. 475-486, 2006.

VIRGA, R. H. P.; GERALDO, L. P.; SANTOS, F. H. Avaliação de contaminação por metais pesados em amostra de siris azuis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 779-785, 2007.

OBJETIVOS

Geral

O objetivo deste projeto foi determinar os teores totais dos elementos-traço arsênio (As), chumbo (Pb), cádmio (Cd), níquel (Ni), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), selênio (Se) e cobalto (Co) em amostras de solos agrícolas, sob sucessão de soja e milho, e de área adjacente com mínima interferência antrópica, localizados em Rio Verde, Goiás.

Específicos

- 1- Coletar amostras de solos em diferentes texturas (Arenosa, Argilosa e Área de Referência);
- 2- Caracterizar as amostras de solos (atributos químicos e físicos);
- 3- Quantificar os teores de arsênio (As), chumbo (Pb), cádmio (Cd), níquel (Ni), cobre (Cu), cromo (Cr), mercúrio (Hg), selênio (Se) e cobalto (Co) nas amostras coletadas;
- 4- Comparar os teores médios de elementos-traço encontrados no solo de Rio Verde-GO com os teores encontrados em outros locais no Brasil e no mundo, e bem como com os limites estabelecidos pela legislação ambiental.

CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a Revista Ciência Agronômica)

ELEMENTOS-TRAÇO EM SOLOS AGRÍCOLAS DE RIO VERDE-GOIÁS

RESUMO: A contaminação dos solos por elementos traço potencialmente tóxicos, tais como o As, Cd, Cr e Hg, pode provocar alterações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas, além de oferecer riscos à saúde pública e à qualidade ambiental. A determinação do teor natural de elementos-traço é essencial para monitorar a entrada de tais elementos no sistema solo e contribuir para uma possível remediação de áreas contaminadas. Nesse estudo, quantificaram-se os teores de Arsênio (As), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Chumbo (Pb), Níquel (Ni), Zinco (Zn), Selênio (Se) e Cobalto (Co) em amostras de 3 tipos de solos (Argiloso, Arenoso e Área de Referência) de uma área com predominância agrícola, localizada em Rio Verde, Goiás. Para tanto, foram coletadas amostras de solos nas profundidades 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 30, cm. Foi realizada a extração dos ETs pelo método EPA 3051a (0,5 g de solo + 9 ml HNO₃ + 3 ml HCl com digestão assistida por forno micro-ondas) e a determinação foi efetuada em ICP-OES. Os resultados dos elementos-traços (Cu, Cr e Cd), se encontram acima do permitido pela legislação Conama 420/2009, enquanto valores mínimos de elementos- traço (As e Hg), considerados prioritários na lista de produtos perigosos (ASTDR) foram verificados.

Palavras-Chave: Elementos-Traço, áreas contaminadas, potencialmente tóxicos, qualidade ambiental.

ABSTRACT: The trace elements (ETs) form a group with relevant characteristics and can be naturally occurring in the environment, as an accessory in the formation of rocks and sediments. However, human activities such as use of urban wastewater, biosolids, industrial emissions, animal waste, fertilizers and pesticides may contribute to increased concentrations of potentially toxic ETs. Soil contamination by these potentially toxic elements causes changes in the structure and functioning of ecosystems, and provide severe risks to public health and environmental quality. The determination of the natural

trace element content is essential to monitor the entrance of such elements in the soil system and contribute to a possible remediation of contaminated areas. In this study Arsenic (As), cadmium (Cd), cobalt (Co), copper (Cu), chromium (Cr), lead (Pb), Nickel (Ni), Zinc (Zn), Selenium (Se) and cobalt (Co) were quantified in samples of three types of soils (Argillaceous, Sandy and Reference area) of an area with agricultural predominance, located in Rio Verde, Goiás Therefore, soil samples were collected at the depth of 0 - 5; 5 - 10; 10-20; 20 - 30, cm. The extraction of ETs occurred by EPA 3051st method (0.5 g soil + 9 ml HNO₃ + 3 ml HCl - microwave oven assisted digestion) and the determination was made in ICP-OES. The results of the trace elements (Cu, Cr and Cd), are above those permitted by CONAMA 420/2009 legislation, while minimum values of elements- dash (Hg and As), considered in the list of hazardous products (ASTDR) have been checked.

Keywords: Elements - Trace; Contaminated areas; Potentially Toxic; Environmental Quality.

1.1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos recursos naturais responsável pela sustentabilidade do ecossistema, influenciando diretamente no suprimento de alimentos e da qualidade ambiental. As mudanças no uso da terra, relacionadas com o desenvolvimento das práticas agrícolas, adição e geração de resíduos, e principalmente pelo desmatamento, levam à alteração da sua qualidade, afetando a sua capacidade de depuração e imobilização de contaminantes, além de oferecer riscos à saúde pública. Os solos possuem características únicas, quando comparados aos outros componentes da biosfera (ar, água e biota), pois se apresentam não apenas como um dreno para contaminantes, mas também como um tampão natural que controla o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, a hidrosfera e a biota (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

Os elementos-traço formam um grupo de elementos, que no ambiente mesmo em baixas concentrações podem constituir uma fonte potencial para contaminação, como elementos acessórios na constituição de rochas, podem ser de ocorrência natural no ambiente. No entanto, vale lembrar que tanto a presença dos elementos-traços que são considerados essenciais quanto os que não o são, na atmosfera, solo e água, em altas quantidades, representam problemas de qualidade, degradação, além de doenças aos organismos em geral (BENAVIDES; GALLEGOS; TOMARO, 2005).

Os fertilizantes apresentam os elementos-traço em sua composição como impureza, e, em muitos solos agrícolas, tais elementos podem se acumular em concentrações superiores ao dobro das encontradas em áreas com vegetação nativa, devido ao uso repetitivo e em excesso dos fertilizantes (GIMENO-GARCIA et al. 1996;

MARCHIORI JR., 2003). Assim, mesmo que os teores de elementos-traço nos solos não alcancem valores alarmantes, esses elementos químicos podem permanecer em formas biodisponíveis e ou bioacessíveis por muitos anos (ALLOWAY, 1990).

Os fertilizantes fosfatados ou subprodutos são utilizados intensamente na agricultura, pois a baixa disponibilidade de P frequentemente limita o rendimento das culturas nas condições brasileiras (FREITAS, 2009). Desta forma estes insumos agrícolas mesmo utilizados com a finalidade corretiva ou nutricional na agricultura representam também uma possível fonte de contaminação do ambiente por elementos-traço (CAMPOS et al., 2005). McBride e Spiers (2001) relatam, que um aumento significativo do teor de elementos-traço nos solos pela aplicação de fertilizantes pode levar décadas. Porém, o acúmulo desses elementos, seja ele causado por atividades agrícolas ou industriais é preocupante, devido a uma possível transferência desses elementos para animais e seres humanos (SU e YANG, 2008).

A contaminação dos solos por elementos-traço e seus efeitos nocivos sobre os organismos vivos e a possível bioacumulação na cadeia alimentar tem gerado grandes preocupações em todo mundo. Diversos países possuem listas de valores orientadores definidas. A Holanda foi o primeiro país a formalizar um programa nacional para avaliação de contaminação e estabelecimento de níveis de intervenção, considerando o solo em sua multifuncionalidade, ou seja, as funções de agricultura, ecologia, transporte e suprimento de água potável (CETESB, 2001). Após a Holanda, vários países como China (CHEN et al., 1991), Áustria, Polônia, Alemanha (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2000), Inglaterra (MCGRATH & ZHAO, 2006) e Itália (BINI et al., 2011) formularam suas legislações para esse tema. No Brasil, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) foi precursora em propor os valores orientadores para substâncias potencialmente tóxicas em solos (CETESB, 2001). Além disso, o (CONAMA 420, 2009) estabeleceu uma legislação nacional, sobre teores permissíveis de metais em solos que reconhece a importância das diferenças regionais quanto a esses teores.

A microrregião do Sudoeste de Goiás, que inclui o município de Rio Verde, é o principal polo produtor de grãos do estado de Goiás, em especial de soja e milho, sendo esta uma das mais importantes e expressivas regiões agrícolas do Estado e do país. Considerando o exposto, com este estudo objetivou caracterizar os elementos As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Hg e Se em diferentes profundidades, em uma área agrícola de cultivo de soja e milho localizada no município de Rio Verde (GO), a qual possui histórico de

sucessivas aplicações de fertilizantes fosfatados e agroquímicos, a fim de monitorar as condições ambientais do solo desta determinada região.

1.2. MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1. Local de Estudo

O estudo foi realizado na Fazenda São Tomaz (17°52' S, 51°01' O), com altitude média de 730 metros, situada no município de Rio Verde – GO, com área total de 27,18 hectares, (Figura 1). Também foram coletadas amostras em área com vegetação nativa (sob mínima ou nenhuma interferência antrópica), que serviram como área de referência. Essa região foi escolhida não só com base na sua representatividade em produção agrícola, mas também pelo fato de possuir informações básicas como mapas de análise de solo, estudos de produtividade de safras agrícolas dos anos anteriores, etc. Esses solos foram os mesmos utilizados nos estudos realizados por Giraldi (2015). De acordo com informações obtidas junto ao proprietário da área de estudo, nesta área existe um histórico de aplicações de fertilizantes e corretivos do solo com as fórmulas comerciais NPK 02-20-18 para a cultura de soja e fórmula comercial NPK 8-20-18 na cultura do milho.



Figura 1 - Mapa de localização da área de coleta e análise de solo.

1.2.2. Caracterização e amostragem

As amostras do presente trabalho foram coletadas após a safra 2015/16. Nesse solo, as culturas de soja e milho são conduzidas alternadamente, sendo em uma safra verão soja e na segunda safra milho, e assim sucessivamente, sendo que a última safra foi cultivado soja.

As áreas de amostragem do solo foram definidas e realizadas conforme a textura do solo, sendo divididas em solos com predominância de textura arenosa (com teor de argila menor que 15%) e solos com textura predominantemente argilosa (apresentando teor de argila entre 35 % a 60 %) conforme a Figura 2.

Para cada área de coleta, foram realizadas 80 amostragens (argiloso, arenoso e áreas de referência). As amostras foram retiradas nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, totalizando 320 amostras, sendo que, em cada ponto selecionado, as amostras foram compostas por um mínimo de 2 subamostras para cada camada, tendo este procedimento de composição da amostra o objetivo de tornar a amostra o mais representativa possível.

As coletas foram distribuídas e realizadas na área (Figura 1) de forma aleatória com o auxílio de ferramentas e trado manual de inox. Após delimitar a área, foi marcado um ponto central e mais nove coletas aleatórias ao ponto principal para cada área de coleta (argiloso, arenoso e áreas de referência).

Após coletadas e identificadas, as amostras de solo (aproximadamente 500 gramas para cada amostra) foram encaminhadas para o Laboratório Exata, onde as amostras foram secas ao ar, levemente destorroadas e peneiradas em peneira em malha de 2 mm. Para cada área e profundidade foi realizada uma caracterização química, conforme Embrapa (2011) (Tabelas 2, 3 e 4).

Para a avaliação dos elementos-traço as amostras foram moídas em almofariz de ágata e passadas em peneira descartável de naylon de 0,15 mm de malha.

1.2.3. Determinação do teor dos elementos-traço

Foram analisados os elementos Arsênio (As), Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Mercúrio (Hg), Selênio (Se) e Cobalto (Co). Informações obtidas junto à Secretaria de Estado Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos – SECIMA, órgão estadual responsável pela fiscalização das ações ambientais, no estado de Goiás, indicam que neste estado ainda não foram estabelecidos os valores orientadores para concentrações de elementos-traço em solos de áreas suspeitas de contaminação ambiental. Considerando essas informações, as

interpretações dos teores de elementos-traço para esta região da cidade de Rio Verde foi realizada com base nos valores estipulados pela resolução N° 420 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas (Tabela 1) e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

A digestão das amostras baseou-se no método 3051A (USEPA, 1998). O conjunto solo-tubo digestor foi mantido em sistema fechado, forno de micro-ondas (Mars Xpress), por 8 min e 40 seg na rampa de temperatura, tempo necessário para atingir 175 °C, mantendo-se essa temperatura por mais 4 min e 30 segundos. Após resfriamento, as amostras foram transferidas para balões certificados (NBR ISO/IEC) de 50 mL, sendo o volume dos balões completado com água ultrapura e os extratos filtrados em papel-filtro lento (Macherey Nagel®). As digestões foram realizadas em duplicatas e os teores dos elementos, após digestão, foram quantificados por espectrometria de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP OES) em aparelho Perkin Elmer, modelo Optima 8300. O equipamento ICP têm sido amplamente utilizado para analisar os elementos- traço na pesquisa ambiental (LIU et al., 2014).

O controle de qualidade da análise foi feito utilizando duas amostras de solos com valores certificados dos metais. Os solos certificados foram o SRM2711 *Montana soil (Moderately elevated trace element concentrations)* e o SRM2709 *San Joaquin soil (Baseline trace element concentrations)*, certificados pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Os ácidos utilizados nas análises possuíam elevada pureza (Merck PA). Todas as soluções foram preparadas em água ultrapura (Sistema Direct-Q 3 Millipore).

Tabela 1 - Valores qualidade orientadores para solos brasileiros.

Elementos – traço	Prevenção	Investigação		
		Agrícola	Residencial	Industrial
		mg kg ⁻¹		
Cu	75	150	300	400
Zn	300	450	1000	2000
As	15	35	55	150
Pb	72	180	300	900
Cd	1,3	3	8	20
Hg	0,5	12	36	70
Se	5	-	-	-
Cr	75	150	300	400
Co	25	35	65	90
Ni	30	70	100	130

Fonte: CONAMA 420 (2009).

Todos os procedimentos de digestão e leitura das amostras de solo foram efetuados no Laboratório de Análise de Solos Exata, localizado na cidade de Jataí, Goiás.

1.2.4. Caracterização físico-química das amostras

As análises químicas constaram de pH em solução de CaCl₂. Cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺) extraídos com solução de KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (AAS), Al³⁺ trocável por titulação com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹; K⁺, Na⁺ e P disponível trocáveis extraídos com solução de HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Mehlich-1), K⁺, Na⁺ quantificados por fotometria de chama. A acidez potencial (H+Al) extraído com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7 e determinada por titulação com solução NaOH 0,025 mol L⁻¹; C orgânico determinado pelo método de Walkley-Black, com oxidação por via úmida, com dicromato de potássio 0,1667 mol L⁻¹, sem aquecimento e por meio de titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1 mol L⁻¹, condutividade elétrica (EMBRAPA, 2011). A partir dos resultados obtidos foi calculada a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (T), saturação por bases (V%).

As análises granulométricas foram realizadas de acordo com (EMBRAPA, 2001), sendo a fração argila (< 0,002mm) determinada pelo método do densímetro, enquanto que

a fração areia total foi obtida por peneiramento e a fração silte (0,05 – 0,002) por diferença, como pode ser visto na Tabela 4.

1.2.5. Análise Estatística

Foram elaboradas planilhas eletrônicas no programa Excel (2007). Todos os dados foram submetidos a análises estatísticas utilizando-se o programa SISVAR, descrito por Ferreira (2000). Devido ao caráter exploratório dos dados obtidos, realizou-se estatística descritiva (média, mediana, mínimo, máximo e desvio-padrão).

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1. Caracterização físico-química do solo

As amostras apresentaram pH variando de 4,0 a 5,50, com média de 4,7. Essas condições, de modo geral, favorecem a solubilização e mobilização de metais pesados na solução do solo e, por extensão, as perdas desses elementos por lixiviação. Por outro lado, a argila e a matéria orgânica influenciam na retenção da grande maioria dos metais pesados no solo (Tabela 2) (ALLEONI et al., 2005; GUILHERME et al., 2005).

Tabela 2 - Teores de matéria orgânica dos solos.

	Argiloso	Arenoso	Área de Referência
	g Kg ⁻¹		
	MO	MO	MO
Mínimo	13,10	7,60	14,20
Máximo	37,70	39,80	35,60
Média	24,91	19,21	25,04

Diversos estudos demonstram que pH, concentração do metal, CTC e os constituintes orgânicos e inorgânicos do solo afetam a retenção dos elementos-traço pelo solo (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2001).

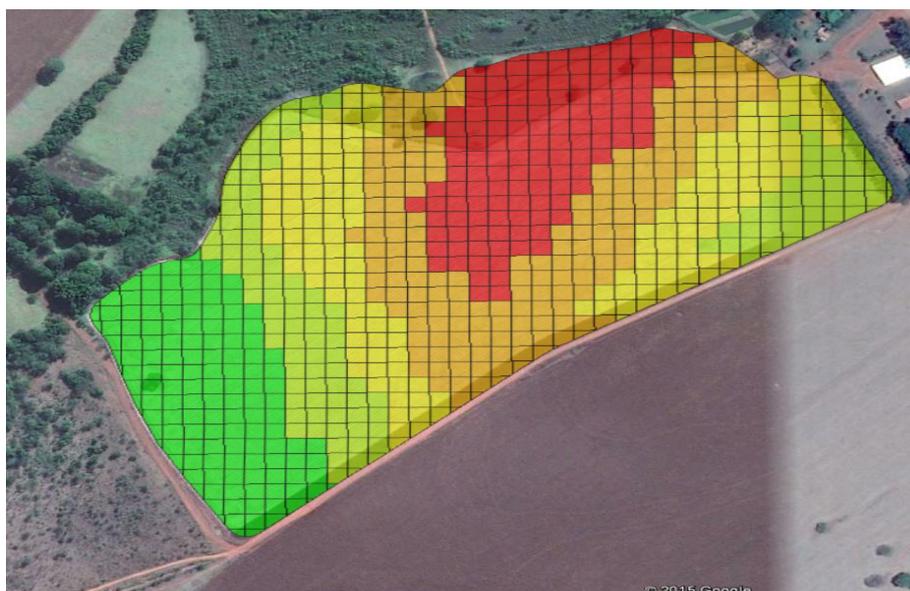
Com relação à textura, os teores de argila variaram entre 50% a 60 %, com média de 54, 98 % de argila para solos argilosos. E também solos com teores de areia variando de 32,34 % a 80,64 %, com média de 63,53 % para os solos considerados arenosos (Tabela 3).

Tabela 3 - Textura do solo.

	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte	Areia	Argila	Silte
	%								
Mínimo	30,64	50,60	5,40	32,34	13,92	5,40	38,98	20,60	5,40
Média _C	38,17	54,98	6,89	80,64	29,76	6,72	50,65	42,01	12,12
Máximo	44,00	60,60	8,76	63,53	38,10	12,80	72,34	30,92	7,35

o

Considerando os teores médios, a classe textural predominante foi a franco-argilo-arenosa. A CTC total (pH 7,0) teve valor médio de 5,59 mmolc Kg⁻¹ (Tabela 3).



Argila (%)			
■	Acima 41.29	(4.940 ha - 18.2%)	
■	32.47 - 41.29	(4.711 ha - 17.3%)	
■	24.70 - 32.47	(5.849 ha - 21.5%)	
■	18.22 - 24.70	(6.610 ha - 24.3%)	
■	Abaixo 18.22	(5.077 ha - 18.7%)	

Figura 2 - Mapa de textura do solo.

1.3.2. Teores de elementos-traço nos solos

O Ni foi encontrado em concentrações entre 10,07 mg Kg⁻¹ em solo arenoso na camada 0-5 cm a 41,51 mg Kg⁻¹, na área de referência na camada 10-20 cm, com média geral de 20,39 mg Kg⁻¹ (Figura 3). Essa faixa de variação está de acordo com a legislação Conama 420 e também com o levantamento realizado e atualizado pela Cetesb (2014), no qual a concentração de Ni para o estado de São Paulo variou de 1,6 a 73,5 mg Kg⁻¹, com média de 13,0 mg Kg⁻¹. Porém, foi superior aos estabelecidos para os estados do Espírito Santo (6,6 mg Kg⁻¹, PAYE et al., 2010); e Mato Grosso e Rondônia (1,3 mg Kg⁻¹, SANTOS & ALLEONI, 2012) e muito semelhante ao adotado para Minas Gerais (21,5 mg Kg⁻¹, COPAM, 2011). Segundo Andrade (2011), sua distribuição está ligada à matéria

orgânica, óxidos amorfos e frações de argila, sendo que a matéria orgânica complexa o Ni e torna-o imóvel. Além disso, o teor de Ni no solo também é influenciado pelo pH (BERTON, 1992).

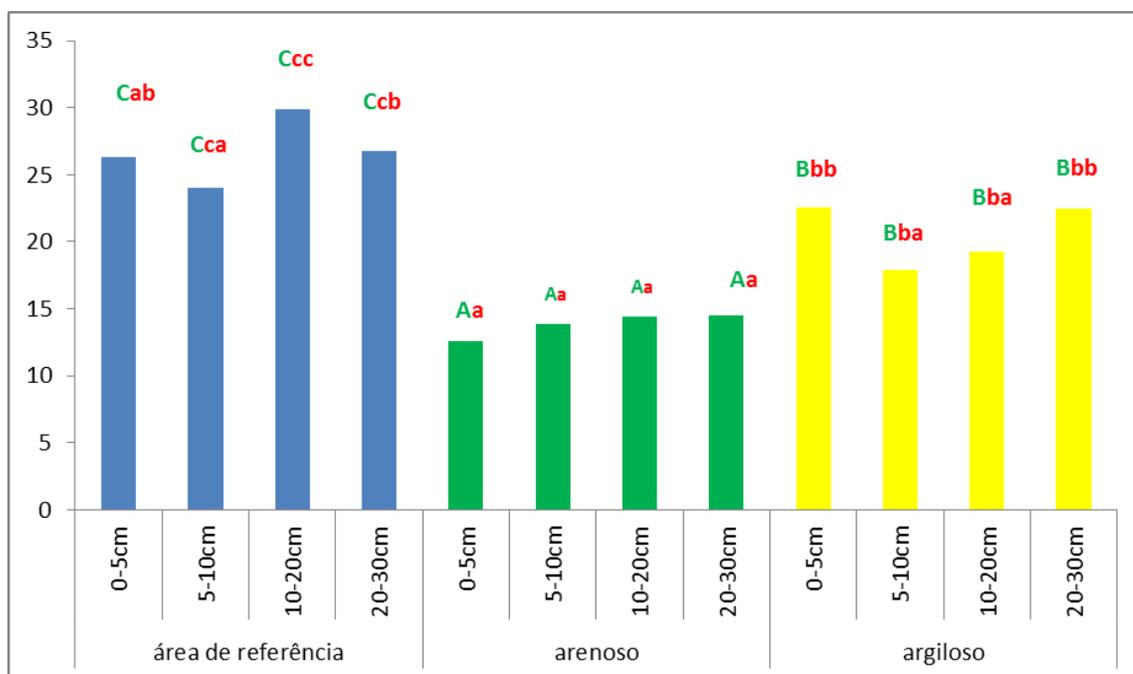


Figura 3 - Teores de níquel no solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

Os teores para Co variaram de $0,03 \text{ mg Kg}^{-1}$ no solo arenoso na camada superficial (0 cm – 5 cm) até $0,34 \text{ mg Kg}^{-1}$ no solo argiloso na camada (5 cm – 10 cm), com média geral de $0,13 \text{ mg Kg}^{-1}$ (Figura 4). Estes valores se apresentam adequados ao Conama 420, já que o valor de prevenção para Co é 25 mg Kg^{-1} . A média para os solos paulistas foi de $15,6 \text{ mg Kg}^{-1}$ sendo que 66% dos resultados analisados pela Cetesb foram menores que $7,5 \text{ mg Kg}^{-1}$ (CETESB, 2014). Os estados de Minas Gerais (CAIRES, 2009), Paraná (MINEROPAR, 2005), Mato Grosso e Rondônia (SANTOS; ALLEONI, 2012) apresentaram elevados teores de Co quando comparados com este estudo (entre $16,5 \text{ mg Kg}^{-1}$ para o estado de Minas Gerais a $23,8 \text{ mg Kg}^{-1}$ para o estado do Paraná (Tabela 4). Por outro lado, nos estados do Pernambuco e Espírito Santo observaram-se menores concentrações, com valores médios de $8,6$ e $3,5 \text{ mg Kg}^{-1}$, respectivamente (BIONDI, 2010; PAYE, 2008).

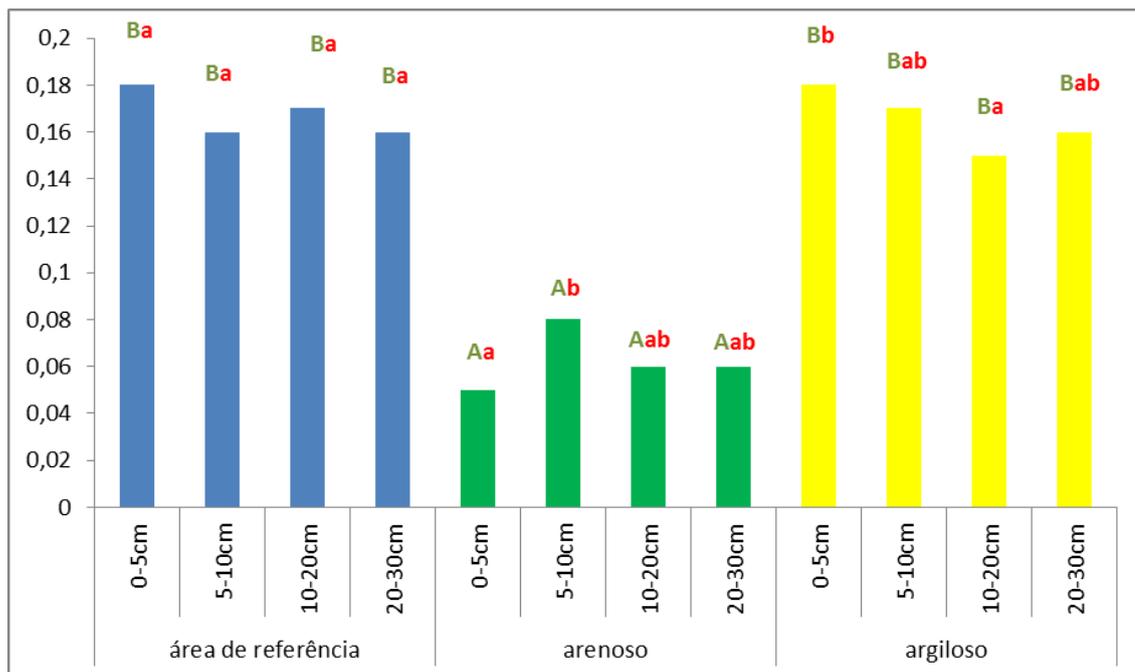


Figura 4 - Teores de cobalto no solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

O Cu foi o elemento que apresentou as mais altas concentrações, variando de $10,90 \text{ mg Kg}^{-1}$ no solo arenoso na camada superficial (0 cm – 5 cm) a $160,89 \text{ mg Kg}^{-1}$ na camada (5 cm – 10 cm) da área de referência e $142,89 \text{ mg Kg}^{-1}$ na camada (10 cm – 20 cm) em solo argiloso. Foi verificado que a média geral $87,36 \text{ mg Kg}^{-1}$ (Figura 5) excede o valor de prevenção (VP) estabelecido pela Conama (2009) que é de 60 mg Kg^{-1} . Porém quando comparado com valor de investigação para áreas agrícolas (120 mg Kg^{-1}) está adequado de acordo com o uso. O Cu tende a acumular no horizonte superficial dos solos, sendo adsorvido de forma específica pelos óxidos de Al, Fe e Mn, pela argila e húmus, e a elevação do pH aumenta a sua retenção.

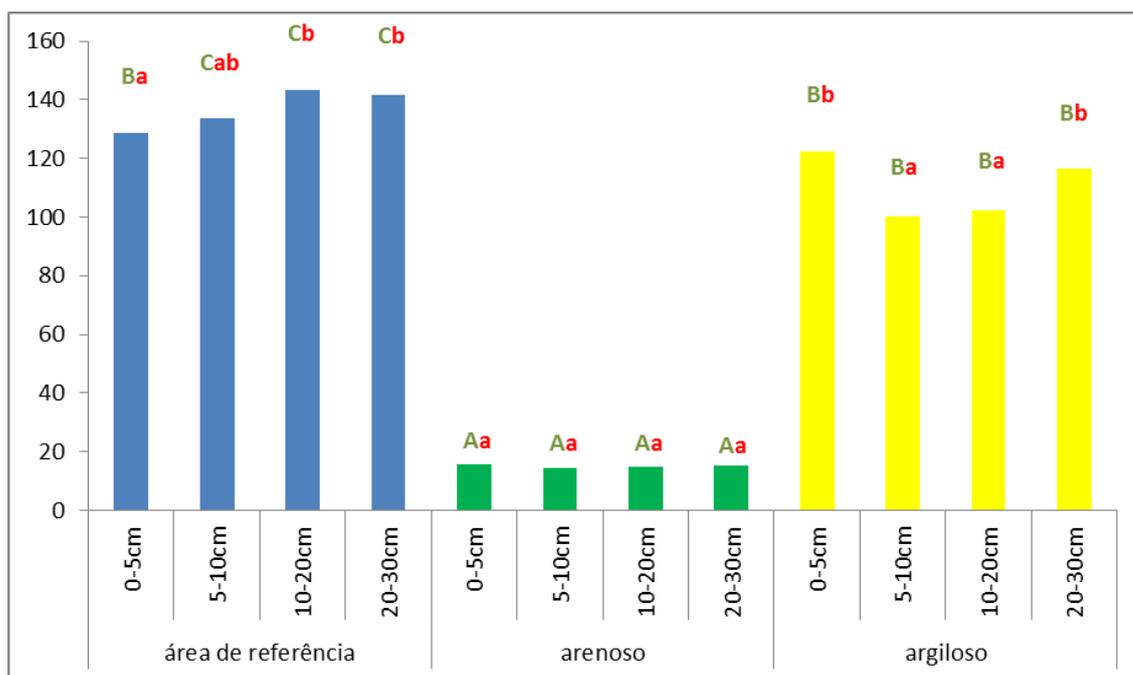


Figura 5 - Teores de cobre no solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

Campos et al. (2003) também encontraram valores elevados de Cu em Latossolos de diversas regiões do Brasil, com teores variando de 3 a 238 mg Kg⁻¹, sendo as concentrações mais elevadas derivadas de rochas máficas. Para o estado de São Paulo os teores variaram de 3,0 a 393 mg Kg⁻¹, com média de 53,3 mg Kg⁻¹, sendo as concentrações mais elevadas encontradas na região de Ribeirão Preto. Os solos dos estados das Minas Gerais (CAIRES, 2009) e Paraná (MINEROPAR, 2005) apresentam elevadas concentrações de Cu, enquanto Espírito Santo (PAYE, 2008), Pernambuco (BIONDI, 2010), Mato Grosso e Rondônia (SANTOS; ALLEONI, 2012) apresentaram solos com médias menores que a da área de Rio Verde.

Diversos autores observaram que o Cu é um elemento que possui alta afinidade pelos minerais de argila (SILVEIRA; ALLEONI; CHANG, 2008; MURRAY et al., 2004; FORBES et al., 1976).

O Cd apresentou altas concentrações para todas as texturas quando comparado com a legislação Conama 420, que preconiza o valor para investigação de 3 mg Kg⁻¹ para solos sob uso agrícola. As concentrações variaram de 13,13 mg Kg⁻¹ no solo arenoso na camada superficial (0 cm – 5 cm) a 38,10 mg Kg⁻¹ na camada (20 cm – 30 cm) da área de referência e 34,83 mg Kg⁻¹ de valores médios em solo argiloso, com média geral de 28,82 mg Kg⁻¹ (Figura 6). Os valores encontrados nas texturas e camadas avaliadas foram

expressivamente superiores inclusive àqueles das outras regiões do país São Paulo (CETESB, 2014), Espírito Santo (PAYE, 2008), Minas Gerais (CAIRES, 2009), Pernambuco (BIONDI, 2010) Mato Grosso e Rondônia (SANTOS & ALLEONI, 2012), e Beijing, China, de $0,119 \text{ mg Kg}^{-1}$ (CHEN et al., 2004) e da Antártida ($0,17 \text{ mg Kg}^{-1}$) (LU et al., 2012). Com relação ao elemento Cd, que está na 7ª colocação, de acordo com a lista prioritária dos elementos potencialmente mais perigosos para saúde humana (ATSDR, 2015).

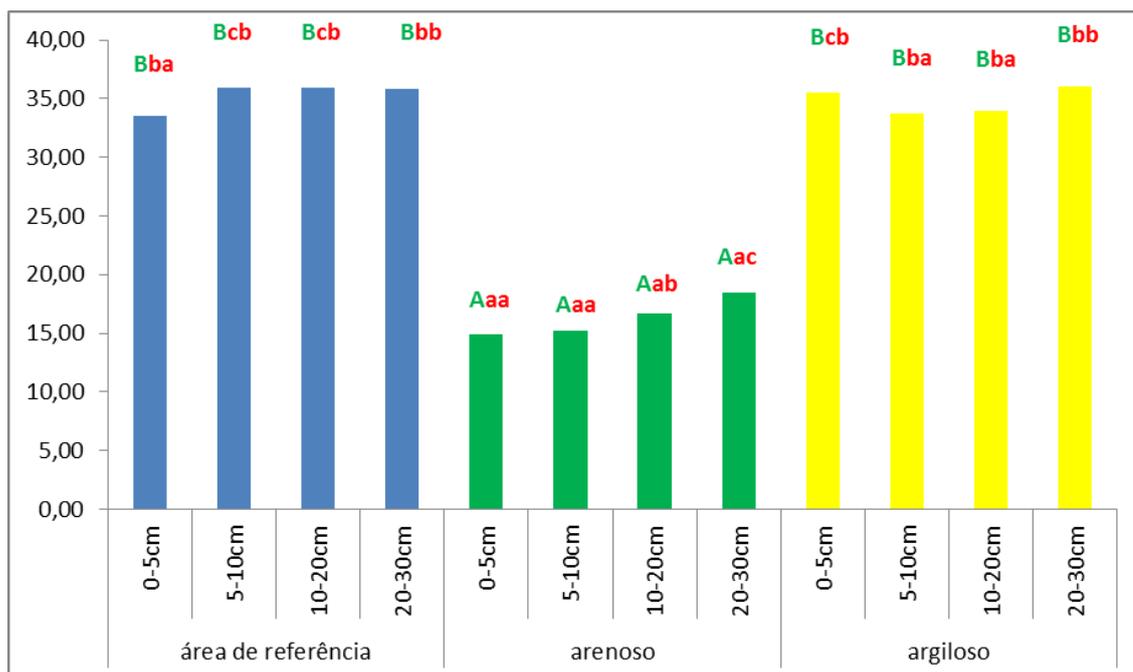


Figura 6 - Teores de cádmio no solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

Tabela 4 - Teores naturais médios dos elementos potencialmente tóxicos em solos de acordo com a literatura nacional e internacional.

	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	mg kg ⁻¹							
Austrália ⁽¹⁾	20,0	1,0	-	100,0	100,0	60,0	150	1400
China ⁽¹⁾	9,2	0,1	-	53,9	20,0	23,4	23,6	67,7
Irlanda ⁽²⁾	5,2	0,5	-	49,5	16,9	13,5	30,4	70,3
EUA ⁽¹⁾	0,1 – 93	1,6	20,0	37,0	17,0	13,0	16,0	48,0
SP ⁽³⁾	2,75 3,8 -	0,5	15,7	22,7	53,3	13,0	11,1	45,6
MG ⁽⁴⁾	50,6	0,5	16,5	100,1	30,9	30,1	3,9	13,1

PR(5)	(11)	0,1	23,8	105,0	141,7	34,1	23, 2	75,2
ES6)	6,8	<LD ⁽⁹⁾	8,6	41,0	5,5	6,6	8,8	22,6
PE(7)	0,44	0,62	3,5	27,1	7,2	6,0	10, 7	22,5
RO e MT⁽⁸⁾	-	<LD	20	39	17	1,3	8,1	6,8

⁽¹⁾ CHEN et al. (1991) e GUILHERME et al. (2005);

⁽²⁾ SALONEN e KORRKA-NIEMI, 2007;

⁽³⁾ CETESB (2014);

⁽⁴⁾ CAIRES (2009)

⁽⁵⁾ MINEROPAR (2005);

⁽⁶⁾ PAYE (2008);

⁽⁷⁾ BIONDI (2010).

⁽⁸⁾ SANTOS e ALLEONI (2012);

⁽⁹⁾ Abaixo do limite de detecção.

Os teores de Pb variaram entre 7,15 mg kg⁻¹ em solo arenoso na camada (0 cm – 5 cm) a 26,21 mg Kg⁻¹ em solo argiloso na mesma camada, com média de 16,03 mg Kg⁻¹. Estes valores não representam contaminação de acordo com o Conana 420 e estão próximos da média para solos paulistas (CETESB, 2014). Santos & Alleoni (2012) estudaram solos do Mato Grosso e de Rondônia e também encontraram valores similares ao desse estudo. Paye (2008) e Mineropar (2005) também obtiveram concentrações próximas para os solos dos estados do Espírito Santo e do Paraná, respectivamente. Por outro lado, os teores de Pb em Minas Gerais foram bem menores, sendo o Cd e Pb os elementos com menores concentrações nesse estado (CAIRES, 2008). O Pb é retido primeiramente nas cargas negativas das superfícies dos colóides do solo, como as argilas e óxidos de Al, Fe e Mn. Entretanto, o Pb pode formar ligações estáveis, pois possui raio iônico semelhante ao do K e pode substituí-lo na estrutura cristalina de rochas silicatadas (ALLOWAY, 1990). Neste caso, ele passa a fazer parte da superfície dos colóides e torna-se pouco disponível para as plantas. Sua liberação para a solução do solo é governada por princípios de produtos de solubilidade, sendo afetada por mudanças nas condições do meio, tais como pH, propriedades de superfície dos constituintes do solo e força iônica da solução (PIERANGELI et al., 2001). É um elemento amplamente distribuído no meio ambiente (NRIAGU, 1998), porém sua biodisponibilidade é fortemente dependente da sua forma química.

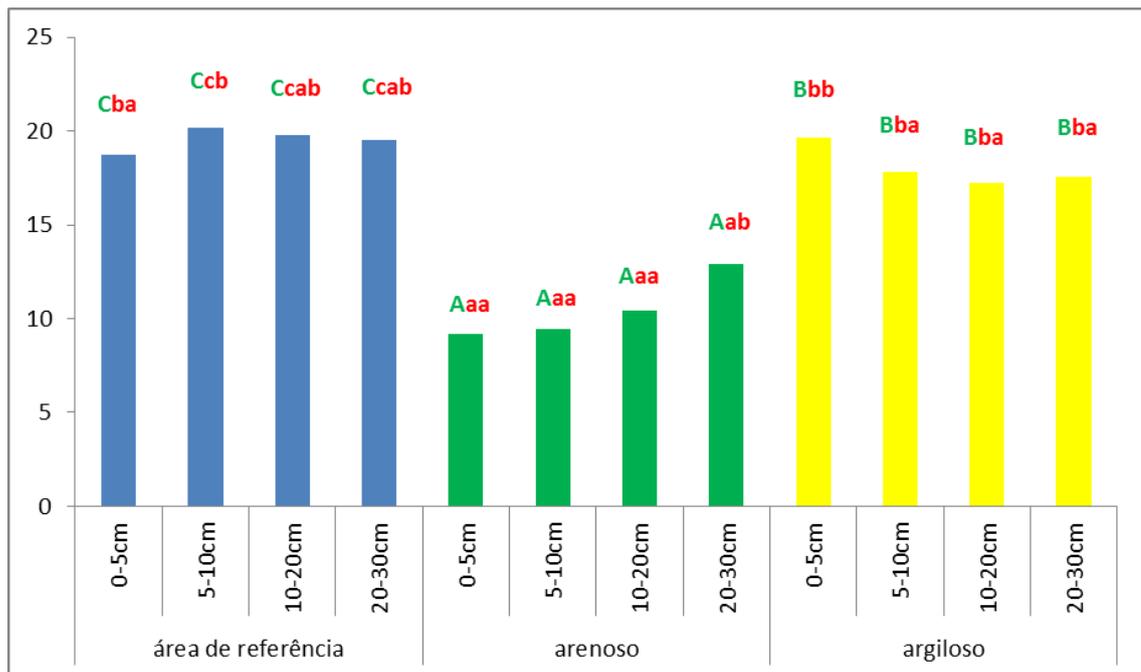


Figura 7 - Teores de chumbo no solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

Os teores de As total nesse estudo variaram de $< 4,47 \text{ mg Kg}^{-1}$ a $7,79 \text{ mg Kg}^{-1}$ em solo de textura argilosa, (Figura 8). Todos os solos apresentaram valores inferiores ao valor de prevenção 15 mg kg^{-1} , de acordo com o Conama 420 e para o VRQ São Paulo (CETESB, 2014).

Campos et al., (2013) encontraram teores de $2,03 \text{ mg Kg}^{-1}$ de As para solos do Bioma Cerrado. Biondi (2010) encontrou teor médio de As de $0,44 \text{ mg Kg}^{-1}$ para solos do Estado de Pernambuco. E para solos do Espírito Santo o teor médio determinado foi de $6,80 \text{ mg Kg}^{-1}$ (PAYE et al., 2010).

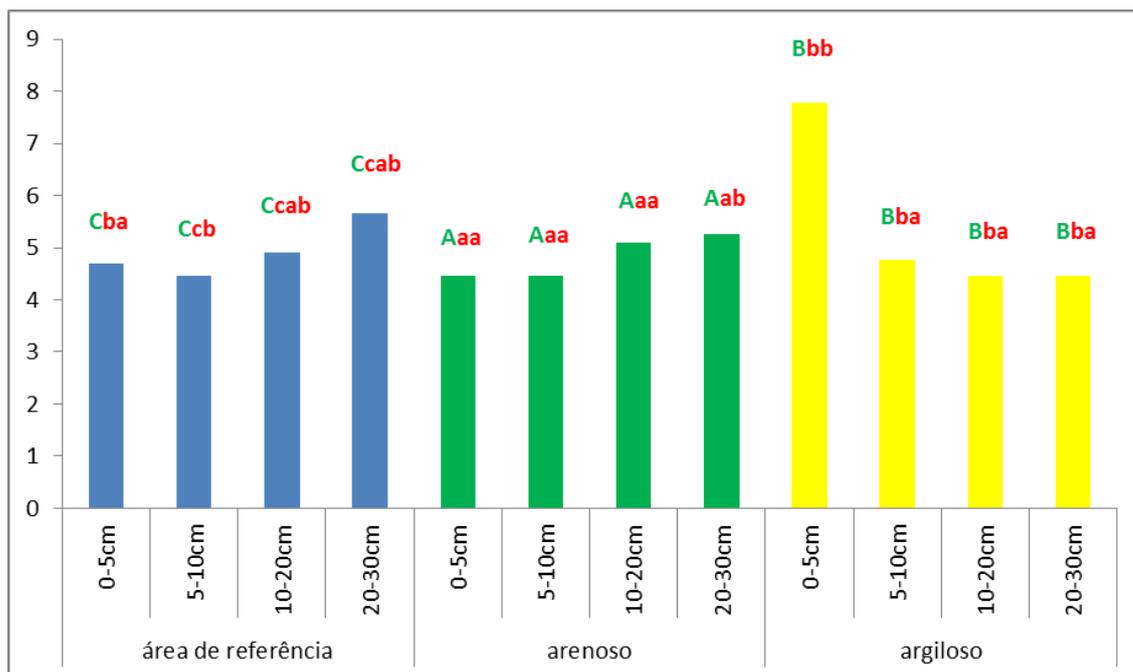


Figura 8 - Teores de arsênio solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

Segundo Chirenje et al. (2003), que obtiveram o mesmo comportamento para solos dos Estados Unidos, os óxidos geram superfícies reativas, em que o As é adsorvido, formando compostos estáveis e imóveis.

Chen et al. (2001) encontraram em média $6,21 \text{ mg Kg}^{-1}$ de As em solos coletados em áreas com mínimo de interferência antrópica, o que não indica potencial de contaminação. Este resultado se apresenta muito positivo e relevante já que o As pode escoar para os rios, percolar para as águas subterrâneas ou ser absorvido pelas plantas, podendo entrar na cadeia alimentar e causar sérios riscos à saúde humana. Ele tem se tornado uma das grandes preocupações ambientais devido ao seu alto potencial mutagênico e carcinogênico e possível aumento do número de áreas contaminadas. Para tanto, elemento As, que está na 1ª colocação, de acordo com a lista prioritária dos elementos potencialmente mais perigosos para saúde humana (ATSDR, 2015).

Os teores de Cr nas camadas variaram de $146,70$ a $294,53 \text{ mg Kg}^{-1}$ com média de $201,96 \text{ mg Kg}^{-1}$ (Figura 9), sendo superior a média encontrada em solos paulistas pela CETESB, em 2014 e também preconizados pela legislação Conama 420 para áreas sob solo agrícola $150,00 \text{ mg Kg}^{-1}$.

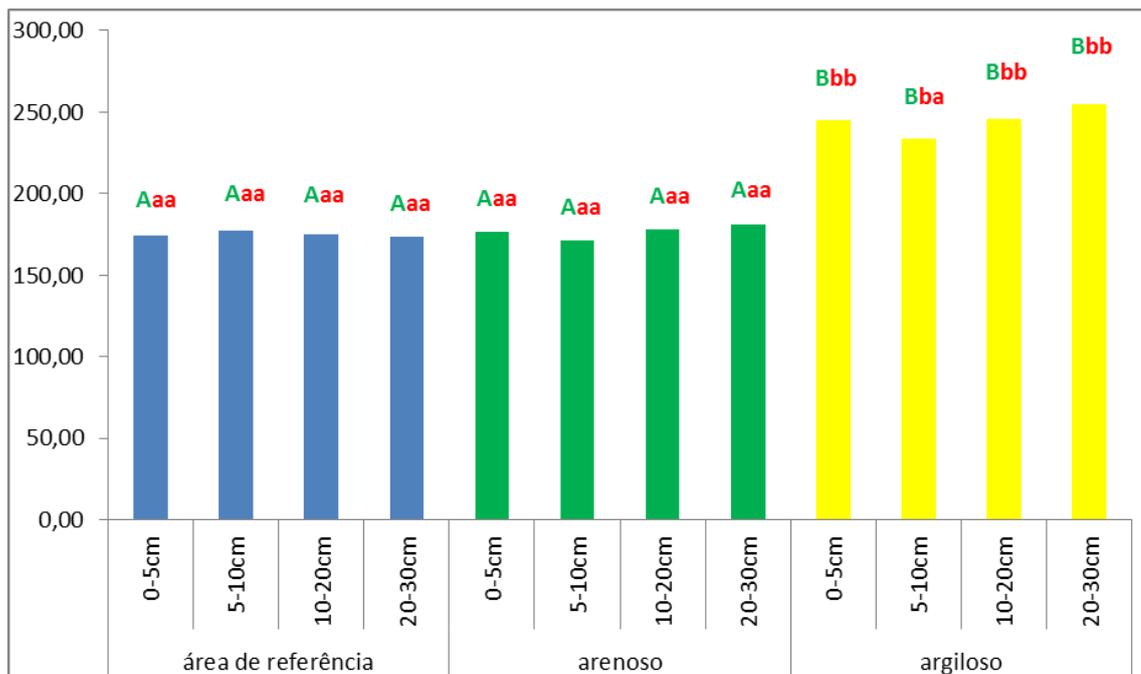


Figura 9 - Teores de cromo no solo.

Nota: As comparações entre as regiões foram testadas pelo teste de Tukey a nível mínimo de 5% de significância, sendo que médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de $\alpha = 0,05$.

Em comparação com outros estados, os teores de Cr para esta região específica de Rio Verde foram superiores aos encontrados à maioria dos valores relatados nas demais regiões do Brasil: São Paulo ($40,0 \text{ mg Kg}^{-1}$) (CETESB, 2001); Espírito Santo ($54,13 \text{ mg Kg}^{-1}$) (PAYE et al., 2010); Minas Gerais (75 mg Kg^{-1}) (COPAM, 2011) e Mato Grosso e Rondônia ($39,4 \text{ mg Kg}^{-1}$) (SANTOS & ALLEONI, 2012), respectivamente. Esses valores também ficaram acima do valor de referência proposto por Martinez-Lladó et al. (2008) para a Catalunha (Espanha) ($83,6 \text{ mg Kg}^{-1}$).

O Cr pode ser encontrado no solo com Cr^{3+} e Cr^{6+} , sendo a forma trivalente mais comum no ambiente, porém a forma hexavalente é mais tóxica que as demais formas do Cr (ASTDR, 2000; BERGMANN, 1992; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1992). Devido ao efeito do pH baixo no ambiente, a forma tóxica do cromo é favorecida tornando-se disponível no ambiente, ou seja, a oxidação do Cr^{3+} para Cr^{6+} é beneficiada (CAMERA, 2011).

Todas as amostras estudadas para esta área apresentaram teores de Hg total abaixo do limite de quantificação ($< 10,40 \text{ mg Kg}^{-1}$) para solos, o que se mostra abaixo do valor de referência de acordo com o Conama 420 (12 mg Kg^{-1}). Na maioria das pesquisas sobre determinação de mercúrio em solos realizadas em diferentes regiões ao redor do mundo, foram estudadas áreas impactadas por atividades antropogênicas, principalmente

mineração de mercúrio (MALFERRARI et al., 2011; GARCÍA-SANCHEZ et al., 2009; GOSAR et al., 2006), mineração de ouro (CESAR et al., 2011; SWENSON et al., 2011; VAREJÃO et al., 2009) e indústria de cloro-soda (GRANGEON et al., 2012; BIESTER et al., 2002). A este fato, cumpre ressaltar que o elemento Hg, que está na 3ª colocação, de acordo com a lista prioritária dos elementos potencialmente mais perigosos para saúde humana (ATSDR, 2015).

Com relação aos teores de Se, todas as amostras para esta área também apresentaram-se menores que o limite de quantificação ($< 2,97 \text{ mg Kg}^{-1}$) para a análise dos solos amostrados. Muitos estudos sobre o comportamento ambiental geoquímico do Se têm sido apresentados em inúmeras publicações (LI et al., 2008; CHAN et al., 2009). Apesar de o selênio não ter apresentado resultados significativos para esta área, o Se é um elemento essencial para humanos e animais, mas que se torna tóxico em concentrações elevadas. Em áreas onde a biodisponibilidade natural de Se nos solos é baixa, uma alternativa é sua suplementação, via fertilizantes comerciais, para que haja melhora na qualidade nutricional dos alimentos (LÍVIA et al., 2011).

1.4. CONCLUSÃO

Os teores de Cd e Cr apresentaram resultados acima do valor de prevenção e valor de investigação para áreas de uso agrícolas, permitido pela legislação Conama 420/2009.

Foi verificado que o teor de Cobre está acima do valor de prevenção e abaixo do valor de investigação.

Os resultados verificados para As, Hg, Pb, Ni, Co e Se, estão dentro dos limites definidos pela legislação Brasileira e considerados normais quando comparados com a literatura, inclusive internacional.

No estado de Goiás, pesquisas para propiciar a formulação e comparação de valores de referência para os solos, considerando a peculiaridade regional do solo e a matéria orgânica ainda são incipientes.

Recomenda-se o monitoramento dos teores destes elementos no decorrer do tempo de uso deste solo.

1.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE CONTROL – ATSDR. Priority list of hazardous substances. 2015. Disponível em: <http://www.atsdr.cdc.gov/spl/>. Acesso em: 23 out. 2016.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY – ATSDR. 2003. Disponível em: <[http:// www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp92.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp92.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2016.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY - ATSDR. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html>>. Acesso em: 23 out. 2016.

ALFARO, M. R.; MONTERO, A.; UGARTE, O. M.; NASCIMENTO, C.W. A. do; ACCIOLY, A. M. de A.; BIONDI, C. M. et al. Background concentrations and reference values for heavy metals in soils of Cuba. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 187, p. 1-10, 2015.

ALLOWAY, B.J.; JACKSON, A.P. The behaviour of heavy metals in sewage sludge-amended soils. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 100, p. 151-176, 1991.

ATSDR - Agency for toxic substances and disease registry. Toxicological profile for chromium. **Syracuse: U.S. Department of Health & Human Services**, 2000.

BAIZE, D. & STERCKEMAN, T. Of the necessity of knowledge of the natural pedogeochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements. **Science of the Total Environment**, 264:127-139, 2001.

BENAVIDES, M. P.; GALLEGO, S. M.; TOMARO, M. L. Cadmium toxicity in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Campos dos Goytacases, v. 17, n. 1, p. 21-34, jan./marc. 2005.

BENAVIDES, M. P.; GALLEGO, S. M.; TOMARO, M. L. Cadmium toxicity in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 17, n. 1, p. 21-34, jan./marc. 2005.

BERGMANN, W. Nutritional disorders of plants: developments, visual and analytical diagnosis. New York: Gustav Fischer Verlag Jena, 1992. 741p.

BERTON, R.S. Fertilizantes e poluição. *In*: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 1992, Piracicaba, 1992.

BINI, C.; SARTORI, G.; WAHSHA, M. & FONTANA, S. Background levels of trace elements and soil geochemistry at regional level in NE Italy. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 109, p. 125-133, 2011.

BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do Estado de Pernambuco**. 2010. 70f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

BIONDI, C. M.; NASCIMENTO, C.W.A.; NETA, A. B. F.; RIBEIRO, M. R. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni e Co em solos de referência de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1057-1066, 2011.

BRASIL. Decreto -lei n. 86.955, de 18 de fevereiro de 1982. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes,

estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 3241, 24 fev. 1982. Seção.

CAMERA, A.S. **Estudo da especiação do cromo no processo de adsorção por carvão ativado usando a espectroscopia de emissão de raios x Kb.** 2011. 93p. Dissertação (Engenharia Química) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2011.

CAMPOS, M. L.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; CURI, N.; ARAÚJO, A. S. A. A.; MIQUELLUTI, D. J. et al. Teores de arsênio e cádmio em solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 281-286, 2013.

CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, 2009.

CESAR, R.; EGLER, S.; POLIVANOV, H.; CASTILHOS, Z. & RODRIGUES, A.P. Mercury, copper and zinc contamination in soils and fluvial sediments from an abandoned gold mining area in southern Minas Gerais State, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 64, p. 211-222, 2011.

CHAIGNON, V.; HINSINGER, P. A Biotest for evaluating copper bioavailability to plants in a contaminated soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, p. 824-833, 2003.

CHAN, Y.T.; KUAN, W.H.; CHEN, T.Y. & WANG, M.K. Adsorption mechanism of selenate and selenite on the binary oxide systems. *Water Res.*, 43:4412-4420, 2009.

CHEN, J.; WEI, F.; ZHENG, C.; WU, Y. & ADRIAN, D.C. Background concentrations of elements in soils of China. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 57/58, p. 699-712, 1991.

CHEN, T.; ZHENG, Y.; CHEN, H. & ZHENG, G.D. Background concentration of soil heavy metals in Beijing. **Environmental Sciences**, v. 25, p. 117-122, 2004.

CHIRENJE, T.; MA, L. Q.; CHEN, M.; ZILLIOUX, E. J. Comparison between background concentrations of arsenic In urban and non-urban areas of Florida. **Advances in Environmental Research**, v. 8, p. 137-146, 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO - CETESB. Ambiental. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo, CETESB, 2001. 73p. (Série Relatórios Ambientais).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO - CETESB. Ambiental. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo.** São Paulo, CETESB, 2001. 73p. (Série Relatórios Ambientais).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2005. **Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de Novembro de 2005.** Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em

substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. Acesso em: 19 set.2016.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 2005. **Decisão de Diretoria nº 195-2005-E, de 23 de Novembro de 2005**. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014, em substituição aos Valores Orientadores de 2005, e dá outras providências. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf. Acesso em: 27 set.2016.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL - COPAM. Deliberação Normativa Nº 166, de 29 de junho de 2011.

DAS, P.; SAMANTARAY, S.; ROUT, G.R. Studies on cadmium toxicity in plants: a review. **Environmental Pollution**, v. 98, p. 29-36, 1997.

DANTU, S. Geochemical patterns in soils in and around Siddipet, Medak District, Andhra Pradesh, India. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 170, p. 681–701, 2010.

EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2011. Embrapa Solos. 2ed. Rio de Janeiro, RJ, BRA.

FERREIRA, D. F. SISVAR 5.3. Sistema de Análises Estatísticas. 2010. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/>. Acesso em: 10 ago. 2016.

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

FINSTER, M. E.; KIMBERLY, A. G.; HELEN, J. B. Lead levels of edibles grown in contaminated residential soils: a field survey. **Science of the Total Environment**, v. 320, p. 245-257, 2004.

FORBES, E.A.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on goethite. **Journal of Soil Science**, v.27, p.154-166, 1976.

GARCÍA-SÁNCHEZ, A.; MURCIEGO, A.; ÁLVAREZ-AYUSO, E; SANTA REGINA, I. & RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, M.A. Mercury in soils and plants in an abandoned cinnabar mining area (SW Spain). **J. Hazard. Mater.**, 68:1319-1324, 2009.

GIRALDI, Victor Mateus. **Mapas de produtividade para determinação de zonas de manejo** 2015. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - UniRV - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2015.

GOSAR, M.; SAJN, R. & BIESTER, H. Binding of mercury in soils and attic dust in the Idrija mercury mine area (Slovenia). **Science of the Total Environment**, v. 369, p. 150-162, 2006.

GRANGEON, S.; GUÉDRON, S.; ASTA, J.; SARRET, G. & CHARLET, L. Lichen and soil as indicators of an atmospheric mercury contamination in the vicinity of a chlor-alkali plant (Grenoble, France). **Ecological Indicators**, v. 13, p. 178-183, 2012.

HARTIKAINEN, H.; XUE, T.L. & PIIRONEN, V. Selenium as an antioxidant and pro-oxidant in ryegrass. **Plant Soil**, v. 225, p. 193-200, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. 2013. Produção agrícola municipal: Culturas temporárias e permanentes. 40: 1-102.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Goiás, Rio Verde. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=andcodmun=521880andsearch=goiasrio-verde>. Acesso em: Out 14, 2015.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2000. 315p.

KABATA-PENDIAS, A. Soil-plant transfer of trace elements: an environmental issue. **Geoderma**, v. 122, p. 143-149, 2004.

LI, Y.; WANG, W.; LUO, K. & LI, H. Environmental behaviors of selenium in soil of typical selenosis area, China. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, p. 859-864, 2008.

LIU MX., YY YANG, XY YUN, MM ZHANG, LI QX, J. WANG. Distribuição e avaliação ecológica de metais pesados nos sedimentos superficiais do East Lake, China. **Ecotoxicologia**, v. 23, p. 92-10, 2014.

LU, Z.; CAI, M.; WANG, J.; YANG, H. & HE, J. Baseline values for metals in soils on Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica: The extent of anthropogenic pollution. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 184, p. 7013-7021, 2012.

MALFERRARI, D.; BRIGATTI, M.F.; ELMI, C. & LAURORA, A. Determination of Hg binding forms in contaminated soils and sediments: state of the art and a case study approaching abandoned mercury mines from Mt. Amiata (Siena, Italy). **Neues Jahrbuch fur Mineralogie Abhandlungen**, v. 188, p. 65-74, 2011.

MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G.; CURI, N. & MERTZMAN, S.A. Trace element geochemistry in brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 121, p. 31-43, 2004b.

MARTINEZ-LLADÓ, X.; VILÀ, M.; MARTÍ, V.; ROVIRA, M.; DOMÈNECH, J.A. & PABLO, J. Trace element distribution in Topsoils in Catalonia: Background and reference values and relationship with regional geology. **Environmental Engineering Science**, v. 25, p. 863-878, 2008.

MCGRATH, S.P. & ZHAO, F.J. Ambient background metal concentrations for soils in England and Wales. **Environmental Agency**, 2006. 31p. (Science Report SC050054).

MCLAREN, R. G. Micronutrients and toxic element. In: BENBI, D. K. et al. (Ed.). **Handbook of processes and modeling in the soil-plant system**. New York: Haworth, 2003. p. 589-625.

MURRAY K.S.; ROGERS D.T.; KAUFMAN M.M. Heavy metals in an urban watershed in southeastern Michigan. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 163-172, 2004.

NACHTIGALL, G.R.; NOGUEIROL, R.C.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Copper concentration of vineyard soils as a function of pH variation and addition of poultry litter. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.50, p.941-948, 2007.

NAIDU, R.; BOLAN, N.S.; KOOKANA, R.S.; TILLER, K.G. Ionic-strength and pH effects on the sorption of cadmium and the surface charge of soils. **European Journal of Soil Science**, v. 45, p. 419-429.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY - NIST. Standard Reference Materials -SRM 2709, 2710 and 2711 Addendum Issue Date: 18 Jan. 2002.

PAYE, H.S.; MELLO, J.W.V.; ABRAHÃO, W.A.P.; FERNANDES FILHO, E.I.; DIAS, L.C.P.; CASTRO, M.L.O.; MELO, S.B. & FRANÇA, M.M. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 2041-2051, 2010.

PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; SILVA, M.L.N; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J.M. Teor total e capacidade máxima de adsorção de chumbo em Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 279-288, 2001.

RIOS, J.J.; BLASCO, B.; ROSALES, M.A.; SANCHEZ-RODRIGUEZ, E.; LEYVA, R.; CERVILLA, L.M.; ROMERO, L. & RUIZ, J.M. Response of nitrogen metabolism in lettuce plants subjected to different doses and forms of selenium. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, p. 1914-1919, 2010.

SALATAS, J. H. et al. Metals that drive health-based remedial decisions for soils at U.S. **Human and Ecological Risk Assessment**, v. 10, p. 983-997, 2004.

SANTOS L.O. **Mapas de uso da terra do Município de Rio Verde Anos de 1975 e 2005**. Elaborados em junho de 2006

SANTOS, S.N. & ALLEONI, L.R.F. Reference values for heavy metals in soils of the Brazilian agricultural frontier in Southwestern Amazônia. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 185, p. 5737-5748, 2012.

SHENG, J.; WANG, X.; GONG, P.; TIAN, L. & YAO, T. Heavy metals of the Tibetan top soils: Level, source, spatial distribution, temporal variation and risk assessment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, p. 3362-3370, 2012.

SILVEIRA, M.L.A.; ALLEONI, L.R.F.; CHANG, A.C. Condicionadores químicos de solo e retenção e distribuição de cádmio, zinco e cobre em Latossolos tratados com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1087-1098, 2008.

SU, Y.-Z.; YANG, R. Background concentrations of elements in surface soils and their changes as affected by agriculture use in the desert-oasis ecotone in the middle of Heihe River Basin, north-west China. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 98, p. 57-64, 2008.

TERRY, N.; ZAYED, A.M.; SOUZA, M.P. & TARUN, A.S. Selenium in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Molecular Biology*, v. 51, p. 401-432, 2000.

TSUJI, J. S.; YOST, L. J.; BARRAJ, L. M, SCRAFFORD, C. G.; MINK, P. J. Use of background inorganic arsenic exposures to provide perspective on risk assessment results. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 48, p. 59-68, 2007.

TUME, P.; BECH, J.; REVERTER, F.; LONGAN, L.; TUME, L. & SEPÚLVEDA, B. Concentration and distribution of twelve metals in Central Catalonia surface soils. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 109, p. 92-103, 2011.

VAREJÃO, E.V.V.; BELLATO, C.R. & FONTES, M.P.F. Mercury fractionation in stream sediments from the Quadrilátero Ferrífero gold mining region, Minas Gerais State, Brazil. **Environmental Monitoring Assessment**, v. 157, p. 125-135, 2009.