

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

MÁRCIA APARECIDA MENDES SARAIVA

METAIS PESADOS EM AMOSTRAS DE HORIZONTES
SUPERFICIAIS DE SOLOS COMO INDICADORES AMBIENTAIS
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAQUARIZINHO, MS

CAMPO GRANDE
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

MÁRCIA APARECIDA MENDES SARAIVA

**METAIS PESADOS EM AMOSTRAS DE HORIZONTES
SUPERFICIAIS DE SOLOS COMO INDICADORES
AMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
TAQUARIZINHO, MS**

Dissertação a ser submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais e Recursos Hídricos.

ORIENTADORA: Prof^a. Dra. Maria Lúcia Ribeiro

Campo Grande, MS
2007

Ficha catalográfica preparada pela
COORDENADORIA DA BIBLIOTECA CENTRAL/UFMS

Saraiva, Márcia Aparecida Mendes
R461a Metais Pesados em Amostras de Horizontes Superficiais de Solos
como Indicadores Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio
Taquarizinho, MS/ Márcia Aparecida Mendes Saraiva – Campo
Grande/MS, 2007.

Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.

Orientadora: Profª Drª Maria Lúcia Ribeiro

1. solos. 2. metais pesados. 3. Rio Taquarizinho.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: _____

Título: _____

Dissertação defendida e aprovada em ____/____/____ , pela comissão julgadora:

(Assinatura) _____
(Nome/Instituição)

(Assinatura) _____
(Nome/Instituição)

(Assinatura) _____
(Nome/Instituição)

Coordenador

DEDICATÓRIA

**Ao meu pai, pelas boas
lembranças e muitas saudades.**

AGRADECIMENTOS

A Professora Dr^a. Maria Lúcia Ribeiro, pela orientação e confiança desde o primeiro contato, e pelo o apoio fundamental para a realização desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Carlos Nobuyoshi Ide, pelas importantes sugestões e colaboração sempre que solicitado.

Ao Professor Mestre Luiz Augusto Araújo do Val, pela valiosa amizade e incansável disposição em colaborar.

Ao Professor Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho, pelo apoio dado.

Ao acadêmico Jorge Cassanelli, pela colaboração e assistência no laboratório.

Ao amigo Fernando Guedes, pela grande contribuição no campo e em todas as horas.

À equipe do Laboratório de Qualidade Ambiental e de Mecânica dos Solos, pela contribuição.

“Hoje, tantos anos depois.... de tudo ficaram três coisas: a certeza de que estava sempre começando, a certeza de que era preciso continuar e a certeza de que seria interrompido antes de terminar. Fazer da interrupção um caminho novo, fazer da queda, um passo de dança, do medo, uma escada, do sonho, uma ponte, da procura, um encontro.”

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
SUMÁRIO	iii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	ix
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 Objetivos gerais	4
2.2 Objetivos específicos	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 Definições para metais pesados	5
3.2 Origens dos metais pesados no solo.....	8
3.3 Solubilidade e mobilidade dos metais pesados no perfil do solo.....	13
3.4 Características de alguns dos metais pesados em estudo.....	14
3.4.1 Alumínio	14
3.4.2 Cádmio.....	16
3.4.3 Chumbo.....	18
3.4.4 Cobre.....	20
3.4.5 Cromo	21
3.4.6 Ferro.....	22
3.4.7 Manganês	24
3.4.8 Níquel.....	26
3.4.9 Zinco	27
3.5 Utilizações de valores orientadores.	28
3.6 Degradação do solo.....	31

4	METODOLOGIA	33
4.1	Localização da área de estudo e a identificação dos pontos de amostragem.....	33
4.2	Coleta de amostra.....	38
4.3	Metodologia para análise do solo.	40
4.3.1	Caracterização física.	40
4.3.2	Caracterização química.....	40
4.3.3	Preparo das Amostras.	41
4.3.4	Análises físicas.....	41
4.3.5	Análises químicas.	41
4.3.6	Classificação de solos através do sistema SiBCS.....	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
5.1	Teor de matéria orgânica.	46
5.2	Granulometria dos solos.	48
5.3	Análise química dos solos estudados.....	50
5.4	Metais totais nas amostras de solos.	53
5.4.1	Análise das concentrações do cobre	57
5.4.2	Análise das concentrações do ferro.....	59
5.4.3	Análise das concentrações do cádmio.....	61
5.4.4	Análise das concentrações do alumínio	63
5.4.5	Análise das concentrações do cromo	64
5.4.6	Análise das concentrações do zinco.....	66
5.4.7	Análise das concentrações do níquel	67
5.4.8	Análise das concentrações do chumbo	69
5.4.9	Análise das concentrações do manganês	71
5.5	Correlações das análises físicas e químicas com os metais pesados e suas concentrações.....	73
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	75
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
8	GLOSSÁRIO	92
9	ANEXOS	96

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – Correlação entre o desenvolvimento de organismos e a concentração do metal	6
FIGURA 3.2 - Fonte de poluição do solo e sua migração	7
FIGURA 4.1 - Impactos ambientais gerados pelo uso dos solos na Bacia do Alto Taquari. ..	33
FIGURA 4.2 - Bacia Hidrográfica do Taquari, observando a leste da cidade de Coxim a Bacia do Alto Taquari, com destaque a localização da Bacia do Rio Taquarizinho.	34
FIGURA 4.3 - Localização dos pontos amostrados.....	37
FIGURA 4.4- Trado utilizado nas amostras no perfil do solo	39
FIGURA 4.5 - A retirada da amostra com trado.....	39
FIGURA 4.6 - As amostras homogeneizadas nas diversas profundidades de cada ponto.	40
FIGURA 4.7 - Classificação dos solos de acordo com SiBCS.....	42
FIGURA 4.8 - Detalhe da área de estudo. Escala 1: 2.500.000.....	42
FIGURA 4.9 - Localização dos pontos de acordo com o tipo de solo.....	43
FIGURA 5.1 - Porcentagem de matéria orgânica presente nos solos entre os pontos P1 a P8.	47
FIGURA 5.2 - Porcentagem de matéria orgânica presente nos solos entre os pontos P9 a P16.	47
FIGURA 5.3 - Porcentagem de matéria orgânica presente nos solos entre os pontos P17 a P29.	47
FIGURA 5.4 - Porcentagem de argila, silte e areia nas amostras dos solos entre P1-P15	49
FIGURA 5.5 - Porcentagem de argila, silte e areia nas amostras de solos entre P16-P29	49
FIGURA 5.6 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P1 – P8.	58
FIGURA 5.7 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P9 – P16.	58
FIGURA 5.8 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P17 – P24.	58
FIGURA 5.9 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P25 – P29.	59
FIGURA 5.10 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P1 – P8.	60

FIGURA 5.11 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P9 – P16.	60
FIGURA 5.12 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P17 – P24	60
FIGURA 5.13 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P25 – P29	61
FIGURA 5.14 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P1 – P8.	61
FIGURA 5.15 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P9 – P16	62
FIGURA 5.16 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P17 – P24.	62
FIGURA 5.17 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P25 – P29.	62
FIGURA 5.18 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P1 – P8.....	63
FIGURA 5.19 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P9 – P16.....	63
FIGURA 5.20 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P17 – P24.....	64
FIGURA 5.21 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P25 – P29.....	64
FIGURA 5.22 - Concentrações de cromo em solos entre os pontos P1 – P8.....	65
FIGURA 5.23 - Concentrações de cromo em solos entre os pontos P19 – P24.....	65
FIGURA 5.24 - Concentrações de cromo em solos entre os pontos P25 – P26.....	65
FIGURA 5.25- Concentrações de zinco em solos entre os pontos P1 – P8.....	66
FIGURA 5.26 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P9 – P16.....	66
FIGURA 5.27 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P17 – P24.....	67
FIGURA 5.28 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P25 – P29.....	67
FIGURA 5.29 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P1 – P8.	68
FIGURA 5.30 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P9 – P16.	68
FIGURA 5.31 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P17 – P24.	68
FIGURA 5.32 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P25 – P29.	69
FIGURA 5.33 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P1 – P8.	70
FIGURA 5.34 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P9 – P16.	70
FIGURA 5.35 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P17 – P24.	70
FIGURA 5.36 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P25 – P29.	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - Classificação dos elementos químicos em função da toxicidade e disponibilidade.	6
TABELA 3.2 - Teores de micronutrientes e de alguns metais pesados nos adubos no Brasil em ppm.	8
TABELA 3.3 - Teores de metais pesados em solos brasileiros.	10
TABELA 3.4. - Impacto de atributos do solo na mobilidade de metais pesados	13
TABELA 3.5 - As concentrações de cádmio em amostras ambientais	16
TABELA 3.6 - Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo.	30
TABELA 4.1 - Pontos de amostragens georreferenciados UTM S 21 DATUM SAD 69 e discriminação do local da coleta.	36
TABELA 4.2 - Classificação dos solos e locais de amostragem.	45
TABELA 5.1 - Porcentagens máximas e mínimas para a matéria orgânica.....	46
TABELA 5.2 - Porcentagens máximas e mínimas para areia, argila e silte.....	48
TABELA 5.3 - Resultados das análises químicas do ponto amostrado P1.	51
TABELA 5.4 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P1 a P9.	54
TABELA 5.5 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P9 a P16.	55
TABELA 5.6 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P17 a P24.	56
TABELA 5.7 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P25 a P29.	57

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ag	Prata
Al	Alumínio
As	Arsênio
Au	Ouro
Ba	Bário
BAT	Bacia do Alto Taquari
Be	Berílio
Bi	Bismuto
Br	Bromo
C	Carbono
Ca	Cálcio
CCET	Centro de Ciências Exatas e Tecnologia
Cd	Cádmio
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
Cl	Cloro
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
Cr	Cromo
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
DSG	Divisão de Serviço Geográfico
DHT	Departamento de Hidráulica e Transportes
DL ₅₀	Dose Letal
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Paraná
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana
F	Flúor
Fe	Ferro
Ga	Gálio

H	Hidrogênio
Hf	Háfnio
Hg	Mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro Geográfico Estatístico
Ir	Irídio
K	Potássio
La	Lantânio
Laqua Sul	Laboratório de Qualidade Ambiental da Universidade Federal do Mato Grosso do
Li	Lítio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
Na	Sódio
Nb	Nióbio
NBR	Norma Brasileira Registrada
Ni	Níquel
O	Oxigênio
OD	Oxigênio Dissolvido.
OMS	Organização Mundial de Saúde
Os	Ósmio
P	Fósforo
Pb	Chumbo
Pd	Paládio
Pt	Platina
Rb	Rubídio
Re	Rênio
Rh	Ródio
RIVM	Instituto Nacional de Saúde Pública e Proteção Ambiental da Holanda
Ru	Rutênio
S	Enxofre
Sb	Antimônio
Se	Selênio

Si	Silício
Sn	Estanho
Sr	Estrôncio
Ta	Tântalo
Te	Telúrio
Ti	Titânio
Tl	Tálio
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
VI	Valor de Intervenção
VP	Valor de Prevenção
VRQ	Valor de Referência de Qualidade.
Zn	Zinco
Zr	Zircônio
W	Tungstênio

RESUMO

SARAIVA, M.A.M. (2007). *Metais Pesados em Amostras de Horizontes Superficiais de Solo como Indicadores Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Taquarizinho, MS. Campo Grande/MS, 2007. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

Este trabalho teve como principal objetivo pesquisar amostras de solos na Bacia do Rio Taquarizinho, a fim de avaliar o impacto dos metais pesados sobre o meio ambiente. Localizado na região do Planalto Brasileiro no Estado do Mato Grosso do Sul, o Rio Taquarizinho faz parte da Bacia do Alto Taquari (BAT), tornando um importante sistema de sustento de diversas atividades econômicas regionalizadas como a agropecuária e a agricultura, que são potencialmente fornecedoras destes materiais. Para avaliar os efeitos desses impactos, foram coletadas amostras de solos em vinte e nove pontos ao longo da Bacia do Rio Taquarizinho, todos georeferenciados. As amostras para análises laboratoriais foram coletadas na superfície, 10, 20, 30, 40 e 50 cm de profundidade dos perfis. Foram analisadas as porcentagens de matéria orgânica, granulometria, pH em CaCl_2 , cátions trocáveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e Na^+), acidez potencial (H^+ , Al^{+3}), fósforo disponível (P) extraído pela resina trocadora de ânions e micronutrientes (Cu, Zn, Fe e Mn), e os metais pesados, cromo, alumínio, cobre, ferro, manganês, cádmio, zinco, chumbo e níquel. Valores de concentração dos metais foram comparados com os valores orientadores utilizados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), que propõe três níveis: Valor de Referência de Qualidade (VRQ), Valor de Prevenção (VP) e Valor de Intervenção (VI). Com base nesses níveis, os resultados obtidos mostraram valores acima do Valor de Referência de Qualidade (VRQ) para apenas dois metais pesados, cádmio e níquel, sendo que a concentração de cádmio em onze pontos estudados, foram considerados moderadamente poluídos, e um ponto poluído com valor acima do Valor de Intervenção na ordem de 3,298mg/kg. Em relação à concentração de níquel, foram encontrados dois pontos moderadamente poluídos com valores acima do Valor de Prevenção na ordem de 33,540mg/kg.

Palavras-chave: solos; metais pesados; Rio Taquarizinho-MS.

ABSTRACT

SARAIVA, M.A.M. (2007). *Heavy Metals in Ambient Samples of Horizontes for Soil as Environmental Indicating River Taquarizinho. Campo Grande /MS, 2007. 90 p. Master Dissertation – Federal University of Mato Grosso do Sul, Brazil.*

This work had as main objective to search ground samples in the neighborhoods of the River Taquarizinho, in an attempt of evaluation of the impact of metals weighed on the environment. The Basin of the High Taquari, located in the region of Brazilian plateaus and where the River Taquarizinho is part, is an important sustenance system of diverse regionalizadas economic activities. In result of antropogênicas activities, such as use and inadequate occupation of the ground; use of pesticides and fertilizers in the farmings; with the disordered deforestation, it was verified that the River Taquarizinho suffers to different degrees from degradation throughout its course, causing losses and unbalanced carries of ground and nutrients for the pantaneira plain. To evaluate the effect of these impacts, collections of ground samples had been carried through in twenty and nine points throughout the Basin, for better identification all they had been georeferenciados. The ground samples had been removed in five layers of 10cm. The exchangeable percentages of organic substance, granulometria, pH in CaCl₂, cátions (Ca⁺², Mg⁺², K⁺ e Na⁺), potential acidity (H, Al⁺³), available match (P) will be analyzed extracted by the exchanging resin of nutrient aníons and micron (Cu, Zn, Fe and Mn), and metals weighed, have covered, iron, manganese, cadmium, zinc, lead, nickel, and chromium. They had been analyzed by Spectroscopy of Atomic Absorption, according to methodology of the Standard Methods, 21th ed. The ground had been evaluated with the orienting values used by CETESB, 2005, which considers three levels: value of quality reference (VRQ), value of prevention (VP) and value of intervention (VI). The concentrations of metals had been analyzed based in these parameters resulting the presence of cadmium above of the value of intervention with 3,298mg/kg and nickel with results above of the value of prevention in the order of 33,540mg/kg.

Keywords: soil; heavy metals; Taquarizinho River.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, apesar de ser um país que ocupa um dos primeiros lugares entre os países mais ricos em água doce do mundo, com 5600 km³ /ano (MEIO AMBIENTE, 1998), os rios são sinônimos de degradação. Esse quadro de degradação também ocorre na área de estudo, que está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Taquarizinho, afluente do Rio Coxim, fazendo parte da Bacia do Alto Taquari (BAT), situado no Pantanal Sul-Mato-grossense. O Rio Taquarizinho é um dos rios que abastecem a região do Pantanal, e sobre o qual, crescentes discussões têm se levantado a respeito dos impactos ambientais existentes. Iniciou-se a partir dos anos setenta, com a intensificação das técnicas agrícolas mecanizadas, e devido à total falta de planos de conservação e manejo dos solos, começando assim os processos erosivos graves na região da Bacia do Alto e Médio Taquari. Frente a essa situação, vários impactos foram ocasionados como as voçorocas, devido à retirada da vegetação natural, próximo às nascentes do Rio Taquari. Outro impacto mais preocupante é a formação de “arrombados”, provenientes da ocupação das bacias do planalto, que são subdivisões do leito principal do Rio Taquari, formando inúmeros canais com fluxo permanente de água (MATO GROSSO DO SUL, 2004).

Com a formação de voçorocas e arrombados, multiplicaram-se os casos de poluição, assoreamento, inundações permanentes, perdas de solo e transportes de sedimentos para regiões de planície (Pantanal), com prejuízos a economia agropecuária, diminuindo a produtividade de áreas anteriormente produtivas.

O quadro de degradação, desperdício dos recursos hídricos e perda de aspectos importantes na qualidade do solo, carecem de revisão devido à sua importância e sua localização no Pantanal Sul-Mato-grossense, pois um solo com alta qualidade é aquele que se mostra apto para garantir a alta produção agrícola, a sustentabilidade ou otimização da produtividade e a maximização dos lucros. Entretanto, sob o ponto de vista ambiental, o solo não é somente a fonte de nutrientes, mas também um filtro para a remoção de contaminantes (BOLAN *et al.*, 1999). A qualidade dinâmica do solo é a maneira como ele se altera, frente às estratégias de manejo, e um dos desafios é estabelecer essas estratégias de uma forma que atenda a multifuncionalidade do solo.

As alterações em função do desenvolvimento agroindustrial desordenado, além de diversas atividades antrópicas potencialmente impactantes, que se instalam de forma não

planejada, ao longo da Bacia, acrescida da diversidade de impactos ambientais ocorridos e a pequena base de dados existentes, sobretudo para a maioria dos ecossistemas, têm-se constituído em um dos maiores problemas para as comunidades circunvizinhas, principalmente quanto ao uso e o manejo desses sistemas.

A capacidade do sedimento em acumular compostos químicos, salientado por Esteves (1988), faz deste compartimento um dos mais importantes na avaliação do nível de contaminação de ecossistemas. Os compostos indicadores de contaminação ambiental encontrados no sedimento podem ser orgânicos, como inseticidas e herbicidas, ou inorgânicos, como elementos metais pesados.

Muitas são as preocupações ambientais, em relação à poluição por metais pesados, principalmente porque tendem a acumular no ambiente, de entrarem em várias rotas geoquímicas e biogeoquímicas, atingindo àqueles que mais estão expostos, ou, de forma indireta, de serem levados tão longe dos locais de onde tiveram origem.

O solo foi, é, e continuará a ser, um dos principais receptores de metais pesados. Aí são depositados ou enterrados, apesar da existência de algumas leis que visam à sua proteção. Essa contaminação tem, sobretudo, as seguintes origens:

- Municipal e industrial: aterros, esgotos, deposição de lamas de depuração em zonas agrícolas, condutos e valas de transporte;
- Agrícola: aplicação de fertilizantes e pesticidas, em especial;
- Outras: exploração mineira, deposição atmosférica.

Os metais são essenciais aos organismos em pequenas quantidades; em excesso, desencadeiam diversos problemas. Devem ser vistos com preocupação, especialmente por serem elementos não-degradáveis, que permanecem por um longo tempo nesse ambiente, atingindo toda a cadeia trófica (MANAHAM, 1992). Uma vez que atingem o solo, esses metais depositam nos sedimentos e sofrem processos complexos de adsorção, que ainda são desconhecidos, especialmente em ambientes tropicais.

Este estudo irá identificar pontos na Bacia do Rio Taquarizinho em relação à concentração de metais pesados, em solos, podendo futuramente subsidiar novos estudos em locais críticos de contaminação, e contribuir para a formação de uma base de dados, para a avaliação da utilidade dos solos.

A necessidade de se fazer pesquisas para monitoramento ambiental é fundamental, pois estes procedimentos fornecem dados importantes que podem avaliar a exposição e seus efeitos potenciais à saúde e ao meio ambiente.

A formação de contaminantes com metais pesados não se pode evitar, mas se deve tratar de evitar que cheguem ao solo, podendo conseguir isso utilizando tecnologias baseadas em sua retenção e sua transformação em substâncias inócuas. O elevado custo no desenvolvimento de tecnologias para o tratamento de solos contaminados, associado à dispersão crescente de elementos tóxicos, vem catalisando esforços para o desenvolvimento de novos processos de tratamento. Os processos estão baseados na habilidade natural de determinados materiais biológicos em acumular metais pesados, em função de suas características estruturais. Entre esses materiais inclui-se o solo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

- Identificar os metais encontrados em amostras de solo da Bacia do Rio Taquarizinho;
- Avaliar a qualidade dos solos baseados em três níveis de valores orientadores de metais pesados, Valor de Referência de Qualidade (VRQ), Valor de Prevenção (VP), e Valor de Intervenção (VI);
- Determinar as concentrações de metais pesados nos horizontes superficiais dos solos da Bacia do Rio Taquarizinho e a sua significância ambiental.

2.2 Objetivos específicos

- Quantificar os metais pesados em solos, na Bacia do Rio Taquarizinho;
- Determinar as características físicas e químicas do solo, como granulometria, porcentagens de matéria orgânica, pH em CaCl_2 , cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{+2} , K^{+} , Na^{+} , acidez potencial H^{+} , Al^{+3} , fósforo disponível (extraído pela resina trocadora de ânions) e micronutrientes (Cu, Zn, Fe e Mn).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Definições para metais pesados

Os contaminantes inorgânicos mais tóxicos que ocorrem em solos são designados como “metais pesados”, termo utilizado neste trabalho para identificar um grupo de elementos com densidade atômica maior do que 5g cm^{-3} ou que possuem número atômico maior que vinte (MARQUES *et al.*, 2002).

Os elementos conhecidos coletivamente como metais são aqueles cujo peso específico é aproximadamente igual ou maior que cinco, definindo-se peso específico como a razão entre a densidade do metal e a densidade da água a 4°C (LAPEDES, 1974).

A expressão, “metais pesados” de definição controversa é muito criticada, vem sendo usada na literatura científica para caracterizar um conjunto muito heterogêneo de elementos incluindo metais, semimetais e não-metais e é a mais empregada para designar elementos classificados como poluentes do ar, da água, do solo e dos alimentos (PUNZ & SIEGHART, 1993). Os termos “metal-traço” ou “elemento-traço” são usados como sinônimos, embora, por definição na química analítica quantitativa, também sejam inadequados, uma vez que o qualitativo “traço” designa concentrações não detectáveis, de qualquer elemento, pela mais avançada técnica instrumental disponível.

Embora o termo “metais pesados” seja normalmente adotado como referência a metais associados à poluição e toxicidade, sendo chamados de “metais tóxicos”, alguns destes elementos atendem aos critérios de essencialidade as plantas, animais e aos homens. Sódio (Na), magnésio (Mg), potássio (K), cálcio (Ca), cromo (Cr), manganês (Mn), ferro (Fe), cobalto (Co), cobre (Cu), zinco (Zn), selênio (Se), e molibdênio (Mo) são elementos essenciais à fisiologia humana, outros como o mercúrio (Hg), o chumbo (Pb), o cádmio (Cd), e o arsênio (As), são altamente tóxicos aos seres humanos, mesmo quando presentes em baixas concentrações, e respondem pela maioria dos problemas de saúde devido à poluição do meio ambiente (SHROEDER, 1996; WHO, 1996).

Uma explicação mais adequada afirma que, dos 106 elementos conhecidos, 84 classificam-se como metais, então, pelo critério de toxicidade, as oportunidades de contaminações por metais são numerosas. Não obstante, nem todos os metais representam perigo para o ambiente; alguns não são tóxicos, enquanto que outros, ainda que o sejam, são

muito escassos ou seus compostos são insolúveis. Como resultado, só uns poucos entre eles são considerados, contaminantes ambientais (STOCKER & SEAGER, 1981).

Para o potencial de poluição ambiental, os elementos podem ser classificados de acordo com três critérios propostos: 1) não-crítico; 2) tóxico, mas muito insolúvel ou muito raro; 3) muito tóxico e relativamente disponível (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983). A Tabela 3.1 apresenta a classificação dos elementos químicos em função da toxicidade e disponibilidade.

TABELA 3.1 - Classificação dos elementos químicos em função da toxicidade e disponibilidade

NÃO-CRÍTICO			TÓXICO MAIS MUITO INSOLÚVEL OU MUITO RARO		MUITO TÓXICO E RELATIVAMENTE DISPONÍVEL		
Na	C	F	Ti	Ga	Be	As	Au
K	P	Li	Hf	La	Co	Se	Hg
Mg	Fe	Rb	Zr	Os	Ni	Te	Tl
Ca	S	Sr	W	Rh	Cu	Pd	Pb
H	Cl	Al	Nb	Ir	Zn	Ag	Sb
O	Br	Si	Ta	Ru	Sn	Cd	Bi
N			Re	Ba	Pt		

FONTE: FÖRSTNER & WITTMANN (1983)

Estudos relativos à toxidade dos metais pesados indicam que, em baixas concentrações, podem ocorrer situações que levam à deficiência nutricional. Todavia, a suplementação adequada resulta em ótimas condições para o organismo, ao passo que o excesso resulta em efeitos tóxicos ou, até mesmo letais, conforme pode ser observado na Figura 3.1 (MARTIN & SIGEL, 1980).

FIGURA 3.1 – Correlação entre o desenvolvimento de organismos e a concentração do metal

FONTE: MARTIN & SIGEL (1980)

O aumento das concentrações de metais pesados no solo, na maioria proveniente de fontes antropogênicas como lodo de esgoto, é considerada uma séria possibilidade de perigo para a relação solo-planta-animal (QIAN *et al.*, 1996; MOOLENAAR *et al.*, 1997; MORENO *et al.*, 1998). O potencial de perigo do acúmulo de metais para plantas cultivadas nos solos é um problema crescente em muitos países. Isso tem aumentado a demanda para intensivas pesquisas no esforço certo de prever a disponibilidade dos metais em um solo em desenvolvimento.

Sims & Kline (1991) relatam que, em cada espécie de planta, a disponibilidade dos metais depende da especiação química do metal e é determinada pelas propriedades químicas

e físicas do solo, ou seja, do tamanho das partículas distribuídas no solo, conteúdo de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica, salinidade e pH. A apreciação dos efeitos de metais pesados, em solos e plantas, pode somente ser obtida por meio do conhecimento preciso da especiação e resposta deste metal para cada tipo de planta.

Os fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e, principalmente, mineração, fundição e refinamento, são as fontes antropogênicas mais comuns de metais pesados no ambiente (TAVARES & CARVALHO, 1992). A Figura 3.2 apresenta as fontes de poluição do solo e sua migração.

FIGURA 3.2 – Fonte de poluição do solo e sua migração

FONTE: Adaptado da CETESB (2007).

Os fertilizantes minerais e corretivos de solos ácidos comercializados no Brasil possuem altas concentrações de metais pesados como Cd, Ni, Pb, Zn e Cu, de acordo com vários autores (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983; MALAVOLTA, 1994; McLAUGHLIN *et al.*, 1996).

A Tabela 3.2 apresenta os teores de micronutrientes e de alguns metais pesados nos adubos utilizados no Brasil em mg.kg^{-1} .

TABELA 3.2 - Teores de micronutrientes e de alguns metais pesados nos adubos utilizados no Brasil

Adubos	Concentração em mg.kg^{-1}												
	B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	N	Zn	As	Cd	Cr	Hg	Pb
Sulfato de Amônio	45	3	12		26		1,1		5				
Uréia	74	3	<1		26		3,4		2				
Acido fosfórico													
Fosfato diamônico	100	11	7		235		11		122				
Fosfato monoamônico										<0,03			
Rocha fosfática Araxá (MG)			72	29590	3915		117	740		6,7	1,9		36
Catalão (GO)		23	30		449		26	40	2	<2	14	<0,05	36
Itabira (MG)										<0,03			
Jacupiranga (SP)										<0,03			
Patos (MG)		22	30		529		26	82	2	<2	26	0,26	30
Tapira (MG)		21	13		328		14	22	2	2	4	<0,05	28
Superfosfato simples Araxá										0,6			

Superfosfato triplo				6565	300	24	810	4,4	0,9	18
Termofosfato			44	38410	222	330	374	3,1	10	65
Cloreto de potássio	44	8	4		22	0,2	11			
	a	a	a		a	a	a			
	204	9	17		32	1,4	26			

FONTE: MALAVOLTA (1994)

Segundo Malavolta (1994), torna-se difícil generalizar o impacto da utilização desses produtos sobre o meio ambiente, uma vez que os teores de metais pesados, presentes em diferentes fertilizantes e corretivos, apresentam níveis extremamente variáveis. Isso só seria possível através de análises do produto e da matéria-prima. Contudo, são poucos os relatos na literatura brasileira, sobre os efeitos de metais pesados oriundos da aplicação de fertilizantes e corretivos nos solos e nas plantas. Portanto, as próprias condições do solo favorecem a utilização de grandes quantidades desses materiais, contribuindo para a contaminação por metais pesados.

3.2 Origens dos metais pesados no solo

Todos os metais pesados estão presentes no ambiente, desde a formação do planeta, e sua distribuição nos solos, sob condições naturais, é generalizada. No entanto, os metais presentes no solo, geralmente são divididos em duas categorias, de acordo com a sua origem predominante: litogeoquímicas associados à composição dos materiais de origem derivados de rochas de processos temporais naturais como zircônio; rubídio e estrôncio; e ou de origem antrópica que, em zonas agrícolas, principalmente derivados do aporte de fertilizantes, incluindo, entre outros, o cromo, o cobalto, o níquel, o cobre, o zinco, o cádmio, o mercúrio e o chumbo.

A ocorrência natural de metais pesados em solos depende, principalmente, do material de origem do processo de formação do solo, da composição e proporção dos componentes de sua fase sólida. A relação do solo com o material de origem é bastante evidenciada quando o primeiro é formado “*in situ*” sobre a rocha, tornando-se menos expressiva nos solos originados sobre materiais previamente intemperizados. Solos com origem em rochas básicas, naturalmente mais ricas em metais, apresentam maiores teores desses elementos, quando comparados com aqueles formados sobre granitos, gnaisses, arenitos e siltitos (VALADARES, 1975; ROVERS *et al.*, 1983; TILLER, 1989; OLIVEIRA,

1996). No entanto, quanto mais desenvolvido o solo, menor é a influência da rocha parental (ZHANG *et al.*, 2002).

Apesar de a composição elementar total no solo ter utilidade bastante limitada, seu conhecimento fornece indicativos de seu teor natural no ambiente, que é importante em estudos ambientais de contaminação e de poluição, principalmente no estabelecimento de padrões de referência. Para as substâncias inorgânicas de interesse ambiental (metais pesados) que ocorrem naturalmente no solo, os valores de referência de qualidade podem ser estabelecidos em função das concentrações naturais, levando-se em consideração a variação das propriedades do solo (CETESB, 2001).

Valores médios da concentração natural de elementos tóxicos no solo no âmbito mundial são bastante heterogêneos. No Brasil, realizaram-se alguns levantamentos dos teores totais de metais pesados, entretanto, ainda poucos foram concluídos. Estudos realizados por Fadigas *et al.* (2002), utilizaram 162 amostras dos principais tipos de solos do Brasil (especialmente Latossolos e Argissolos) e mostraram que com exceção do Cd, as concentrações médias de Cr, Cu, Fe, Mn, Ni e Zn são inferiores àqueles reportados pela literatura internacional. A mobilidade e a disponibilidade estão relacionadas com os teores solúveis dos elementos, mais do que com seus teores totais.

A maioria dos metais pesados ocorre naturalmente nos solos, em baixas concentrações, e em formas não prontamente disponíveis para as plantas e os organismos vivos (RESENDE *et al.*, 1997). A concentração de metais pesados, na maioria dos solos, é muito baixa, da ordem de 1 a 100 mg.kg⁻¹ e, em alguns casos, abaixo de 1 mg.kg⁻¹. Nessas condições, o elemento tende a ser retido no solo por adsorção, principalmente na forma não trocável (McBRIDE, 1989).

A concentração de metais pesados no solo pode ser afetada por fenômenos naturais como erupções vulcânicas, redistribuição por ação eólica ou hídrica, e por ações antrópicas, como mineração, metalurgia, disposição de resíduos no solo, queima de resíduos, uso de fertilizantes, corretivos e outros insumos agrícolas.

Campos *et al.* (2003), estudando dezenove latossolos brasileiros, encontraram os teores de metais pesados, apresentados na Tabela 3.3. É importante observar que os resultados obtidos pelos autores se referem a teores “totais” obtidos pelo método USEPA 3051A.

TABELA 3.3 - Teores de metais pesados em solos brasileiros

Elemento	Concentração (mg.kg ⁻¹)
Cd	0,66±0,19
Cu	65±7,4
Ni	18±12
Pb	22±9
Zn	39±24

FONTE: CAMPOS *et al.*(2003)

Berthelsen & Steines (1995) relatam que, tradicionalmente, a retenção de metais em solos orgânicos tem sido associada com a formação de complexos com a adsorção pela matéria orgânica do solo. Tanto Cu como Pb parecem estar fortemente retidos pela superfície do solo. Zn e Cd são considerados mais móveis e são prontamente lixiviados, especialmente em solos ácidos.

As investigações mostraram resultados inesperados concernentes à relação entre acidificação e mobilidade do metal realizada por Berthelsen *et al.* (1995) e Berthelsen & Steines (1995), e entre a mobilidade e superfície de plantio, indicando que esses metais não podem ser explicados apenas pelas características químicas do solo. Uma forte retenção de Zn e Cd pela camada húmica após acidificação experimental em pH 2,5 e a retenção de Zn, Cd e Cu na superfície orgânica do solo após plantio, foi explicada pela alta concentração de Zn, Cd e Cu dentro do solo e de biomassa de fungos.

Vários países têm fixado seus teores máximos permissíveis, para controlar o descarte de metais pesados nos solos, de modo a manter os riscos ambientais dentro dos limites aceitáveis; esses teores máximos, não levam em consideração a influência das propriedades individuais dos solos, sendo muito criticados, pois, para alguns solos, são muito restritivos, enquanto para outros, podem ser muito elevados (POMBO, 1995).

Segundo Pombo (1995), a adsorção de cádmio nos solos depende das características dos solos, como pH, conteúdos em argila, matéria orgânica e Capacidade de Troca Catiónica (CTC), localização, profundidade, drenagem, bem como a disponibilidade do cádmio adsorvido pelas plantas, e também o estabelecimento de critérios adequados para o descarte de cádmio nos solos.

No Brasil, o teor de cádmio total nos solos situa entre valores menores do que 0,1 a 0,4 mg.kg⁻¹ (MATTIAZZO-PREZOTTO, 1994).

Marinussen *et al.* (1997) observam que, devido às propriedades químicas do solo, os contaminantes tendem a ter uma interação maior com os componentes bióticos e abióticos do solo, afetando a disponibilidade de metais pesados. Esses autores adicionaram soluções ricas

em Cd e Pb a solos com grandes quantidades de Cu, observando que, na solução do solo, havia teores significativos dos metais.

O fator principal que determina o conteúdo de Cd no solo é o material de origem, porque a concentração de Cd na solução do solo é relativamente baixa (aproximadamente $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$), e valores mais altos indicam possíveis contaminações no solo, geralmente por operações de fundição de Zn e Pb (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992).

McLaughlin *et al.* (1999) mencionam que o Cd não se fixou realmente na fase cristalina do solo e por mais agricultável que o solo seja, sua solubilidade é provavelmente controlada pela reação de adsorção/desorção com a fase sólida do solo, predominantemente a matéria orgânica e os óxidos de Fe e Mn. A solução do solo, pH e forças iônicas têm maior rota de controle na retenção de Cd pela superfície das partículas do solo, resultando entre seus efeitos, nas cargas coloidais, a especiação do cádmio e a competição interiônica pelos sítios de sorção. A sorção é intensificada pelo pH alto, baixa força iônica na solução (em solos com cargas negativas) e menor concentração de Ca, Cl e Zn na solução.

Na maioria das matrizes ambientais o chumbo está presente em pequenas quantidades, porém, devido à poluição difundida de Pb, a maioria dos solos está sendo contaminada por esse metal, especialmente no horizonte superficial. Países como a Dinamarca, Japão, Inglaterra e Irlanda apresentam altos níveis de Pb no solo (cerca de $0,1 \text{ g.kg}^{-1}$), refletindo assim o impacto ambiental causado pela poluição provavelmente em consequência do desenvolvimento desses países (ADRIANO, 1986).

Na Austrália, a adição de Pb nos solos por fertilizantes é geralmente pequena, cerca de 2 g de Pb/ha.ano ou menos (McLAUGHLIN *et al.*, 1996), provenientes de herbicidas e pesticidas, entretanto esta prática tem sido controlada. A adição de lodos de esgoto para os solos pode contribuir com quantidades significativas de Pb no solo, dependendo da fonte deste lodo (McLAUGHLIN *et al.*, 1999).

Kabata-Pendias & Pendias (1992) reportam que o destino do Pb no solo, proveniente de atividades antropogênicas, tem sido muito pesquisado, devido à entrada desse metal na cadeia alimentar do homem. O acúmulo de Pb na superfície de solos expostos a várias fontes de poluição, em alguns locais, já alcançou um valor bem alto (aproximadamente 20 g.kg^{-1} em peso seco) de material de terra seca. Deve ser enfatizado que contaminação de solos com Pb é um processo cumulativo praticamente irreversível, aumentando, dessa forma, os teores

desse metal na superfície do solo, o que indica uma correlação na disponibilidade de absorção do mesmo pelas raízes das plantas.

Segundo McLaughlin *et al.* (1999) e Sriyaraj & Shutes (2001), a entrada de Pb nos solos agricultáveis ocorre pela deposição atmosférica derivada da combustão de gasolina contendo aditivos de Pb e de emissões veiculares, bem como da mineração de metais não ferrosos, em áreas de alto tráfego veicular, centros urbanos, ou áreas industrializadas, onde a deposição atmosférica é bem alta. Por exemplo, constatou-se uma deposição anual de 50g de Pb./ha.ano ao longo de Adelaide Sul da Austrália.

O ferro (Fe) e o manganês (Mn) são os metais pesados que normalmente aparecem em maior quantidade nos solos. Suas concentrações, em geral, são muitas vezes maiores que a dos demais elementos, especialmente do Fe. De acordo com Melfi *et al.* (1979), solos com horizontes relativamente pobres em Fe (teor de $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 50 \text{ g.kg}^{-1}$) ocupam 36,2% do território brasileiro; aqueles com teores de Fe variando entre 50 e 250 g.kg^{-1} representam 58,8% da superfície, enquanto os mais ferríferos, com mais de 250 g.kg^{-1} de Fe_2O_3 , apenas cinco por cento.

Além da natureza do material de origem, outros fatores como o teor e a composição da fração de argila, conteúdo de matéria orgânica e condições físico-químicas nos solos, podem influenciar a concentração em metais pesados (BARONA & ROMERO, 1996; OLIVEIRA, 1996).

Nos solos, os metais pesados podem ser retidos por diferentes mecanismos, principalmente quando os solos são ricos em matéria orgânica e com pH maior que 7 reduzindo a lixiviação e a conseqüente entrada nos corpos d'água. Nesses ambientes, reduzem a fertilidade e o desenvolvimento das plantas (JARDIM, 1988; LACERDA & SOLOMONS, 1998).

A introdução de metais pesados no organismo humano, via cadeia alimentar, pode provocar inúmeras doenças, podendo causar até a morte (CHAPMAN *et al.*, 1996).

3.3 Solubilidade e mobilidade dos metais pesados no perfil do solo

As reações que controlam a disponibilidade de metais pesados em solos compreendem adsorção e dessorção, precipitação e dissolução, e complexação (BARROW, 1989). Esses processos são influenciados por diferentes atributos (Tabela 3.4), sendo o pH um dos mais relevantes (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001).

TABELA 3.4 - Impacto de atributos do solo na mobilidade de metais pesados

Atributo do solo	Base para o impacto	Impacto na mobilidade
Ligantes inorgânicos dissolvidos	Aumento da solubilidade do metal pesado	Aumento
Ligantes orgânicos dissolvidos	Aumento da solubilidade do metal pesado	Aumento
Baixo pH	Redução na adsorção de cátions em óxidos de Fe, Al e Mn	Aumento
Alto pH	Aumento na adsorção de ânions em óxidos de Fe, Al e Mn	Diminuição
	Precipitação crescente de oxiânions	Diminuição
	Precipitação crescente de cátions como carbonatos e hidróxidos do metal	Diminuição
	Aumento na adsorção de cátions em óxidos de Fe, Al e Mn	Aumento
	Complexação crescente de alguns cátions por ligantes dissolvidos	Aumento
	Aumento na adsorção de cátions por material humidificado sólido	Diminuição
Alto conteúdo de argila	Redução na adsorção de ânions	Aumento
Alto conteúdo de húmus	Aumento na troca catiônica (em qualquer valor de pH)	Diminuição
Presença de óxidos ou revestimentos de Fe, Al ou Mn	Aumento da complexação para a maioria dos cátions	Diminuição
Redox	Aumento na adsorção de cátions com aumento do pH	Diminuição
	Aumento na adsorção de ânions com decréscimo de pH	Diminuição
	Diminuição da solubilidade em baixo pe na forma de sulfetos do metal quando na presença de S	Diminuição
	Aumento da solubilidade de óxidos e hidróxidos de metais divalentes quando comparados com os trivalentes	Aumento
	Diminuição da complexação em solução para os menores estados de oxidação	Aumento
	Redução na adsorção para os menores estados de oxidação	Aumento

FONTE: Adaptado de HAYES & TRAINA (1998).

Com exceção do Mo e Se, a solubilidade dos metais pesados diminui com o aumento do pH. O aumento do pH do solo em uma unidade determina a diminuição de cem vezes na disponibilidade do Cu, mas aumenta em cem vezes a do Mo.

Muitas das formas tóxicas dos metais pesados catiônicos (Ag^+ , Cu^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+}) apresentam baixa mobilidade no solo por formarem complexos de esfera interna (adsorção específica) com os minerais. Esse comportamento ficou bem evidenciado para adsorção de Pb em latossolos brasileiros (PIERANGELI *et al.*, 2001b). No caso do Cd, a adsorção foi predominantemente não específica (formação de complexos de esfera externa), o que torna o Cd mais móvel em latossolos do que o Pb.

Felizmente, algumas formas de metais pesados consideradas muito tóxicas, podem não apresentar alta mobilidade em solos, o que realça o importante papel dos solos como um tampão natural que controla o transporte de elementos químicos e outras substâncias para a atmosfera, hidrosfera e biota (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001a). Em se tratando de metais pesados em ecossistemas tropicais, isto é, especialmente importante no caso de solos que apresentam altos teores óxidos, os quais tendem a interagir muito fortemente com

oxiânions e metais catiônicos como Pb^{+2} e Cu^{+2} reduzindo, assim, o potencial de impacto ambiental negativo desses elementos.

3.4 Características de alguns dos metais pesados

A seguir, serão apresentados os metais pesados a serem avaliados na Bacia do Rio Taquarizinho, de interesse ambiental, em solos, águas, ar, flora e fauna, bem como seus efeitos em seres humanos.

3.4.1 Alumínio

É um sólido nitidamente metálico, de densidade específica $2,7\mu\text{g.m}^{-3}$ que funde a 660°C , bom condutor de calor e eletricidade, sendo o terceiro metal em abundância na crosta terrestre. Em estado puro, é bastante mole e maleável. Embora seja muito oxidável, não se altera em contato com a água nem com o ar, pois sua superfície é protegida por uma fina camada de alumina. É trivalente em seus compostos, como a alumina Al_2O_3 ou como cloreto AlCl_3 . É o principal constituinte de um grande número de componentes atmosféricos, particularmente de poeira derivada de solos e partículas originadas da combustão de carvão. Em áreas urbanas, a concentração de Al na poeira das ruas varia de 3,7 a $11,6\mu\text{g.kg}^{-1}$. No ar, a concentração varia de $0,5\mu\text{g.m}^{-3}$ sobre a Antártica a mais de $1000\mu\text{g.m}^{-3}$ em áreas industrializadas. Na água, o alumínio é complexado e influenciado pelo pH, temperatura e a presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa, com pH entre 5,5 e 6,0 (CETESB, 2001).

O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turbidez. Outro aspecto chave da química do alumínio é sua dissolução no solo para neutralizar a entrada de ácidos com as chuvas ácidas. Nessa forma, é extremamente tóxico à vegetação e pode ser lixiviado para os corpos d'água, (CETESB, 2001).

O alumínio puro é utilizado por sua grande condutibilidade térmica e elétrica (condutores para eletrotécnica, condensadores, refletores), bem como por sua resistência ao ar e a certas corrosões freqüentes (em folhas e placas, serve para embalagens e certas coberturas, atende indústrias químicas, farmacêuticas e alimentícias). As ligas de alumínio, ou ligas leves, devido a seu peso e por serem também imunes a muitas corrosões, encontram por sua vez numerosas aplicações específicas.

A tradicional liga de alumínio-cobre-magnésio, ou duralumínio, pode ser endurecido por um tratamento estrutural (maturação ou envelhecimento) que a torna utilizável na fabricação de automóveis e aviões. Outras ligas, com cobre-níquel, com magnésio (alumig), com magnésio-zinco (zicral), sofrem igualmente esse tratamento térmico característico. Em forma de peças de fundição, a liga de alumínio-silício (alpax) é utilizada na produção de blocos de motores de êmbolos de automóveis.

A principal via de exposição humana não ocupacional é pela ingestão de alimentos e água. A toxicidade aguda, por alumínio metálico e seus compostos, é baixa, variando a DL₅₀ (Dose Letal) oral de algumas centenas a 1.000 mg de alumínio por 1 kg de peso corpóreo, por dia. A osteomalacia é observada em humanos expostos ao alumínio. Há considerável evidência que o alumínio é neurotóxico. Em experimentos com animais, porém, há uma grande variação desse efeito, dependendo da espécie analisada. O acúmulo de alumínio no homem tem sido associado ao aumento de casos de demência senil do tipo Alzheimer, esclerose e doença de Parkinson. Não há indicação de carcinogenicidade para o alumínio (CETESB, 2001).

3.4.2 Cádmio

O cádmio (Cd) é considerado um elemento de transição, pertence ao quinto período da Tabela Periódica, grupo II B, apresenta densidade de 8,64 g.cm⁻³ e é classificado como um metal pesado. O íon Cd²⁺ apresenta a camada *d* totalmente preenchida. É incolor em solução aquosa.

Estudos realizados por Robards & Worsfold (1991) descrevem perfis de concentração de cádmio, numa série de amostras ambientais. A Tabela 3.5 apresenta as concentrações de cádmio em que as mais elevadas foram associadas à presença de efluentes industriais.

TABELA 3.5 - As concentrações de cádmio em amostras ambientais

Dispersão em função de processamentos industriais	Concentrações de Cádmio
Ar	5.000 a 200.000 ng.m ⁻³
Águas Doces	1 a 1.000 µg.L ⁻¹
Solo	0,1 a 80 mg.kg ⁻¹
Alimentos	0,2 a 600 µg.kg ⁻¹
Amostras Biológicas	1,2 a 132 µg.kg ⁻¹
Sedimentos	Superior a 100 mg.kg ⁻¹

FONTE: ROBARDS & WORSFOLD (1991).

O cádmio é um elemento que encontra vários usos e aplicações tecnológicas, tais como: em fungicidas; em baterias de Cd-Ni; no tratamento da borracha; na produção de

pigmentos; estampagem têxtil; minas de chumbo e indústrias químicas. O cádmio é utilizado principalmente em indústrias de galvanoplastia, em que o metal é depositado sobre os objetos a fim de proporcionar brilho e resistência à corrosão (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

O uso industrial do Cd é função de seu baixo ponto de fusão. O elemento é utilizado na fabricação de ligas metálicas com baixo ponto de fusão, baixo coeficiente de fricção e grande resistência à fadiga.

O uso do Cd no processo industrial e medicamentoso, há grande possibilidade de aparecer nos esgotos domésticos.

Segundo Pombo (1995), o cádmio é um metal pesado que pode ser adicionado aos solos, mediante aplicação de adubos fosfatados, calcários, pesticidas, efluentes industriais e domésticos. Entretanto, esse elemento, se adicionado aos solos, em condições e quantidade inadequadas, pode contaminar o lençol freático, assim como ser absorvido pelas plantas, prejudicando o seu desenvolvimento e/ou ocasionando danos aos homens e animais que delas se utilizam continuamente.

Assim como para outros metais pesados, a fração do cádmio adicionado a um solo, que é disponível para lixiviação e absorção pela planta, depende das suas interações químicas com as fases sólidas do solo, que é função das características individuais do elemento e do solo (POMBO, 1995).

No processo de intemperização o Cd passa rapidamente para a solução do solo, no qual pode ocorrer na forma de cátion Cd^{2+} , que é o estado de valência mais importante do Cd no ambiente natural. Em função das condições edafoclimáticas, o íon Cd^{2+} pode formar uma série de espécies iônicas e também complexos com matéria orgânica.

O Cd é considerado um dos mais móveis dos metais pesados, mas os resultados de pesquisa para avaliar sua mobilidade no perfil do solo têm sido contraditórios, deixando claro que o comportamento depende das condições intrínsecas do solo.

Embora vários fatores afetem a solubilidade do Cd no solo, os fatores considerados como os mais importantes são o pH e o potencial de oxidação.

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1992), sob condições de forte oxidação, o Cd forma minerais (CdO , CdCO_3).

Ainda que cloreto, nitrato e sulfato de cádmio sejam altamente solúveis em água, o carbonato e o hidróxido de cádmio são insolúveis, para altos valores de pH.

Em pH baixos o Cd encontra ligado a sítios de baixa afinidade, enquanto em pHs mais elevados a ligação ocorre em sítios de alta afinidade por adsorção específica, com diminuição nos sítios de baixa afinidade (FILUS *et al.*, 1998; GRAY *et al.*, 1998). Desta forma, em condições de baixo pH o Cd tende a ser mais móvel no solo. A maior mobilidade encontra-se na faixa de pH 5-7. O Cd é mais móvel em solos ácidos na faixa de pH 4,5 a 5,5, enquanto em solos alcalinos apresenta-se com baixa mobilidade.

McBride (1978) relata que o pH da solução do solo tem influência marcante na adsorção do Cd em solos altamente intemperizados e manifesta-se pela mudança da densidade da carga elétrica da superfície dos minerais de carga variável. A elevação do pH provoca aumento das cargas negativas, aumentando a afinidade dos mesmos para com Cd. Assim, em solos com cargas variáveis e possuindo teores elevados de matéria orgânica e de óxidos de ferro, a concentração de Cd, na solução do solo, pode ser diminuída pela calagem, com conseqüente diminuição da fitodisponibilidade. Em solo com pH próximo à neutralidade o Cd forma hidroxidação (CdOH^+), que é adsorvido na superfície dos óxidos de Fé e Al. Com avanço da reação pode ocorrer co-precipitação com óxidos de Fe e Mn. Nessas condições, a adsorção de Cd diminui, provavelmente devido a uma competição com os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Nos solos de regiões onde o índice pluviométrico é elevado, a probabilidade de ocorrer a movimentação vertical do Cd no perfil do solo é maior do que o acúmulo do metal nas camadas superficiais.

Podem ocorrer outros efeitos nocivos pela presença de Cd, acima dos padrões ambientais, tais como: paralisia respiratória; colapso cardíaco em casos de intoxicação aguda; osteomalecia (afinamento dos ossos); doença itai-itai (ocorrida no Japão, caracterizando-se por alteração no sistema renal-urinário com grande perda de cálcio); alterações fisiológicas nos organismos aquáticos semelhantes às observadas para o homem (SAWYER, 1987).

O consumo de sais de cádmio, em casos de intoxicação inicial, causa câimbras, náuseas, vômitos e diarreia. O cádmio tende a se concentrar no fígado, rins, pâncreas e tireóide de pessoas e animais. Uma vez que entra no organismo é provável que permaneça. Normalmente, muitas plantas e tecidos animais contém aproximadamente 1mg de cádmio por kg de tecido, mas não há evidências de que o cádmio seja essencial ou benéfico.

O consumo diário de cádmio, pelo homem, pode variar de 4 a 60 μg , dependendo dos alimentos ingeridos. As maiores fontes parecem ser alimentos do mar e grãos.

O cádmio pode atuar como um fator etiológico para vários processos patológicos no ser humano, incluindo tumores nos testículos, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, aumento da inibição, doenças crônicas de envelhecimento e câncer. Os fetos humanos demonstram que a placenta não é uma barreira completa contra a penetração do cádmio.

Nas águas não poluídas, a concentração de cádmio encontrada é normalmente menor que $0,001\text{mg.L}^{-1}$. O cádmio age sinergeticamente com outras substâncias, aumentando sua toxicidade. Concentrações de cádmio de $0,03\text{ mg.L}^{-1}$, em combinação com $0,15\text{mg.L}^{-1}$ de zinco, causa a morte de salmão (EPA, 1972).

3.4.3 Chumbo

O chumbo (Pb) é um metal dúctil, maleável, de cor prateada ou cinza-azulada, resistente à corrosão, pertence ao grupo IV A da Tabela Periódica. Apresenta densidade de $11,35\text{ g.cm}^{-3}$ e é considerado um metal pesado. A fonte mais importante de obtenção de Pb é a galena (PbS). Os compostos de chumbo são pouco solúveis em água, mas a maioria se dissolve em meio ácido. Apresenta dois estados de oxidação Pb^{2+} e Pb^{4+} , mas sua química ambiental é dominada pelo íon Pb^{2+} . Possui potencial de oxidação de $0,13\text{ V}$, tem a capacidade de formar ligações covalentes principalmente com átomos de enxofre de compostos biológicos (ADRIANO, 1986; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1992; RUSSEL, 1994).

O Pb pode aparecer comumente em feldspatos, micas e fosfatos minerais, e com os grupos minerais das apatitas, como substâncias isomórficas de Pb por K e Ba e às vezes Ca em alguns minerais. As concentrações de Pb, em solos não contaminados, são geralmente de $20\text{-}50\text{ mg.kg}^{-1}$, mas somente solos com "material orgânico" podem apresentar maiores concentrações do elemento (McLAUGHLIN *et al.*, 1999).

Há mais de quatro mil anos o homem utiliza o chumbo sob várias formas como, por exemplo, os romanos que utilizavam o chumbo na área de engenharia, fabricando tubulações para o transporte de água e também na confecção de utensílios domésticos. Dessa maneira, nas áreas em que a água era de caráter ácido, havia maiores riscos de exposição e contaminação pelo metal (OGA, 1996).

O chumbo, como muitos dos metais pesados, é um elemento tóxico, e ocorre como contaminante ambiental em consequência de seu largo emprego industrial, como na indústria extrativa petrolífera, de acumuladores, tintas e corantes, cerâmica e bélica.

Em rochas ígneas o metal aparece na ordem de 0,00015% ou $1,5\text{g.t}^{-1}$. A população urbana defronta-se com esse problema devido à sua constante emissão por veículos automotores, pelas indústrias, ou ainda pela ingestão de alimentos sólidos e líquidos contaminados (LARINI, 1996; NRIAGU, 1988).

O chumbo é acumulativo nos tecidos do homem e de outros animais. Aparece na natureza principalmente como sulfeto de chumbo (PbS), carbonato de chumbo (PbCO_3), sulfato de chumbo e ortofosfato de chumbo $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$. Sua toxicidade varia com o pH, matéria orgânica, presença de outros metais, dureza e oxigênio dissolvido (OD). A toxicidade do Pb diminui com o aumento da dureza, e aumenta com a diminuição do OD. A presença acima dos padrões ambientais pode causar efeitos nocivos, tais como: anemia; disfunção neurológica; enfraquecimento renal; irritabilidade; paralisia dos nervos; pressão sanguínea elevada; edema de papila; convulsão e coma; e nefrite saturnina. É cancerígeno, mutagênico e teratogênico. A EPA (1972) recomenda que, devido a pouca informação disponível sobre a sua remoção nos processos convencionais de tratamento de água, o Pb não deve exceder a $0,05\text{ mg.L}^{-1}$ nos mananciais de água para abastecimento público (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

A forma do Pb, no solo, pode variar grandemente em função do tipo de solo. A associação principalmente a minerais de argila, óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn e à matéria orgânica. Em alguns casos, pode concentrar-se em partículas de CaCO_3 e de fosfatos (KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2000).

Estudos realizados com dezesseis solos brasileiros mostraram que eles possuíam grande capacidade de retenção de Pb, e que mesmo em solos com pH em torno de 4,5 ou mais baixo o metal pesado pode encontrar em forma não disponível para as plantas (PIERANGELI *et al.*, 2001a).

Em solos brasileiros, contaminados com resíduos de mineração, mais de noventa por cento do Pb encontra-se na fração residual, de baixa disponibilidade para as plantas com pouco ou nenhum risco ambiental (RIBEIRO FILHO *et al.*, 1999).

As práticas de manejo e a calagem afetam sensivelmente a disponibilidade do Pb presente no solo. Em pHs elevados, o Pb pode se precipitar na forma de carbonato, fosfato e hidróxido. A calagem pode promover a formação de complexos de Pb com a matéria orgânica, havendo evidência da formação de quelados de baixa solubilidade. A adubação fosfatada também diminui a disponibilidade de P pela formação altamente insolúvel, de tal forma, que a aplicação de adubos fosfatados a solos contaminados por Pb tem sido uma das

técnicas mais usadas para remediação de eventuais problemas de toxidade pelo metal (TRAINA & LAPERCHE, 1999).

3.4.4 Cobre

O cobre é amplamente distribuído na natureza. São encontrados em algicidas aplicados aos reservatórios de águas, piscinas, corantes industriais de várias cores, na conservação de alimentos, inseticidas, germicidas, na indústria para preservação de madeiras, tinturas de cabelo, etc.

Nas indústrias elétricas e de automóveis, bem como no revestimento de chapas metálicas, o uso do cobre é preponderante. Frequentemente, este metal é utilizado em ligas com outros metais, resultando o latão (67% de cobre e 33% de zinco) e o bronze liga de cobre e estanho (MAHAN, 1995).

Os sais de cobre ocorrem em águas superficiais naturais apenas em quantidades traços, aproximadamente $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$. A toxicidade é afetada por condições ambientais, tais como temperatura, dureza, turbidez e dióxido de carbono. Elevadas concentrações de cobre pode produzir vômitos, perturbações no fígado, sabor desagradável na água e efeitos tóxicos para uma extensa variedade de formas aquáticas. Concentrações de $0,015 \text{ mg.L}^{-1}$ a $3,0 \text{ mg.L}^{-1}$ tem sido indicadas como tóxicas, em água doce, para muitas espécies de peixes, crustáceos, moluscos e plânctons em geral (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

É considerado o mais imóvel dos metais pesados, sendo fortemente fixado pela matéria orgânica, por óxidos de Fe, Al e Mn e pelos minerais de argila (ADRIANO, 1986). Assim, a característica comum da sua distribuição no perfil do solo é o acúmulo o horizonte superficial, seguindo o modelo de distribuição da matéria orgânica no perfil do solo.

Embora o Cu seja um elemento solúvel, portanto potencialmente móvel e disponível para as plantas, a forma com que ele ocorre no solo é de grande importância.

A contaminação de solos, por cobre, é resultante da utilização de materiais que contêm estes elementos, tais como: fertilizantes; resíduos municipais ou industriais e por emissões industriais.

3.4.5 Cromo

O cromo é encontrado em todas as rochas da crosta terrestre, por isso está difundido no solo, na água e nos materiais biológicos.

O cromo é um elemento traço essencial à nutrição humana, mas raramente encontrado em águas naturais. A toxicidade do Cr, em relação à vida aquática, varia largamente com a espécie, temperatura, pH, valência, oxigênio dissolvido e efeitos sinérgicos e antagônicos. Geralmente, o estado de oxidação depende da forma como o Cr é lançado, e das condições ambientais do corpo receptor, sendo que a forma hexavalente é mais tóxica para os peixes. Os efeitos que uma intoxicação por cromo podem causar são: corrosão das mucosas; e problemas respiratórios e modificações hematológicas. Os organismos aquáticos apresentam variação de cromo de 0,03 a 118 mg.L⁻¹, em relação à sensibilidade ao Cr. Considerando o Cr hexavalente, uma concentração de 0,05 mg.L⁻¹ causa a morte de *Daphnia magna* em seis dias (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, as concentrações máximas de cromo nos mananciais de águas doces, nas Classes 1, 2 e 3, são de 0,05 mg.L⁻¹; e na Classe 4 é >0,05 mg.L⁻¹. Dentre as fontes antropogênicas de contaminação de solo com metais pesados, a água de irrigação contribui significativamente, principalmente se for originária de rios que recebem grande carga poluidora (TILLER, 1989).

O conteúdo total e solúvel, de Cr no solo, reflete a natureza do material de origem e a participação antrópica.

Conforme Kabata-Pendias & Pendias (1992), o comportamento do Cr no solo, vem sendo amplamente estudado, e os resultados têm mostrado que a forma predominante é o Cr³⁺, que se encontra participando da estrutura de um mineral ou na forma de óxidos de Fe³⁺ e Cr³⁺. Dessa forma, o Cr³⁺ é pouco móvel e apenas em condições de acidez média. Em pH 5,5 o metal encontra-se quase totalmente precipitado, sendo seus compostos considerados muito estáveis no solo. Por outro lado, o Cr⁶⁺ é muito instável em solos e é facilmente mobilizado em meio ácido ou alcalino.

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1992), o comportamento do Cr no solo é governado pelo pH, pelos teores de matéria orgânica e de fosfatos de Fe, Mn e Al. Enquanto a adsorção do Cr⁶⁺ diminui com o aumento do pH, a adsorção do Cr³⁺ aumenta. O seu comportamento pode ser modificado pela formação de complexos orgânicos com o metal. Assim, a pronta conversão de Cr⁶⁺, forma solúvel do metal, para Cr³⁺, forma insolúvel, sob condições normais do solo, é de grande importância, pois é responsável pela baixa disponibilidade do elemento para as plantas.

O cromo é usado na metalurgia como elemento preventivo da corrosão. A cromagem é utilizada na fabricação de aço inoxidável, como material refratário; como corante de

tecidos; e é um oxidante no processo de obtenção de sacarina; na purificação de óleo e gordura; e o catalizador na produção de metanol, em colas, tintas e gel (CANTO, 1997).

3.4.6 Ferro

O metal ferro é muito abundante na litosfera, concorrendo com cerca de cinco por cento de sua composição.

É um elemento metálico que ocorre em águas naturais, oriundos da dissolução de compostos ferrosos de solos arenosos, terrenos de aluvião ou pântanos. Nestes tipos de solos, a matéria orgânica se decompõe consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico, o qual solubiliza compostos de ferro.

Altas concentrações de ferro em águas podem desenvolver as ferro-bactérias, que se encontram em rede e reservatórios de distribuição, em poços profundos. As ferrobactérias transmitem à água odores fétidos e cores avermelhadas, verde escura ou negra, e obstruem as canalizações. A Organização Mundial de Saúde (OMS), nos seus padrões de 1971, recomendou como teores máximos desejáveis e permissíveis, respectivamente, de 0,1 mg.L⁻¹ e 1,0 mg.L⁻¹ como ferro total (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

Embora muitos dos sais férricos e ferrosos sejam altamente solúveis em água, os íons ferrosos, em águas superficiais, são oxidados a condições férricas e formam hidróxidos pouco solúveis. Esses precipitados apresentam-se na forma de gel ou flocos, podendo, quando suspensos na água, exercer efeitos nocivos sobre peixes e outras vidas aquáticas. Pode também sedimentar cobrindo o fundo dos rios e destruindo os invertebrados de fundo, plantas e ovos de peixes em incubação. Com o tempo, esse material pode ligar-se, adquirindo características semelhantes ao cimento e tornando o local não apropriado para a desova de peixes.

O ferro, como metal pesado, é essencial às plantas e animais. Em algumas águas, é um fator limitante do crescimento de algas e outras plantas. É um mecanismo vital de transporte de oxigênio no sangue, para todos os animais vertebrados e alguns invertebrados.

O ferro é um constituinte indesejável em suprimentos de água potável, pois afeta as propriedades organolépticas e causa mancha nas roupas, sendo os limites permissíveis baseados não em considerações fisiológicas, mas de estética e sabor.

Nos solos, a concentração de ferro está relacionada com o material de origem e também com a poluição pelas atividades antrópicas, variando de 0,5 a 5,0%. Em relação aos

teores totais, as concentrações de Fe solúvel são extremamente baixas (MALAVOLTA, 1994).

As formas com que o Fe se apresenta no solo são Fe^{3+} , Fe^{2+} , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_3^-$ e $\text{Fe}(\text{OH})_4^{2-}$. Em solos muito arejados a contribuição do Fe^{2+} é muito pequena, a não ser em condições de acidez elevada, Kabata-Pendias & Pendias (1992). O ferro tem grande habilidade em formar complexos e quelados com a matéria orgânica, de tal forma a facilitar sua movimentação no perfil do solo e sua absorção pelas plantas.

Na indústria, o ferro que sai da fornalha contém impurezas de enxofre, fósforo e silício, além de quatro por cento de carbono, que está presente na forma do carvão (Fe_3C). Para produzir aço de alta qualidade nas quais o conteúdo em carbono é, em geral, menor do que 1,5%, o ferro fundido é tratado com ar ou oxigênio até que a maior parte do carbono seja retirada pela queima. As outras impurezas são separadas, como óxido, na ganga (MAHAN, 1995).

3.4.7 Manganês

O manganês também é um dos metais de maior abundância na litosfera, ocorrendo comumente em todas as rochas da crosta terrestre.

É um metal de cor cinza, mais duro e quebradiço que o ferro. Apresenta boa solubilidade em ácidos inorgânicos diluídos. Os óxidos, carbonatos e silicatos são os mais abundantes na natureza, apresentando insolubilidade na água. O cloreto de manganês (MnCl_2) é pouco hidrossolúvel.

O minério de manganês de maior ocorrência na natureza é a pirolusita, com quarenta a oitenta por cento de MnO_2 sua extração é uma importante fonte de exposição (RUSSEL, 1994).

As principais ligas de manganês são: Fe/Mn e Fe/ Si/ Mn, fósforo de segurança, pilhas secas, ligas não ferrosas (Cu e Ni), esmalte porcelanizado, fertilizante, fungicidas, rações para animais, eletrodos para solda, catalisadores, vidros, tintas, cerâmica, materiais elétricos e produtos farmacêuticos (EPA, 1972).

As exposições ocupacionais mais significativas ocorrem pelos fumos e poeiras do Mn. Nas exposições ocupacionais, a principal via de introdução e absorção de manganês é o trato respiratório. No sangue, o manganês encontra-se principalmente nos eritrócitos, e sua concentração é cerca de vinte a vinte cinco vezes superior à plasmática. Encontra-se em níveis mais elevados no fígado, conjugado aos sais biliares. Também são encontrados níveis

relativamente elevados nos pulmões, rins, glândulas endócrinas (tireóide, pituitária, supra-renais), intestino delgado e testículos. O manganês atravessa a barreira hematoencefálica. Os ossos e o cérebro são sítios de eliminação mais lenta. A principal via de eliminação é a biliar, e parece ser o principal mecanismo regulador dos níveis de manganês nos tecidos.

Sinais e sintomas de intoxicação:

- Anorexia, cefaléia, insônia e fraqueza geral;
- Manifestações extrapiramidais: distúrbios da fala e redução da habilidade nos movimentos finos; e
- Alterações neurológicas e psicomotoras: hipertonia muscular, astenia, parestesias, dores musculares, alteração da fala e da libido.

O manganês, como cátion metálico, é semelhante ao ferro em seu comportamento químico e é frequentemente encontrado em associação com o ferro. Este elemento existe sob a forma Mn^{+2} e é oxidado passando a forma Mn^{+4} .

O manganês está normalmente presente em superfícies de águas naturais em quantidades bastante pequenas: $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ ou menos. Níveis mais altos devem ocorrer em águas subterrâneas, lagos profundos e reservatórios.

Concentrações de manganês, acima de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$, torna a água desagradável para beber. As águas de irrigação para uso em solos ácidos, não devem exceder a $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de manganês, enquanto que águas contendo 10 mg.L^{-1} devem ser usadas em solos neutros ou alcalinos. As concentrações de 40 mg.L^{-1} são letais para certos peixes. As concentrações acima de $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ causam efeitos tóxicos em algumas algas. Para a proteção da vida aquática foi recomendado o valor de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ (EPA, 1972).

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, as concentrações máximas de manganês nos mananciais de águas doces, nas Classes 1, 2 são de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$; na Classe 3 é de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$; e na Classe 4 é $>0,5 \text{ mg.L}^{-1}$.

A maioria dos compostos com manganês são importantes na constituição dos solos, por ser um elemento essencial na nutrição vegetal e controlar o comportamento de vários outros micronutrientes. Exerce papel importante em muitas propriedades do solo, em particular no sistema de equilíbrio do pH.

Todos os compostos que contém Mn são conhecidos por sua rápida oxidação e redução em solos de ambientes variáveis, com reflexos na sua disponibilidade para as plantas e na movimentação pelo perfil do solo. Em condições de oxidação, ocorre redução na disponibilidade de Mn e de micronutrientes associados, enquanto, em condições de redução

o metal encontra-se prontamente disponível podendo, inclusive, levar as plantas a atingir níveis de concentração tóxicos.

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1992), a redução de óxidos de Mn tem duplo efeito na troca de cátion do solo, não apenas fazendo desaparecer a superfície de troca do óxido, mas formando novamente o íon Mn^{2+} na competição da troca com outros cátions.

Além do nível de oxi-redução do solo, o pH também influi de maneira decisiva na disponibilidade do Mn para as plantas.

Nos solos bem drenados, a solubilidade do Mn aumenta com o aumento da acidez do solo, ocorrendo o contrário com o aumento da alcalinidade.

3.4.8 Níquel

Por apresentar densidade de $8,90 \text{ g.cm}^{-3}$, é considerado um metal pesado. Possui coloração branco-prateada, aceita polimento, é maleável e bom condutor de calor e eletricidade. Pode atingir níveis de oxidação de -1 a +4, sendo o estado +2 o mais comum. Seu potencial de oxidação é de 127 V (RANKAMA & SAHAMA, 1950; NICKEL, 1989; McGRATH & SMITH, 1990).

O níquel é o 24^o metal em abundância na crosta terrestre, sendo aproximadamente duas vezes mais abundante que o cobre, e sua concentração média em rochas ígneas é da ordem de 0,008% ou 80 g.ton^{-1} . As mais importantes fontes de níquel são os minérios na forma de sulfeto de níquel. O processamento de minerais, assim como a produção e o uso do níquel têm causado contaminação ambiental por este metal (McGRATH & SMITH, 1990).

O níquel vem sendo utilizado pelo homem há muitos séculos, havendo relatos sobre o seu uso em ligas metálicas desde o ano 3500 a.C. Em moedas, o uso de ligas de níquel é relatado desde o ano de 327. O principal uso do níquel é na produção de ligas. Outros usos importantes são na indústria de galvanoplastia, fabricação de baterias juntamente com o cádmio (baterias de Ni-Cd), componentes eletrônicos, produtos de petróleo, pigmentos e como catalisadores para a hidrogenação de gorduras [síntese de Sabatier-Senderens] (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

O níquel, na forma elementar, raramente ocorre na natureza, porém, são encontrados compostos de níquel em muitos minerais. Embora, como metal puro o níquel seja insolúvel na água, seus sais são altamente solúveis, podendo estar presentes na água devido aos despejos industriais. Os sais de níquel são tóxicos para as plantas em geral. Para a vida

aquática, os níveis de toxicidade são variáveis e determinados pelo pH e efeitos sinérgicos de outros metais (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

As concentrações de níquel para águas doces, nas classes 1, 2 e 3 é de $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$, e para a classe 4 é $> 0,025 \text{ mg.L}^{-1}$, de acordo com a Resolução CONAMA N ° 357/2005.

Adriano (1986) relata que a concentração de Ni no solo varia em função da rocha de origem e da intensidade da intervenção antrópica, e em solos de todo o mundo a média é de $20\text{-}40 \text{ mg/kg}^{-1}$. Em solos oriundos de serpentina, contudo, os valores variam de 100 a 7000 mg/kg^{-1} .

Aplicação de resíduos e de certos fertilizantes fosfatados também pode ser uma fonte importante de Ni.

A solubilidade do Ni no solo geralmente é inversamente relacionada ao pH do solo. A sorção do Ni em óxidos de Fe e Mn é especialmente dependente do pH, provavelmente porque a forma NiOH^+ é preferencialmente sorvida e também porque a carga de superfície dos sorventes é afetada pelo pH, Kabata-Pendias & Pendias (1992).

Embora a matéria orgânica seja capaz de mobilizar o Ni de carbonatos e óxidos e diminuir a sorção em argilas, a ligação do metal com ligantes orgânicos parecem não ser muito forte. Ligantes complexantes, tais como SO_4^{2-} e ácidos orgânicos, reduzem a sorção de Ni.

O Ni pode ser muito móvel em solos com alta capacidade de complexação (rico em matéria orgânica ou solo poluído).

3.4.9 Zinco.

O zinco é um elemento químico do grupo II B da Tabela Periódica, juntamente com o cádmio (Cd) e o mercúrio (Hg), com densidade de $7,13 \text{ g.cm}^{-3}$, é considerado metal pesado. Não exibe valência múltipla e seu potencial de oxidação é da ordem de 149 V. Apresenta coloração branca azulada, é duro e quebradiço à temperatura ambiente, porém maleável entre 100 e 150°C . É considerado o 25º elemento mais abundante na crosta terrestre, com teor médio de $0,0132\%$ ou 132 g.t^{-1} em rochas ígneas (RANKAMA & SAHAMA, 1950; KIEKENS, 1990).

Ocorre em vários minerais e em diferentes formas (sulfetos ou carbonatos), tais como: ZnS - Esfalerita, ZnO - Zincita e outros. Os minerais de importância comercial são

principalmente os que estão na forma de sulfato e sulfeto (MOORE & RAMAMOORTHY, 1984).

O zinco metálico pode ser obtido por aquecimento de seus minerais, com entradas de ar para formar os óxidos correspondentes e posterior redução do óxido com o carvão ou carbono, com subsequente destilação do metal (MATTIAZZO - PREZOTTO, 1994).

Este metal é intensamente utilizado na indústria, devido às suas propriedades químicas e metalúrgicas. O maior uso de zinco é na galvanização de produtos de ferro (Fe), proporcionando uma cobertura resistente à corrosão. É utilizado em baterias, fertilizantes, televisores, aros e rodas de veículos. Compostos de zinco são usados, também, em tintas, plásticos, borrachas, em alguns cosméticos como pós e bases faciais e produtos farmacêuticos como, por exemplo, em complexos vitamínicos (LESTER, 1987).

O zinco é um elemento necessário ao desenvolvimento e crescimento de plantas e animais, ocorrendo em todas as águas minerais que suportem vida aquática. Em relação aos peixes e organismos aquáticos, o Zn exibe sua maior toxicidade, provocando mudanças adversas em sua morfologia e fisiologia, obstrução das guelras, causando crescimento e maturação retardados até a morte. A toxicidade do Zn está relacionada com as reações de troca iônicas existentes no meio hídrico, e é inversamente proporcional à dureza e OD e diretamente proporcional à temperatura (BATTALHA & PARLATORE, 1993).

As concentrações de zinco para águas doces, nas classes 1, 2, são de $0,18 \text{ mg.L}^{-1}$, na classe 3, é de 5 mg.L^{-1} , e para a classe 4, é $> 5 \text{ mg.L}^{-1}$, de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005.

As fontes antropogênicas de Zn principais para o solo são as atividades de mineração, o uso agrícola de lodo de esgoto, de resíduos e subprodutos de processos industriais e o uso de agroquímicos como os fertilizantes.

Segundo Kabata-Pendias & Pendias (1992), as interações do Zn no solo dependem de propriedades como concentração de Zn e de outros íons na solução do solo, espécie e quantidade dos sítios de adsorção associados à fase sólida do solo, concentração dos ligantes capazes de formar complexos orgânicos com o metal, pH e potencial redox. Parece haver dois mecanismos de adsorção do Zn no solo, um em condições ácidas e outro em condições alcalinas. Em meio ácido a adsorção está associada a sítios de troca catiônica e, em meio alcalino, à quimiossorção, fortemente afetada pelos ligantes orgânicos.

O melhoramento de solos contaminados é comumente baseado no controle da disponibilidade pela adição de cal e/ou de matéria orgânica. A elevação de uma unidade no pH diminui em cem vezes a solubilidade do Zn^{2+} .

3.5 Utilizações de valores orientadores

Para se avaliar a extensão da poluição de uma área, é comum comparar os teores totais de metais pesados encontrados em um solo com aqueles defrontados em condições naturais (não poluídos) ou com valores de referência (padrões); todavia, no Brasil ainda não foi elaborado um sistema contendo padrões de referência de metais pesados no solo, para avaliação de áreas em relação à contaminação. Diferentes metodologias têm sido utilizadas para se estabelecer os valores de referência (VR) de metais pesados em solos, em que as mais comuns, são: o uso de valores considerados normais, citados na literatura; o estabelecimento de faixas de referência obtidas a partir de amostras controle, tomadas em áreas sem atividade antrópica, o mais longe possível de fontes de poluição (CROCK *et al.*, 1992; CASARINI, 2000; FADIGAS *et al.*, 2006).

Em função da ausência de valores orientadores, a CETESB fez uso de valores genéricos internacionais na definição de padrões de qualidades para solos e águas subterrâneas. A metodologia holandesa foi eleita como base para o estabelecimento de valores orientadores, fundamentada pelas seguintes justificativas (CETESB, 2001):

- Os valores genéricos holandeses são amplamente divulgados e aceitos, e muitos países se referem à lista holandesa para suprir a falta de valores orientadores;
- A Holanda foi o primeiro país a estabelecer valores orientadores para solos e águas subterrâneas, e atualmente apresenta uma metodologia revisada, consolidada e baseada em critérios científicos, usando modelagem matemática de avaliação de risco à saúde humana (VROM, 1994).

De acordo com a CETESB (2001), todos os países que tratam com seriedade a proteção dos recursos naturais estão buscando uma alternativa entre o uso de critérios numéricos e os estudos de risco, caso a caso. A contaminação de recursos naturais é registrada quando as concentrações dos elementos químicos de interesse ambiental atingem um nível acima de um limite estabelecido, denominado valores orientadores, que indica a existência de um risco potencial de efeito deletério sobre a saúde humana.

Em 2005, a CETESB propôs os seguintes níveis de valores orientadores:

- **valor de referência de qualidade (VRQ)** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea, é determinado com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos e amostras de águas subterrâneas de diversos aquíferos do Estado de São Paulo. Deve ser utilizado como referência nas ações de prevenção da poluição do solo e das águas subterrâneas e de controle de áreas contaminadas;
- **valor de prevenção (VP)** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas. Foi determinado para o solo, com base em ensaios com receptores ecológicos. Deve ser utilizada para disciplinar a introdução de substâncias no solo e, quando ultrapassado, a continuidade da atividade será submetida à nova avaliação, devendo os responsáveis legais pela introdução das cargas poluentes procederem ao monitoramento dos impactos decorrentes;
- **valor de intervenção (VI)** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerada um cenário de exposição genérico.

Os valores de referência para o solo, foram calculados utilizando-se procedimento de avaliação de risco à saúde humana para cenários de exposição Agrícola (Área de Proteção Máxima – APMáx), Residencial e Industrial. A Tabela 3.6 apresenta os valores orientadores para solo e águas subterrâneas para o Estado de São Paulo.

TABELA 3.6 - Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo

Substâncias Inorgânicas	Solos (mg.kg ⁻¹ de peso seco)					Águas Subterrâneas (µg L ⁻¹)
	Referência de Qualidade	Prevenção	Intervenção			Intervenção
			Agrícola APMáx	Residencial	Industrial	
Alumínio (Al)	-	-	-	-	-	200
Antimônio (Sb)	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio (As)	3,5	15	35	55	150	10
Bário (Ba)	75	150	300	500	750	700
Boro (B)	-	-	-	-	-	500

Cádmio (Cd)	<0,5	1,3	3	8	20	5
Chumbo (Pb)	17	72	180	300	900	10
Cobalto (Co)	13	25	35	65	90	5
Cobre (Cu)	35	60	200	400	600	2000
Cromo (Cr)	40	75	150	300	400	50
Ferro (Fe)	-	-	-	-	-	300
Manganês (Mn)	-	-	-	-	-	400
Mercurio (Hg)	0,05	0,5	12	36	70	1
Molibdênio (Mo)	<4	30	50	100	120	70
Níquel (Ni)	13	30	70	100	130	20
Nitrato (NO ₃ ⁻ - N)						10.000
Prata (Ag)	0,25	2	25	50	100	50
Selênio (Se)	0,25	5	-	-	-	10
Vanádio (V)	275	-	-	-	-	-
Zinco (Zn)	60	300	450	1000	2000	5000

Fonte: CETESB (2005)

O *Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo* (CETESB, 2001) foi aplicado por um período de quatro anos, e mais recentemente, em 2005, tiveram os seus valores corrigidos.

3.6. Degradação do solo

A definição da degradação do solo está associada à própria definição de qualidade do solo, ou seja, à medida que as características determinantes da qualidade de um solo são alteradas, negativamente, estabelece-se um processo de degradação (ALVES, 2001).

Mielniczuk (1999) menciona que vários conceitos de qualidade de solo foram propostos, sendo o de Doran e Parkin (1994) o melhor deles, definindo a qualidade do solo como a sua capacidade em manter a produtividade biológica, a qualidade ambiental e a vida vegetal e animal saudável na face da terra.

De acordo com Guerra & Cunha (2003), os processos naturais, como a formação dos solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificação do regime hidrológico e da cobertura vegetal, entre outros, ocorrem nos ambientes naturais, mesmo sem a intervenção humana. No entanto, quando o homem desmata, planta, constrói, transforma o ambiente e esses processos, ditos naturais, tendem a ocorrer com maior intensidade, e nesse caso, as conseqüências para a sociedade são quase sempre desastrosas.

A atividade agrícola, com ênfase na monocultura, tem sido um fator de aceleração da degradação do solo, geralmente pelo superpastejo e uso do fogo. Nessa fase se inicia o processo de perda da estrutura do solo e voçorocamento, agravando ainda mais a degradação (FARIA & FRANCO, 1994).

Segundo Dias & Griffith (1998), os fatores de degradação do solo são:

- desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização;
- superpastejo da vegetação;
- atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo;
- exploração intensa da vegetação para fins domésticos, como combustível, expondo o solo à ação dos agentes de erosão;
- atividades industriais ou bioindustriais que causam a poluição do solo.

Em um planejamento de recuperação de uma área degradada, o grande desafio a ser alcançado é o estabelecimento de um horizonte, para que a partir daí, o processo seja catalisado pela biosfera, podendo surgir outros horizontes, conforme o condicionamento natural, podendo interferir em um ou mais fatores de formação do solo, numa tentativa de acelerar sua gênese (ALVES, 2001).

A recuperação de áreas degradadas é um processo em constante aprimoramento que exige conhecimento, tecnologia e permanente monitoramento, criando condições para o restabelecimento de complexas redes de relações ecológicas entre solo, plantas, animais e microclima, que permitam o reequilíbrio dinâmico da natureza em áreas hoje desprovidas dessas condições (REIS *et al.*, 1999).

Os metais pesados, Cd, Pb, Ni e Cr têm sido normalmente associados à poluição e ao risco ecológico. A poluição coloca a vida humana em exposição constante, ocasiona sérias doenças e risco ecológico, levando a degradação do solo (ROSS, 1994).

4 METODOLOGIA

4.1 Localização da área de estudo e a identificação dos pontos de amostragens.

A região da Bacia do Rio Taquarizinho possui características pedológicas específicas, devido à sua localização topográfica e ao regime hídrico a que está submetida, dando origem a solos com peculiaridades que devem ser levadas em consideração por ocasião de sua utilização. Por outro lado, deve considerar as ações antrópicas desenvolvidas nas cabeceiras dos rios que banham essa região, localizadas na região planáltica vizinha. Essas atividades podem estar contribuindo para a degradação do ambiente interno do Pantanal, através do assoreamento dos rios. Dessa maneira, toda a atenção a esses fatores requer a utilização cautelosa desses solos, bem como um alerta aos agricultores da região do bioma cerrados quanto à utilização dos solos contidos nas bacias hidrográficas que deságuam no Pantanal.

As perdas de solo e transporte de sedimentos para regiões de planície (Pantanal) originaram problemas relevantes, conforme Figura 4.1, de modo que afetam a economia agropecuária, diminuindo a produtividade de áreas anteriormente produtivas pelas ocorrências de inundações, agora permanentes, e alterações do meio ambiente (MATO GROSSO DO SUL, 2004).

FIGURA 4.1 – Impactos ambientais gerados pelo uso dos solos n Bacia do Alto Taquari

a) Voçoroca na nascente do Rio Taquari - fevereiro de 2002 e b) Formação de arrombados - fevereiro de 2002

FONTE: MATO GROSSO DO SUL (2004)

A Bacia do Alto Taquari apresenta duas regiões distintas: a área denominada como Planalto compõe a parcela de terras altas, com cotas acima de 200m, e a área denominada de Planície, com cotas abaixo de 200m. A Bacia do Rio Taquarizinho, com aproximadamente 350.000ha, encontra-se no planalto, a sudoeste da planície pantaneira. Localizada entre as latitudes 18° e 20°S e as longitudes 54° e 55°30'W, a bacia está posicionada entre nos municípios de Rio Verde do Mato Grosso e São Gabriel do Oeste, ao sul da cidade de Coxim, conforme Figura 4.2.

FIGURA 4.2 – Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, observando a leste da cidade de Coxim a Bacia do Alto Taquari, com destaque a localização da Bacia do Rio Taquarizinho. ESCALA 1: 250.000

FONTE: OLIVEIRA *et al.* (2005).

A base inicial deste trabalho foi o levantamento do material cartográfico existente na área de estudo. Isso permitiu estabelecer quais métodos deveriam ser utilizados e, na sua inexistência, necessariamente adquiridos para complementação do arquivo utilizado para preparação da base cartográfica. As cartas tográficas SE 21-Z-B-VI (Coxim), SE 21-Z-D-IV (Camapuã), com legenda de uso de solo, são do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Divisão do Serviço Geográfico do Exército (DSG) na escala 1: 250.000, elaboradas no ano de 1960 (reimpressão de 1982 – DSG 1982a, b).

Os principais temas das cartas como rede de drenagem, estradas e rodovias e principais carreadores, foram considerados dados significativos para comporem a base, juntamente com os dados obtidos no campo e os mapas, geológico, geomorfológico, climatológico e pedológico, disponíveis na literatura complementaram o banco de dados.

Os pontos de coleta indicados foram escolhidos para sondagem a trado com suas respectivas coordenadas geográficas, através de estudos, em que um dos itens levado em consideração foi a sua localização no planalto. Esses pontos foram então localizados em campo, por meio do sistema de navegação contido no GPS. Dados de coordenadas geográficas foram obtidos com auxílio de GPS ao nível do terreno, no período de julho de 2006, rastreando os vinte e nove pontos, sendo os valores das coordenadas, posteriormente digitados em um editor de textos e transferidos para o banco de dados UTM S 21, DATUM SAD 69.

O clima predominante é quente úmido caracterizado com um período de três meses de seca. A precipitação média na bacia é cerca de 1400 mm anuais, havendo considerável

estiagem nos meses de junho a agosto (BRASIL, 2004). Como a coleta das amostras ocorreu no mês de julho, para a região é considerado um período de seca.

Em cada ponto foram realizadas cinco sondagens a trado (superfície e subsuperfície) para coleta de amostras de solo.

As amostragens foram realizadas nos pontos mencionados do relevo, que recebem as cargas tóxicas de todos os contribuintes, na grande maioria, das áreas agricultáveis, águas provenientes de infiltrações, de drenagem pluvial, do lançamento de esgoto doméstico, de efluentes industriais, do excedente das chuvas ou de irrigação. O solo foi o alvo dessa procura.

A Tabela 4.1 apresenta a discriminação dos pontos de amostragens ao longo da bacia georreferenciados e a Figura 4.3 mostra a localização dos vinte e nove pontos de amostragem na Bacia do Rio Taquarizinho.

TABELA 4.1 - Pontos de amostragens georreferenciados UTM S 21, DATUM SAD 69

Pontos	Coordenadas UTM S21 DATUM SAD 69	
	E	N
P01	742771	7876137
P02	742723	7875543
P03	742399	7876401
P04	742455	7876000
P05	739398	7879374
P06	738805	7881408
P07	738561	7881477
P08	738024	7881478
P09	728520	7903591
P10	728562	7903390
P11	728898	7901825
P12	734075	7900150
P13	731957	7900628
P14	728188	7898126

P15	737281	7903006
P16	736154	7903300
P17	736008	7901084
P18	730983	7897581
P19	730942	7897447
P20	733282	7890102
P21	725128	7899188
P22	730520	7909041
P23	738929	7903496
P24	737950	7904942
P25	736706	7894774
P26	734013	7888103
P27	726498	7888936
P28	729769	7883179
P29	734296	7877091

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

FIGURA 4.3 – Localização dos pontos amostrados.

FONTE: GOOGLE EARTH (2007).

4.2 Coleta das amostras.

As variáveis selecionadas para a Bacia do Rio Taquarizinho foram os dados referentes aos horizontes superficiais, dos perfis com profundidades F1 = 10cm; F2 = 20cm; F3 = 30cm; F4 = 40cm e F5 = 50 cm.

A coleta e preservação das amostras foram realizadas conforme metodologias da APHA, AWWA, WPCF (2005) e a ABNT 1984a NBR 7181. As amostras de solo foram retiradas com o auxílio de um trado manual de aço inox (rosca) com a ponteira recomendada para o tipo de solo. Os demais equipamentos de coleta foram: espátulas de aço inox, para retirada das amostras; e bandejas de polietileno, para homogeneização das amostras e para

evitar a contaminação. A Figura 4.4 mostra o trado de inox utilizado para obtenção das amostras de solo no perfil. Para a coleta de solos utilizou-se, também, o Manual da USEPA (1986) e os procedimentos recomendados por Demattê (1996), Brasil Sobrinho (1996), Lemos e Santos (1984) e Alloway (1990) e descritos a seguir:

- O solo foi retirado do trado com o auxílio de uma espátula de inox e colocado em bandejas de homogeneização, descartando-se a porção aderida ao trado, de modo a evitar a contaminação da amostra com metais originários da ferramenta;
- Após a retirada de cinco amostras de cada ponto, o solo coletado foi homogeneizado manualmente, utilizando-se um par de luvas descartáveis, específicas para cada bandeja, formando uma amostra composta para cada profundidade.
- As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas para análise química e análise granulométrica.

FIGURA 4.4 – Trado utilizado nas amostras no perfil do solo

A coleta de solos foi feita em 29 pontos, sendo que em cada ponto foram retiradas cinco amostras de dez centímetros, perfazendo um total de 145 amostras. O perfil do solo nos pontos amostrados, identificados com o número e de acordo com a profundidade em que foram retirados. As Figuras 4.5 e 4.6 apresentam a coleta de solo realizada em julho de 2006.

FIGURA 4.5 – A retirada da amostra com trado

FIGURA 4.6 – As amostras homogeneizadas nas diversas profundidades de cada ponto.

4.3 Metodologia para análise do solo

4.3.1 Caracterização física

Os parâmetros: análises granulométricas conjuntas dos perfis foram analisadas no Laboratório de Mecânica dos Solos CCET/DHT da UFMS, e de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas 1984^a, NBR 7181.

4.3.2 Caracterização química

Os metais totais, em solos na Bacia do Rio Taquarizinho, que foram determinados, são o Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni e Zn, por digestão ácida em pontos de amostragem de solo, e com as amostras em diferentes profundidades para cada ponto, foram analisados no Laboratório de Qualidade Ambiental (Laqua) do Departamento de Hidráulica e Transportes da UFMS, utilizando o equipamento espectrofotômetro de absorção atômica, marca Varian multi sequencial 220-FS, segundo metodologia da APHA, AWWA, WPCF (2005). Os padrões utilizados foram os padrões de solução concentrada para preparo das curvas de calibração de cada metal, da marca Tritisol. Todos os reagentes utilizados foram os de grau P.A.

As porcentagens de matéria orgânica, pH em CaCl_2 , cátions trocáveis Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} e Na^{+} , acidez potencial H^{+} , Al^{+3} , fósforo disponível extraído pela resina trocadora de ânions e micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn foram analisados em todos os pontos.

4.3.3 Preparo das amostras

Parte das amostras coletadas foi seca em estufa à temperatura de 100-105°C, destorroada e passada em peneiras, com abertura variando de 4,76mm a 0,074mm. As demais foram colocadas em recipientes de vidro, seca naturalmente, e passada em peneiras de aço inox, para não haver contaminação das amostras.

4.3.4 Análises físicas

- Análise Granulométrica de solos – baseia-se na velocidade de queda das partículas que compõem o solo, válido para os finos (argila e silte). O tempo é fixado no deslocamento vertical na suspensão do solo com a água, dispersão com solução de hexametáfosfato de sódio ou outro defloculante adequado, agitação de alta rotação, sedimentação, argila determinada por densimetria no sobrenadante, areia grossa e areia fina separados por peneiramento e silte calculado pela diferença das outras frações em relação à amostra original.

4.3.5 Análises químicas

As amostras analisadas pelo Laboratório da Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina (CIDASC) seguiram a metodologia descrita no manual de métodos de análise de solos da EMBRAPA, 2004 e EMATER, 1998.

4.3.6 Classificação de solos através do sistema SiBCS

Com a utilização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 2006), foi possível transcrever o mapeamento (RADAMBRASIL) para o atual sistema de classificação (Figuras 4.7 e 4.8). O levantamento exploratório de solos identificou as classes de solos, de acordo com sua extensão e localização geográfica na área em estudo.

A classificação de solos, do ponto de vista do planejamento territorial, desempenha importante papel na segmentação de paisagens, identificando áreas de maior potencial para fins de utilização e ocupação e áreas impróprias ou não recomendadas, contribuindo, dessa forma, para a preservação ambiental e uso adequado de ecossistemas, dos quais o solo é um componente básico.

FIGURA 4.7 – Classificação dos solos de acordo com SiBCS Escala 1:1.000.000

FONTE: EMBRAPA (2007)

FIGURA 4.8 – Detalhe da área de estudo. Escala 1: 250.000

FONTE: EMBRAPA (2007)

O novo sistema é estruturado com base em características da gênese do solo e propriedades pedogenéticas que imprimem marcas distintas, em cada tipo de solo conhecido, conforme Figura 4.9.

FIGURA 4.9 – Localização dos pontos de acordo com o tipo de solo.

FONTE: Adaptado de Paranhos (2000).

A classe dos Latossolos Vermelhos (LV) representa uma grande parte dos solos do Estado de Mato Grosso do Sul. Compreende solos com horizonte A, fraco a moderado; e B latossólico, que apresentam características análogas às do Latossolo Amarelo (LA) e Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA). São solos de perfis profundos, fertilidade natural baixa e saturação de bases baixa nos solos distróficos e raramente com saturação de média a alta, caracterizando os solos eutróficos. A distinção entre o Latossolo Amarelo e o Latossolo Vermelho consiste que o primeiro possui maior teor de óxido de ferro em relação ao segundo. Apresenta horizonte A moderado, textura média ou argilosa e conteúdo de bases trocáveis muito baixos, por vezes com saturação por alumínio elevada e, como os Latossolos Vermelhos, residem na baixa fertilidade natural a sua principal limitação ao uso agrícola. São utilizados principalmente para pastagens de braquiária e cultivos de soja e milho (PARANHOS, 2000).

O termo Podzólico Vermelho-Amarelo trata-se de solos bem desenvolvidos, bem drenados, normalmente ácidos e que possui um horizonte A fraco à moderado sobre um horizonte B textural, contendo argila de baixa atividade. Nessa classe, estão compreendidos solos minerais, com horizonte B de cores vermelhas a amarelas e teores de Fe_2O_3 normalmente inferiores a onze por cento. A textura é em geral arenosa/média e média/argilosa, em alguns casos com presença de cascalhos, sendo muito conspícuo o caráter abrupto (PARANHOS, 2000).

As Areias Quartzosas compreendem solos minerais, pouco evoluídos, de textura arenosa em toda a extensão do perfil e seqüência de horizontes A, C. Apresentam horizonte A moderado e horizonte C de cores claras e avermelhadas; em função do material de origem. São permeáveis, excessivamente drenadas e sem estrutura desenvolvida, ou muito

fracamente, sendo assim constituídas basicamente por grãos simples. São também muito baixos os valores de soma de bases, além de, na maioria das vezes, ser elevada a saturação por alumínio (PARANHOS, 2000).

Os solos litólicos ou litossolos, caracterizam-se pela ausência de um horizonte B no perfil. São constituídos por solos onde o horizonte A, por vezes chernozêmico, moderado ou mais freqüentemente fraco, repousa diretamente sobre a rocha, ou mesmo sobre um horizonte C em evolução. São bastante rasos e de textura e fertilidade variáveis (distróficos e eutróficos), dependendo da rocha matriz. Como material de origem desses solos aparecem granitos, gnaisses, arenitos (PARANHOS, 2000).

Faces às importantes mudanças que incidiram na trajetória da classificação de solos, o SiBCS oferece a correlação entre as classes do novo sistema e as outras quatro aproximações elaboradas de 1980 a 1997, que sucederam o primeiro grande levantamento de solos realizado em 1960, e que esclarece a criação das atuais ordens de solos onde estão inseridos os solos utilizados neste trabalho, isso justifica a classificação dos solos na Tabela 4.2.

TABELA 4.2 – Classificação, dos solos e locais de amostragem

SOLOS - SiBCS 1999	SOLOS - SiBCS 2006	LOCAL
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P01
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P02
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P03
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P04
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P05
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P06
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P07
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P08
PVe-Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico	Nitossolo Vermelho-Amarelo	P09
PVe-Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico	Nitossolo Vermelho-Amarelo	P10
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P11
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P12
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P13
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P14
Ra-Solos Litólicos álicos	Neossolo Litólicos	P15
Ra-Solos Litólicos álicos	Neossolo Litólicos	P16
Ra-Solos Litólicos álicos	Neossolo Litólicos	P17

Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P18
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P19
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P20
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P21
PVe-Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico	Nitossolo Vermelho-Amarelo	P22
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P23
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P24
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P25
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P26
Ra-Solos Litólicos álicos	Neossolo Litólicos	P27
Areias Quartzosas álicas	Neossolos Quartazarênicos	P28
LEa-Latossolo Vermelho- escuro álico	Latossolo Vermelho	P29

FONTE: Adaptado de www.cnps.embrapa.br/sibcs (EMBRAPA, 2007).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O entendimento do solo como um corpo vivo significa considerar que todos os seus processos e componentes estão funcionalmente bem integrados. Portanto, a vida do solo e os seus processos vitais são expressos e regulados pela biota do solo. Essa regulação da biota sobre a decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes, degradação de poluentes químicos e a sua forte influência sobre a estrutura do solo, faz com que esses microrganismos e esses processos sejam naturalmente escolhidos como indicadores da saúde e qualidade do solo (JENKINSON & LADD, 1981; LYNCH, 1986 e KENEDY, 1998).

As caracterizações físicas e químicas dos solos, quanto ao seu perfil granulométrico, quantidade de matéria orgânica e concentração de metais são de grande importância para o conhecimento dos processos naturais.

A orientação dessa pesquisa coloca uma questão chave que é a contaminação com metais pesados, como um dos indicadores mais graves, devido a sua amplificação biológica nas cadeias tróficas.

A retenção dos metais pesados em solos deve principalmente às propriedades ligadas à adsorção e dessorção citando-se, entre as principais, a Capacidade de Troca de Cátions (CTC), teores de óxidos (de ferro, alumínio e manganês), pH, teor de matéria orgânica, teor de argila, profundidade dos solos, entre outros (Klijn, 1991; Matos *et al.*, 1996; Fontes *et al.*, 2000; Gomes *et al.*, 2001; Matos *et al.*, 2001, Meurer, 2004).

De acordo com Dumanski & Pieri (2000), a base científica que respalda a busca por indicadores de qualidade de solo é a compreensão de que esses indicadores estão direcionados para a avaliação e o monitoramento das condições do solo que o tornam um corpo vivo.

5.1. Teor de matéria orgânica

Na Tabela 5.1 estão resumidas as porcentagens máximas e mínimas encontradas para a matéria orgânica, referente ao período de coleta. Os valores individuais estão no A1(Anexos).

TABELA 5.1 - Porcentagens máximas e mínimas para a matéria orgânica

Período	% máxima	Ponto	% mínima	Ponto
Julho/2006	9,30	P21 – F4	0,10	P7 – F5

P: ponto de coleta e F: profundidade.

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

A variabilidade nos valores de matéria orgânica representada nas Figuras 5.1, 5.2 e 5.3, não são expressivas nos pontos de amostragem.

FIGURA 5.1 - Porcentagem de matéria orgânica presente nos solos entre os pontos P1 a P8

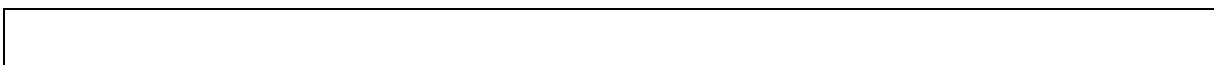


FIGURA 5.2 - Porcentagem de matéria orgânica presente nos solos entre os pontos P9 a P16

FIGURA 5.3 - Porcentagem de matéria orgânica presente nos solos entre os pontos P17 a P29

De um modo geral, as porcentagens de matéria orgânica foram baixas para todos os solos, de acordo com dados de referência da EMBRAPA. A matéria orgânica abaixo de dez por cento é considerada inorgânica ou mineral, com predominância de sílica, argila e compostos como cálcio, ferro, manganês e outros (ESTEVEZ, 1988).

Baseado nesse conceito os resultados da matéria orgânica foram comparados com os dados da Tabela 5.5, em que constata altos teores de ferro e manganês. Os dados dos valores individuais estão no A3 (Anexos).

Uma vez que a matéria orgânica tem a característica de adsorver poluente, os resultados apresentados não representam um potencial de adsorção desses poluentes, bastante favorecido pela afinidade entre tais poluentes e os sítios de ligação existentes na matéria orgânica.

5.2. Granulometria dos solos

Na avaliação das características físicas e químicas dos solos, também devem ser considerados os grânulos de argila, silte e areia, porque podem influenciar as condições ambientais.

A Tabela 5.2 mostra, de maneira resumida, as porcentagens máximas e mínimas encontradas para as quantidades de areia, argila e silte, nos pontos amostrados. As Figuras 5.4 e 5.5 apresentam os resultados para a análise granulométrica, dos solos da Bacia do Rio Taquarizinho. Nessas figuras, os dados de areia fina, areia média e areia grossa foram somadas em um único valor para a fração de areia, e os dados individuais estão representados nos Anexos A1 e A2.

TABELA 5.2 - Porcentagens máximas e mínimas para areia, argila e silte

Período	Areia				Argila				Silte			
	% max	P	% min	P	% max	P	% min	P	% max	P	% min	P
Julho 2006	99,0	P20-F1	12,0	P27-F5	37,0	P2-F1	1,0	P4-F5	84,0	P27-F5	1,0	P20-F1

P: ponto de coleta e F: profundidade.

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Na maioria dos pontos amostrados, os dados granulométricos demonstram uma variação na composição dos solos coletados. As classes texturais predominantes nos solos

estudados foram as areias que representaram sessenta e cinco por cento das amostras avaliadas. As frações granulométricas mais importantes nas discussões sobre a contaminação dos solos por substâncias químicas são argila e silte. Esses solos apresentam maior potencial se comparados com os de textura arenosa, de reter contaminantes, evitando que os mesmos sejam lixiviados e atinjam o lençol freático.

FIGURA 5.4 - Porcentagem de argila, silte e areia nas amostras dos solos entre P1-P15.

FIGURA 5.5 - Porcentagem de argila, silte e areia nas amostras de solos entre P16-P29.

As partículas, de menor tamanho, apresentam maior potencial de adsorção de metais. Segundo Förstner & Wittmann (1983) os metais associam-se preferencialmente às frações finas dos solos (argila e silte).

Os teores de silte encontrados nas amostras analisadas apresentam grande variabilidade. Os valores mais baixos estão relacionados com os horizontes mais superficiais, aumentando com a profundidade do perfil. Essa redução é mais evidente para o silte fino quando comparado com o silte grosso. O teor máximo de silte apresentou-se elevado, ficando em oitente por cento Anexos A1 e A2. Esse valor é superior ao encontrado por Netto (1996) de sessenta por cento em Latossolos originários do basalto. O alto valor na fração silte no solo é constituído em grande parte por partículas de minerais da fração argila com alta estabilidade, conforme observado por Ghidin (2003).

Pela distribuição da argila, fica claro que existe uma separação entre os horizontes superficiais com menor concentração de argila e os mais profundos com mais argila.

Os freqüentes processos erosivos, observados nos rios, e as várias atividades em mineradoras e na agricultura, têm aumentado significativamente a carga de argila dos corpos de água em diferentes regiões do Brasil (ESTEVES, 1988). A mobilidade desses materiais está relacionada ao escoamento superficial e à circulação hídrica lateral de subsuperfície, que se desenvolve ao longo de toda bacia.

As granulometrias dos solos da Bacia do Rio Taquarizinho demonstrou uma variação compatível com o período de coleta das amostras logo após o período chuvoso. No período chuvoso, o material particulado fino é retirado dos solos e resuspendido, propiciando uma lavagem restando predominantemente, areia.

Os solos dos pontos amostrados, que apresentam alto teor de areia confirmam a característica de textura arenosa dos solos dessa região, em virtude do material de origem destes solos oriundos do arenito pouco argiloso conforme demonstrado por Maack, (1946).

5.3. Análise química dos solos estudados

As análises químicas efetuadas foram conduzidas com o intuito de se obter primeiramente uma avaliação sobre as amostras de solo, embora algumas dessas determinações, tais como pH, teor de matéria orgânica e capacidade de troca de cátions, sejam consideradas de grande importância no estudo do comportamento de metais pesados em solos.

Os atributos mais importantes para este tipo de abordagem são o pH, os teores de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e de potássio, bem como a acidez total a pH 7,0 ($H^+ + Al^{+3}$) apresentados na Tabela 5.3 para o ponto P1 e complementados com os outros pontos amostrados no A2 (Anexos). Indiretamente, por meio de cálculos, são obtidos os demais indicadores, como a CTC, a soma de bases e as saturações por bases e por alumínio. O pH em água apresentou índices de 3,7 a 6,8. Apesar de o valor máximo representar uma condição de pH pouco comum das condições encontradas na região tropical, não foi considerado valor discrepante. Esses valores revelaram uma faixa de pH importante dentro do conjunto, o que garantiu grande disparidade quanto à reação desses solos, e foi ao encontro das expectativas quanto à variabilidade deste atributo no estudo do comportamento dos metais pesados. Os solos apresentam também índices de acidez medidos pelo pH $CaCl_2$ de 3,60 a 5,90 considerados como teores altos para os solos destas regiões. As interpretações conforme recomendações da EMBRAPA (2004) e EMATER (1998).

Os valores de pH em água, $CaCl_2$ e SMP, das amostras de solos, em função das doses de $CaCO_3$ adicionadas, obtido através de incubação do solo com doses crescentes, demonstram um incremento de pH comprovado pela evolução de 4,6 a 7,6, conforme demonstra a Tabela 5.3 e Anexo A3.

TABELA 5.3 - Resultados das análises químicas do ponto amostrado P1

PONTOS PARÂMETROS	P1 – F1		P1 – F2		P1 – F3		P1 – F4		P1 – F5		Unida des
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	50,00	Classe 2	53,00	Classe 2	42,00	Classe 2	58,00	Classe 2	62,00	Classe 1	% argila
pH	5,80	Muito Baixo	5,50	Muito Baixo	5,30	Baixo	5,20	Baixo	5,30	Baixo	

Índice SMP	6,10		6,00		5,90	6,00		6,20		
Fósforo	8,90	Médio	3,00	Baixo	1,20	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	0,70	Baixo ppm
Potássio	111,00		94,00		88,00		55,00		44,00	ppm
Mat.Orgânica	4,00	Médio	3,20	Baixo	3,50	Médio	2,10	Baixo	2,20	Baixo %(m/v)
Alumínio	-		-		0,50		0,60		0,50	cmol.L ⁻¹
Cálcio	0,20	Baixo	2,30	Médio	2,20	Médio	0,70	Baixo	0,70	Baixo cmol.L ⁻¹
Magnésio	2,10	Alto	1,00	Baixo	1,00	Médio	0,40	Baixo	0,40	Baixo cmol.L ⁻¹
Sódio	4,00		1,00		6,00		4,00		3,00	ppm
H + Al	3,89		4,36		4,89		4,36		3,47	cmol.L ⁻¹
pH CaCl2	5,30	Média	4,90	Alta	4,70	Alta	4,60	Alta	4,60	Alta
Soma Bases-S	6,60	Alta	3,55	Baixa	3,45	Média	1,26	Baixa	1,23	Baixo cmol.L ⁻¹
CTC	10,49	Alta	7,91	Média	8,34	Média	5,62	Média	4,70	Baixo cmol.L ⁻¹
Saturação Bases-V	62,92	Média	44,88	Baixa	41,37	Baixa	22,42	Baixa	26,17	Baixa %

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Segundo Lopes & Guilherme (1992), solos classificados como solo de acidez fraca, com pH equivalente a 5,6 os teores de alumínio não ocorrem, o que explica a elevada saturação por bases (V). O V refere-se à porcentagem das cargas negativas passíveis de trocas a pH 7,0 que estão ocupados por cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e, às vezes, Na^{+} com exceção de H^{+} e de Al^{3+} . Esse parâmetro reflete os dados obtidos e apresentados na Tabela A3 (Anexos), em que o teor de alumínio é praticamente inexistente e elevado o valor de saturação por bases.

Os teores de Ca variam de 0,10 cmol.L⁻¹ a 7,10 cmol.L⁻¹, também sugerido como baixos pela EMATER (1998), sendo que valor 7,10 cmol.L⁻¹ no ponto P2 - F1 está discrepante se comparado com a maioria dos outros valores encontrados. É difícil isolar o problema da deficiência de Ca da acidez excessiva, já que solos deficientes em Ca são, em geral, muito ácidos. Deficiências de Ca são raras sob condições de campo, principalmente em solos cultivados em que a aplicação de calcário para a correção da acidez é adicionada quantidades de Ca suficientes para a maioria das culturas. Normalmente, o calcário aplicado contém quantidades apreciáveis de Mg, o que responde pela pequena incidência de deficiência deste elemento. Possivelmente, em função do equilíbrio do solo sob condições de pouca ou de nenhuma perturbação antrópica, o Mg das amostras analisadas poucas apresentaram teor baixo.

Observa-se que o valor de P (extraído pela solução de Mehlich) no ponto P9-F3 de 50,00 ppm encontra-se acima do normal, tal fato pode ser explicado pelo tipo de rocha que forma os solos da região ou devido ao efeito residual de adubação na área de coleta desta amostra. Sendo a segunda hipótese mais provável, já que para o solo de Rio Verde de Mato

Grosso, município próximo com mesma formação de solo, os valores mínimos encontrados de P (0,20 ppm) são considerados baixos por EMATER (1998). Baseando-se que noventa por cento dos Latossolos apresentam teores baixos a muito baixos de P, o que significa uma variação de 0-15 mg P kg⁻¹ de solo. Os Neossolos Quartzarênicos apresentaram a mesma deficiência com teores insuficientes de K. Esses resultados já eram esperados, uma vez que, depois da acidez, a deficiência de P é uma das principais limitações para o cultivo em solos tropicais. Os teores de K de acordo com EMATER (1998), são considerados de baixos a muito baixos a variação de (0,20-8,0 ppm) na maioria dos Latossolos.

Os teores de K encontrados variaram de 11ppm a 307ppm em geral, são considerados valores de médio a alto, segundo EMATER, (1998).

Conforme se observa na Tabela 5.3 e Anexo A3 os teores de Al trocáveis, variaram de 0,20 cmol.L⁻¹ a 6,90 cmol.L⁻¹, sugerido como baixo pela EMATER (1998).

Os resultados de CTC Total (T) apresentaram a seguinte variação: 1,96 cmol.L⁻¹ a 21,23 cmol.L⁻¹ e devem-se, principalmente, aos teores de Ca + Mg nesses solos. Estes baixos valores associados ao baixo teor de matéria orgânica existente em amostras coletadas, que podem exercer efeito físico de oclusão da superfície dos óxidos, principais responsáveis pela manifestação da CTC que indica a presença de argilolineriais do grupo das esmectitas ou vermiculitas.

As amostras que, por sua vez, possuem alta CTC foram às mesmas que apresentaram minerais de argila elevados, provavelmente, a contribuição da argila nestes horizontes superficiais seja mais relevante, principalmente pela atuação mais discreta da matéria orgânica.

A percentagem de saturação de bases (V%) observada na Tabela 5.3 e Anexo A3 é baixa para a maioria dos solos variando entre 2,60 a 80,65%. O valor que classifica os solos minerais como férteis é de cinquenta por cento sendo considerados pela EMATER-PR (1998), como valor médio para V%, a maioria dos solos analisados apresentou dados inferiores a este valor.

5.4. Metais totais nas amostras de solos

As concentrações de metais obtidas neste trabalho não consideraram a contribuição natural oferecida pela estrutura geológica da bacia de drenagem, e sim pela estrutura física e química. Porém, na atualidade, o aumento na concentração de metais nos solos da Bacia do Rio Taquarizinho está essencialmente relacionado com o desenvolvimento urbano e

industrial, assim como o uso crescente e indiscriminado de pesticidas. As concentrações foram comparadas com os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo (CETESB, 2005) e também comparadas com outros critérios de qualidade dos solos, definidos por diferentes concentrações de metais, que podem ou não afetar a sua manutenção.

Os resultados para as concentrações totais de metais obtidos por espectrometria de absorção atômica nas amostras dos solos da Bacia do Rio Taquarizinho em todos os pontos de P1 a P29, no período de julho de 2006, encontram-se nas Tabelas 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7.

Alguns parâmetros numéricos têm sido utilizados para tomadas de decisões e para direcionar estratégias de remediação ou de prevenção de áreas contaminadas. A concentração de metais permite a comparação do comportamento de elementos em diferentes sistemas, mediante informações acerca da magnitude da retenção de elementos potencialmente tóxicos, sobretudo, com relação às reações que envolvem mecanismos de adsorção, devido à adsorção de metais ser dependente de muitas propriedades do solo. Embora um pouco simplista, a concentração, quando introduzida em vários modelos químicos, permite estimativas da quantidade de metal dissolvida na solução do solo e previsão de sua mobilidade, assim como o potencial de perda por lixiviação e absorção pelas plantas.

TABELA 5.4 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P1 a P8

PONTOS	CONCENTRAÇÕES (mg/kg)								
	Cu	Fe	Cd	Al	Cr	Zn	Ni	Pb	Mn
P1 – F1	15,552	5614,59	1,097	101,296	8,374	17,745	13,658	21,733	52,936
P1 – F2	15,661	5887,38	1,097	103,800	9,776	15,461	13,466	22,244	50,973
P1 – F3	15,963	5888,56	1,197	103,871	9,678	18,956	14,666	24,643	44,398
P1 – F4	17,770	6143,56	1,597	107,447	11,081	18,968	17,969	28,152	27,853
P1 – F5	12,867	5821,36	1,197	99,392	7,979	23,240	11,670	23,240	20,846
P2 – F1	15,176	5060,40	1,498	102,556	6,889	22,664	11,482	25,559	30,052
P2 – F2	16,964	5287,90	1,497	105,628	8,183	17,563	13,771	26,943	28,839
P2 – F3	14,681	5535,70	1,198	103,645	7,091	16,079	12,883	24,368	20,873
P2 – F4	13,389	4801,96	1,199	103,627	7,594	16,886	12,090	25,580	14,588
P2 – F5	12,577	3950,49	1,198	102,775	8,385	15,971	9,3831	25,255	12,078
P3 – F1	13,725	5739,63	1,392	99,702	6,663	40,080	11,537	23,968	26,554
P3 – F2	20,508	6486,41	1,493	108,432	12,344	55,052	18,716	28,173	40,219
P3 – F3	22,877	6860,04	1,798	112,048	14,885	29,870	20,180	31,868	44,655
P3 – F4	24,018	6883,60	1,993	112,637	14,850	28,702	21,228	33,486	44,549
P3 – F5	15,174	5768,19	1,398	98,013	5,790	21,663	11,680	24,359	29,35
P4 – F1	19,755	6502,24	1,696	109,049	7,982	31,527	17,560	31,228	60,162
P4 – F2	18,860	6298,17	1,696	109,690	5,389	24,948	17,164	30,037	71,450
P4 – F3	18,245	6278,46	1,695	110,349	6,181	26,022	17,248	30,907	60,518
P4 – F4	17,773	6252,02	1,897	109,136	4,893	23,764	16,375	31,653	86,171
P4 – F5	15,173	5825,51	1,397	105,939	3,594	22,160	13,176	25,454	59,293
P5 – F1	4,591	5147,21	1,297	87,864	0,499	15,469	9,681	29,242	78,643
P5 – F2	3,397	4818,06	1,099	87,261	ND	14,087	8,892	27,076	51,154

P5 – F3	3,399	4788,64	1,500	86,513	ND	13,497	7,598	30,594	45,491
P5 – F4	2,997	4559,88	1,199	80,322	ND	11,188	4,295	23,075	39,157
P5 – F5	3,498	4650,94	1,099	85,240	ND	21,085	4,697	25,482	43,170
P6 – F1	17,093	4665,53	1,000	73,391	0,900	27,389	12,495	27,489	108,16
P6 – F2	17,995	4727,58	1,300	79,516	4,399	26,592	18,494	32,590	103,27
P6 – F3	11,193	4090,05	0,999	66,481	ND	18,489	9,594	23,686	64,461
P6 – F4	21,181	4664,10	1,199	81,397	3,197	27,975	14,087	31,971	87,621
P6 – F5	19,188	4556,17	1,199	82,441	4,797	29,482	12,992	29,382	84,449
P7 – F1	13,002	3742,23	0,596	76,496	ND	16,079	4,169	18,660	70,769
P7 – F2	14,816	4013,03	0,895	85,751	ND	22,671	7,159	25,455	68,907
P7 – F3	16,320	3837,30	1,095	87,680	ND	20,102	6,866	27,963	22,987
P7 – F4	14,284	3651,88	1,199	86,095	ND	19,179	6,593	26,970	14,384
P7 – F5	15,513	3751,99	1,094	90,314	ND	23,966	7,757	26,154	16,209
P8 – F1	4,391	3697,80	0,699	36,647	ND	24,651	1,497	21,257	307,390
P8 – F2	3,496	3505,04	0,799	36,020	ND	19,978	4,795	22,575	279,390
P8 – F3	2,493	3197,57	0,698	30,488	ND	16,057	0,598	19,946	166,950
P8 – F4	2,984	3152,11	0,597	33,546	ND	17,509	ND	19,499	114,410
P8 – F5	21,934	4152,44	1,097	111,286	6,979	23,729	10,768	27,717	34,995
VRQ	35		< 0,5		40	60	13	17	
VP	60		1,3		75	300	30	72	
VI	200		3		150	450	70	180	

VRQ: valor referência de qualidade

VP: valor de prevenção

VI: valor de Intervenção

ND: não determinado

Os números em negrito representam valores muito próximos, iguais ou superiores aos valores comparados, VRQ, VP e VI.

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

TABELA 5.5 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P9 a P16

PONTOS	CONCENTRAÇÕES (mg/kg)								
	Cu	Fe	Cd	Al	Cr	Zn	Ni	Pb	Mn
P9 – F1	8,421	3745,86	0,099	28,495	ND	41,415	10,403	20,212	138,910
P9 – F2	10,161	3667,56	0,398	34,618	ND	51,006	14,246	24,905	157,900
P9 – F3	7,674	3445,63	0,598	28,018	ND	39,769	9,867	24,818	135,950
P9 – F4	10,275	3478,85	0,399	33,649	ND	47,087	10,176	22,346	144,950
P9 – F5	8,155	3358,17	0,298	40,979	ND	37,597	7,161	20,191	96,181
P10 – F1	3,978	2654,47	0,298	51,76	ND	25,463	5,968	16,511	70,022
P10 – F2	4,483	2881,24	0,399	57,547	ND	26,402	4,483	17,734	66,853
P10 – F3	6,678	2817,88	0,299	69,039	ND	30,303	7,775	17,544	45,156
P10 – F4	5,882	2724,20	0,100	64,812	ND	30,312	6,481	15,555	31,808
P10 – F5	9,573	5093,44	0,499	69,356	ND	30,116	23,335	20,842	58,536
P11 – F1	3,596	5242,93	1,299	67,126	ND	17,681	13,185	44,951	88,702
P11 – F2	2,798	5028,59	0,900	65,194	ND	13,495	12,095	37,785	77,069
P11 – F3	5,996	4171,98	0,600	34,136	ND	18,787	9,293	19,886	118,52
P11 – F4	2,399	4741,36	0,600	59,664	ND	12,992	8,595	32,281	64,261
P11 – F5	3,098	5401,08	1,099	69,394	ND	17,086	13,289	45,863	76,938
P12 – F1	2,597	3028,57	0,699	40,815	ND	11,387	7,592	19,379	19,179
P12 – F2	2,399	2903,96	0,500	40,166	ND	9,994	8,495	18,589	12,193
P12 – F3	2,697	3153,25	0,500	46,563	ND	13,087	9,990	19,880	9,091
P12 – F4	2,597	3513,34	0,599	46,629	ND	19,778	9,090	21,876	8,391
P12 – F5	3,297	4344,22	0,600	53,887	ND	16,886	11,990	25,280	14,089
P13 – F1	4,163	5106,96	1,090	56,979	ND	20,619	11,400	28,152	224,822
P13 – F2	2,898	4688,84	0,799	52,113	ND	18,979	7,891	25,672	105,284
P13 – F3	3,590	5106,90	1,197	57,998	ND	20,941	9,872	30,116	162,944
P13 – F4	3,195	4959,27	0,899	58,347	ND	20,966	9,385	28,055	130,292
P13 – F5	3,797	5065,45	0,999	63,316	ND	23,683	12,092	30,679	181,273
P14 – F1	8,158	5386,79	1,094	83,983	ND	32,730	17,111	31,337	200,259
P14 – F2	8,259	5596,02	0,896	83,333	ND	33,930	17,015	31,542	198,607
P14 – F3	8,187	5562,70	1,298	82,418	ND	35,543	17,971	35,942	219,848
P14 – F4	7,683	5354,52	1,197	83,875	ND	33,127	15,965	35,422	149,771
P14 – F5	9,350	5412,61	1,094	83,289	ND	36,208	15,916	41,779	494,977
P15 – F1	1,795	3978,85	0,499	41,722	ND	12,767	2,194	26,132	31,319
P15 – F2	2,399	4186,63	0,600	53,798	ND	22,591	4,198	28,988	33,487
P15 – F3	2,297	4179,76	0,699	54,519	ND	13,682	5,792	31,659	35,354
P15 – F4	1,993	3918,10	0,797	50,184	ND	11,258	3,387	29,491	31,384
P15 – F5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P16 – F1	8,091	3192,39	1,099	78,134	ND	22,575	9,090	32,265	31,765
P16 – F2	8,996	3326,97	0,900	78,798	ND	52,879	11,495	33,387	24,990
P16 – F3	7,496	3319,04	0,900	76,772	ND	21,189	9,095	31,284	15,092
P16 – F4	7,299	3206,08	1,000	75,182	ND	22,998	9,299	33,897	13,099
P16 – F5	7,693	3269,36	1,099	75,032	ND	22,380	9,591	33,170	14,387
VRQ	35		< 0,5		40	60	13	17	
VP	60		1,3		75	300	30	72	
VI	200		3		150	450	70	180	

VRQ: valor referência de qualidade

VP: valor de prevenção

VI: valor de Intervenção

ND: não determinado

Os números em negrito representam valores muito próximos, iguais ou superiores aos valores comparados, VRQ, VP e VI.

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

TABELA 5.6 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P17 a P24

PONTOS	CONCENTRAÇÕES (mg/kg)								
	Cu	Fe	Cd	Al	Cr	Zn	Ni	Pb	Mn
P17 – F1	6,499	3839,42	1,500	76,892	ND	23,098	11,399	23,998	20,298
P17 – F2	9,299	4151,58	1,900	89,861	ND	30,997	18,898	34,197	25,097
P17 – F3	9,600	4129,20	1,900	91,170	ND	31,100	18,300	33,900	25,000
P17 – F4	7,696	3825,39	1,399	85,997	ND	30,985	12,094	25,087	18,691
P17 – F5	9,896	4017,09	1,899	91,593	ND	30,488	18,693	32,087	24,590
P18– F1	6,894	3008,49	1,599	50,015	ND	17,984	6,694	23,379	94,715
P18 – F2	5,399	2955,21	1,600	20,506	ND	82,284	5,699	25,895	78,384
P18 – F3	4,295	2823,39	1,698	14,794	ND	16,782	4,195	22,775	62,531
P18 – F4	12,299	3112,69	1,700	50,295	ND	28,297	14,299	28,997	93,391
P18 – F5	13,388	2863,52	1,698	46,748	ND	33,370	13,987	31,472	62,943
P19 – F1	7,453	3519,92	1,491	40,296	7,851	20,769	7,056	34,781	141,01
P19 – F2	61,663	3464,32	1,599	46,242	7,995	23,686	9,794	39,576	77,454
P19 – F3	6,884	3431,31	1,696	42,732	7,583	19,355	8,780	36,416	50,584
P19 – F4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P19 – F5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
P20 – F1	7,399	3471,81	1,800	56,749	11,198	19,596	8,698	34,893	162,27
P20 – F2	7,496	3478,76	3,298	58,111	10,795	20,190	8,696	42,979	166,02
P20 – F3	6,695	3463,98	1,899	58,519	9,993	18,087	7,894	34,676	129,81
P20 – F4	6,199	3416,62	1,800	57,848	7,998	23,295	7,199	35,893	106,78
P20 – F5	5,598	3262,82	1,899	55,963	4,899	18,994	6,698	34,690	81,376
P21 – F1	16,484	4249,95	2,398	88,292	22,178	39,361	21,479	44,056	162,94
P21– F2	13,578	4186,42	2,279	83,855	18,533	30,228	13,677	42,319	118,83
P21 – F3	15,721	4016,92	1,692	88,806	20,299	28,259	28,458	34,726	111,54
P21 – F4	17,369	4018,37	2,196	84,957	22,06	39,130	33,540	41,126	123,58
P21 – F5	16,382	4065,73	1,898	86,005	20,677	32,364	31,365	37,359	112,38
P22 – F1	16,488	3610,47	1,999	64,755	9,2935	24,183	28,980	33,776	68,352
P22 – F2	16,402	3534,39	1,292	68,767	10,636	28,231	28,827	29,523	70,179
P22 – F3	16,179	3366,02	2,197	63,817	10,886	24,968	30,361	38,350	64,117
P22 – F4	16,456	3464,25	2,194	64,446	11,569	24,833	30,318	38,097	58,542
P22 – F5	16,992	3442,38	1,899	67,626	13,193	27,186	33,483	38,181	59,870
P23 – F1	4,498	3041,38	1,299	44,402	4,698	17,893	8,896	29,788	175,030
P23 – F2	3,700	2918,60	1,200	41,62	4,300	15,300	7,200	24,500	158,500
P23 – F3	3,598	2871,06	1,099	37,921	3,998	16,692	6,897	25,187	142,030
P23 – F4	3,795	2874,56	1,598	40,727	2,597	16,479	9,687	29,062	120,740
P23 – F5	4,492	2860,35	1,697	46,456	2,895	21,461	11,978	32,342	123,180
P24 – F1	4,396	2815,95	1,299	27,828	0,999	18,385	9,193	23,381	36,871
P24 – F2	6,052	2844,74	1,091	53,343	2,381	26,290	12,401	24,206	34,226
P24 – F3	4,877	2820,84	1,294	38,738	0,697	12,541	10,053	25,679	28,267
P24 – F4	14,363	3014,36	1,496	60,902	5,486	30,022	23,339	31,219	58,049
P24 – F5	4,886	2809,63	1,396	38,233	0	14,260	10,072	25,529	29,019
VRQ	35		< 0,5		40	60	13	17	
VP	60		1,3		75	300	30	72	
VI	200		3		150	450	70	180	

VRQ: valor referência de qualidade

VP: valor de prevenção

VI: valor de Intervenção

ND: não determinado

Os números em negrito representam valores muito próximos, iguais ou superiores aos valores comparados VRQ, VP e VI.

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

TABELA 5.7 - Concentrações de metais totais (mg/kg) nas amostras dos solos entre os pontos P25 a P29

PONTOS	CONCENTRAÇÕES (mg/kg)								
	Cu	Fe	Cd	Al	Cr	Zn	Ni	Pb	Mn
P25 – F1	4,200	2682,53	0,900	22,928	0,400	25,197	6,399	23,798	676,332
P25– F2	3,800	2685,50	0,700	23,710	ND	21,600	5,400	18,300	595,100
P25 – F3	4,679	2693,95	0,996	20,789	ND	23,397	7,168	24,094	586,320
P25 – F4	5,183	2684,71	1,096	21,770	ND	20,833	9,270	26,017	538,477
P25 – F5	5,859	2615,29	0,993	38,540	0,993	25,521	13,009	22,244	484,608
P26 – F1	3,299	2516,49	0,600	35,446	4,498	16,393	2,499	18,393	145,942
P26 – F2	3,098	2457,68	0,799	39,422	4,497	16,089	3,597	18,487	124,313
P26 – F3	3,300	2481,70	0,900	36,610	2,700	20,300	4,800	20,900	102,500
P26 – F4	2,700	2373,20	0,700	31,750	1,600	14,200	3,000	17,500	86,500
P26 – F5	5,894	2422,78	0,899	31,778	ND	22,577	8,492	21,978	188,711
P27 – F1	8,424	2525,07	1,090	60,367	ND	16,056	10,010	19,326	47,175
P27 – F2	9,990	2544,16	0,599	47,762	ND	32,767	8,591	20,579	372,627
P27 – F3	10,100	4181,30	1,000	47,880	ND	33,600	10,800	25,700	357,600
P27 – F4	9,987	4085,59	1,498	44,422	ND	40,547	13,283	31,559	372,915
P27 – F5	9,586	4118,123	1,398	43,165	ND	32,351	13,080	31,153	345,582
P28 – F1	6,595	3644,15	0,799	40,751	ND	22,784	7,295	18,987	222,344
P28 – F2	7,193	3465,13	0,699	35,495	ND	24,775	5,495	18,781	213,487
P28 – F3	5,399	3575,08	1,100	27,025	ND	20,696	6,899	22,895	205,159
P28 – F4	4,282	3602,31	0,996	37,638	ND	14,936	7,468	20,412	35,647
P28 – F5	6,494	3485,01	0,999	21,608	ND	19,580	9,391	20,879	216,683
P29 – F1	8,369	4210,22	1,196	48,670	ND	13,052	12,055	23,712	32,480
P29– F2	7,876	4133,50	1,196	44,796	ND	16,451	10,469	21,834	34,5962
P29 – F3	7,635	4122,76	1,289	47,139	ND	14,477	10,114	23,699	31,433
P29 – F4	8,266	4254,16	1,295	52,096	ND	12,748	12,051	24,101	35,654
P29 – F5	8,253	4264,79	1,392	46,445	ND	12,727	11,335	22,770	65,526
VRQ	35		< 0,5		40	60	13	17	
V P	60		1,3		75	300	30	72	
V I	200		3		150	450	70	180	

VRQ: valor referência de qualidade

VP: valor de prevenção

VI: valor de Intervenção

ND: não determinado

Os números em negrito representam valores muito próximos, iguais ou superiores aos valores comparados VRQ, VP e VI.

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

5.4.1 Análise das concentrações do cobre

Para o cobre, foi observada a concentração máxima no ponto P19-F2, de 61,663 mg.kg⁻¹ e mínima no ponto P15-F4, de 1,993 mg.kg⁻¹. Segundo os valores orientadores da CETESB (2005), estabelece para a concentração de cobre em solos valores de 35 mg.kg⁻¹ para o VRQ, de 60 mg.kg⁻¹ para o VP e de 200 mg.kg⁻¹ para o VI. Portanto, dos valores encontrados, apenas o P19-F2 está acima do VP, os demais estão abaixo dos parâmetros de

referências. As Figuras 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 mostram as concentrações do cobre nos solos dos pontos amostrados.

FIGURA 5.6 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.7 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.8 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.9 - Concentrações de cobre em solos entre os pontos P25 – P29.

Marchiori Júnior (2002) avaliou os teores de Cu sob vegetação nativa ou pastagens que nunca receberam fertilização mineral na profundidade 0,10 cm, no Estado de São Paulo, que variaram de 1,7 mg.kg⁻¹ (Latossolo Vermelho eutrófico e Argissolo Amarelo distrófico) a 68,9 mg.kg⁻¹ (Latossolo Vermelho distrófico).

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Cu dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais na profundidade 0,20 cm, que variaram de zero a 118,75 mg.kg⁻¹ (Argissolo).

5.4.2 Análise das concentrações de ferro

Segundo os resultados, para o ferro a concentração máxima no ponto P3-F4 de 6883,60 mg.kg⁻¹, e mínima no ponto P26-F4 de 2373,20 mg.kg⁻¹, embora sejam relativamente elevadas quando comparadas com as de outros metais analisados neste trabalho, não se pode relacioná-las diretamente a uma possível contaminação, uma vez que não existem valores referenciais em solos para os valores orientadores da CETESB (2005). As Figuras 5.10, 5.11, 5.12 e 5.13, mostram as concentrações de ferro nos solos, nos pontos amostrados. Os dados apresentados nas figuras foram determinados por Absorção Atômica, sendo que a concentração do ferro é como ferro total.

FIGURA 5.10 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.11 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.12 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.13 - Concentrações de ferro em solos entre os pontos P25 – P29.

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Fe dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais na profundidade 0,20 cm, que variaram de 19.709,00 a 929.143,00 mg.kg⁻¹ (Argissolo).

5.4.3 Análise das concentrações do cádmio

A concentração de cádmio em solos de acordo com os valores orientadores da CETESB (2005) apresenta os seguintes parâmetros: de $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$ para o VRQ, de $1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$ para o VP e de 3 mg.kg^{-1} para o VI. A concentração máxima do cádmio no ponto P20-F2 de $3,298 \text{ mg.kg}^{-1}$, e a concentração mínima no ponto P9-F1 de $0,099 \text{ mg.kg}^{-1}$. O nível de concentração máxima esta acima dos valores orientadores de prevenção e de intervenção e denota uma análise separadamente. As Figuras 5.14, 5.15, 5.16 e 5.17 mostram as concentrações do cádmio nos solos.

FIGURA 5.14 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P1 – P8.

Dos pontos amostrados na Figura 5.14, quatorze apresentaram concentrações acima do valor de prevenção.

FIGURA 5.15 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.16 - Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.17- Concentrações de cádmio em solos entre os pontos P25 – P29.

Marchiori Júnior (2002) avaliou os teores de Cd sob vegetação nativa ou pastagens, que nunca receberam fertilização mineral na profundidade 0,10 cm, que variaram de $0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico) a $1,7 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Latossolo Vermelho distrófico).

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Cd dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais na profundidade de 0,20 cm, que variaram de 1,82 a $16,22 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Argissolo).

5.4.4 Análise das concentrações do alumínio

A concentração de alumínio em solos, segundo os valores orientadores da CETESB (2005), não tem valores de referência para este metal. Nos pontos amostrados a concentração máxima de alumínio foi de $112,637 \text{ mg.kg}^{-1}$ no ponto P3-F4 e a concentração mínima foi de

20,789mg.kg⁻¹, no ponto P25–F3. As Figuras 5.18, 5.19, 5.20 e 5.21 mostram as concentrações de alumínio nos solos.

FIGURA 5.18 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.19 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.20 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.21 - Concentrações de alumínio em solos entre os pontos P25 – P29.

5.4.5 Análise de concentrações de cromo

A concentração de cromo em solos, segundo os valores orientadores da CETESB (2005), apresenta os parâmetros de 40 mg.kg⁻¹ para o VRQ, de 75 mg.kg⁻¹ para o VP e de 150 mg.kg⁻¹ para o VI. Nos pontos amostrados, a maior concentração do cromo foi de 22,178mg.kg⁻¹ no ponto P21-F1, e a menor concentração foi de 0,400 mg.kg⁻¹ no ponto P25-F1, portanto, os níveis de concentração estão abaixo dos valores orientadores. As Figuras 5.22, 5.23 e 5.24 mostram as concentrações do cromo nos solos.

FIGURA 5.22 - Concentrações de cromo em solos entre os pontos P1 – P8.

Nos pontos amostrados P 9 a P16 as concentrações de cromo ficaram abaixo do limite de detecção.

FIGURA 5.23 - Concentrações de cromo em solos entre os pontos P19 – P24.

FIGURA 5.24 - Concentrações de cromo em solos entre os pontos P25 – P26.

Marchiori Junior (2002) avaliou o conteúdo de metais pesados nos solos, na profundidade de 0,10 cm, e encontrou teores de Cr total, variando de 7,2 mg.kg⁻¹ (Latossolo Vermelho distrófico) a 229,0 mg.kg⁻¹ (Latossolo Vermelho distrófico).

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Cr dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais, na profundidade 0,20 cm, que variaram de 13,47 a 411,65 mg/kg⁻¹ (Argissolo).

5.4.6. Análise das concentrações de zinco

A concentração de zinco em solos, de acordo com os valores orientadores da CETESB (2005), apresenta os referenciais de 60 mg.kg⁻¹ para o VRQ, de 300 mg.kg⁻¹ para o VP e de 450mg.kg⁻¹ para o VI. Nos pontos amostrados a maior concentração do zinco foi de 82,284 mg.kg⁻¹ no ponto P18-F2 e a menor concentração foi de 9,994 mg.kg⁻¹ no ponto P12–F2. Os níveis de concentração estão abaixo dos valores orientadores, não estando, portanto, contaminados. As Figuras 5.25, 5.26, 5.27 e 5.28 mostram as concentrações do zinco nos solos, nos pontos amostrados.

FIGURA 5.25 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.26 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.27 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.28 - Concentrações de zinco em solos entre os pontos P25 – P29.

As concentrações em solo de Zn total, encontrada por Salbu & Steinnes (1995), encontram-se na faixa de 10 a 300 mg.kg⁻¹.

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Zn dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais, na profundidade 0,20 cm, que variaram de 8,33 a 275,41 mg.kg⁻¹ (Argissolo).

5.4.7 Análise das concentrações de níquel

A concentração de níquel em solos, segundo os valores orientadores da CETESB (2005), apresenta como parâmetros de 13 mg.kg⁻¹ para o VRQ, de 30 mg.kg⁻¹ para o VP e de 70 mg.kg⁻¹ para o VI e em todos os pontos amostrados a maior concentração do níquel foi de 33,540 mg.kg⁻¹ no ponto P21-F4 e a menor concentração foi de 0,598 mg.kg⁻¹ no ponto P8–

F3. Portanto, o nível de concentração no ponto P21-F4 está acima do VP. As Figuras 5.29, 5.30, 5.31 e 5.32 mostram as concentrações do níquel nos solos.

FIGURA 5.29 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.30 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.31 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.32 - Concentrações de níquel em solos entre os pontos P25 – P29.

Rovers *et al.* (1983) encontraram para o Ni total concentrações de 10 mg.kg^{-1} (Latossolo Vermelho Amarelo) a 127 mg.kg^{-1} (Terra Roxa Estruturada que na atual classificação o provável correspondente seja o Nitossolo Vermelho).

As concentrações de Ni encontradas por Marchiori Júnior (2002) variaram de $1,2 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Neossolo Quartzarênico óxico) a $33,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Latossolo Vermelho distrófico).

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Ni dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais, na profundidade 0,20 cm, que variaram de 4,10 a $85,27 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Argissolo)

5.4.8. Análise das concentrações de chumbo

A concentração de chumbo em solos segundo os valores orientadores da CETESB (2005), apresenta parâmetros de 17 mg.kg^{-1} para o VRQ, de 72 mg.kg^{-1} para o VP e de 180 mg.kg^{-1} para o VI. Nos pontos amostrados, a maior concentração do chumbo foi de $45,863 \text{ mg.kg}^{-1}$ no ponto P11-F5 e a menor concentração foi de $15,555 \text{ mg.kg}^{-1}$ no ponto P10–F4, portanto, os níveis de concentração encontrados estão abaixo das concentrações dos valores orientadores. As Figuras 5.33, 5.34, 5.35 e 5.36 mostram as concentrações do chumbo nos solos.

FIGURA 5.33 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.34 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.35 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.36 - Concentrações de chumbo em solos entre os pontos P25 – P29.

As concentrações de Pb encontradas por Marchiori Júnior (2002) variaram de 3,1 mg.kg⁻¹ (Latossolo Vermelho eutrófico) a 8,6 mg.kg⁻¹ (Latossolo Vermelho distrófico).

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Pb dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais, na profundidade 0,20 cm, que variaram de zero a 36,12 mg.kg⁻¹ (Argissolo).

5.4.9. Análise das concentrações do manganês

A concentração de manganês em solos, segundo os valores orientadores da CETESB (2005), não apresenta parâmetros para este metal. Nos pontos amostrados a maior concentração de manganês foi de 676,332 mg.kg⁻¹ no ponto P25-F1 e a menor concentração foi de 8,391 mg.kg⁻¹ no ponto P12-F4. As Figuras 5.37, 5.38, 5.39 e 5.40 mostram as concentrações de manganês nos solos, nos pontos amostrados.

FIGURA 5.37 - Concentrações de manganês em solos entre os pontos P1 – P8.

FIGURA 5.38 - Concentrações de manganês em solos entre os pontos P9 – P16.

FIGURA 5.39 - Concentrações de manganês em solos entre os pontos P17 – P24.

FIGURA 5.40 - Concentrações de manganês em solos entre os pontos P25– P29.

Fernandes *et al.* (2007) avaliaram os teores de Mn dos solos em áreas olerícolas do Estado de Minas Gerais, na profundidade 0,20 cm, que variaram de 70 a 1756,00 mg.kg⁻¹ (Argissolo)

5.5 Correlações das análises físicas e químicas com os metais pesados e suas concentrações

A fração de argila regula as propriedades físicas e químicas dos solos, agindo como centro de atividades, em cujo redor ocorrem reações químicas e trocas de substâncias nutritivas. A textura argilosa apresenta grande superfície e propriedades como o tipo dominante de carga (-/+), sendo predominantemente encontradas eletricamente negativas (LOPES & GUILHERME, 1992), importantes na interação com os metais pesados.

Do conjunto de solos avaliados os pontos amostrados apresentaram algum teor de argila Tabela 5.2 e Anexo A1 (Anexos) e a adoção de um valor de referência para o teor de argila pode ser útil em várias estimativas de distribuição de metais pesados em solos. Por exemplo, o Instituto Nacional de Saúde Pública e Proteção Ambiental da Holanda (RIVM) estabeleceram, entre outros fatores, que um teor de argila próximo de 250 g.kg^{-1} é suficiente e representativo para imprimir confiabilidade nas estimativas de risco em casos de exposição de solos contaminados (BOCKTING *et al.*, 1992).

Dos pontos amostrados, que apresentam teores de argila mais elevados tem valores de pH baixo e também baixo teor de matéria orgânica, de acordo com os Anexos A1 e A3. Os menores valores de concentrações de metais foram também solos com baixos teores de argila e de matéria orgânica.

O pH é o mais importante fator regulador da distribuição de metais nas fases sólidas e líquidas do solo (Cavallaro & McBride, 1980; Lee *et al.*, 1996). Em muitos estudos com solos tropicais, também foi concluído que o pH é o principal fator que controla a quantidade de metais em solução (GOMES *et al.*, 2001).

Basta *et al.* (1993) utilizaram ferramentas estatísticas que diferenciam a simples casualidade entre as variáveis da real relação causa-efeito e para descrever a adsorção de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn por solos em função do efeito do pH, CTC e teores de argila e de matéria orgânica. Os autores verificaram que os efeitos diretos das propriedades dos solos sobre a adsorção de metais foram $\text{pH} > \text{MO} > \text{CTC}$.

Ao pH foi atribuída a ocorrência de dois mecanismos distintos de adsorção para o Cd, Ni e Zn, sendo que a adsorção específica dos elementos foi dominante com o aumento do pH Tiller (1989). Isso significa que o aumento do pH nem sempre intensifica a força pela qual o elemento fica retido pelo solo dependem da afinidade metal-partícula sólida (argila ou óxido de ferro) pode ainda ocorrer precipitação.

A influência CTC definida como a quantidade de cátions adsorvida a pH 7,0 pode ser decorrente do efeito combinado dos teores de argila e de matéria orgânica, responsável pelo fornecimento de sítios negativos para o processo de adsorção eletrostática.

Holm *et al.* (2003) estabeleceram uma relação mais clara entre os valores de concentração de Cd e fatores como a CTC e pH. Segundo os autores, a matéria orgânica foi fator importante na adsorção do Cd independentemente dos valores de pH. A CTC foi importante à pHs menores do que 5,3, sendo que, acima de 6,7, o efeito dos óxidos de ferro passou a ser mais significativo.

Através de correlação mostrou limitada responsabilidade de óxidos de Mn e de Fe e ácidos húmicos no processo de adsorção, que permitiu discriminação entre diferentes processos e sugeriu que a forte influência de sulfetos presentes no solo é altamente reduzida.

O cobre foi associado principalmente com a fase oxidável, enquanto Zn e Pb foram associados à fase reduzida em ambos os ambientes.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A comparação entre as concentrações de metais em solos, e os valores fixados pela CETESB (2005), tornou-se possível obter algumas conclusões:

- foram considerados solos moderadamente poluídos, acima do valor de prevenção, em relação a concentração de cádmio estabelecido, nos pontos P1, P2, P3, P4, P17, P18, P19, P21, P22, P24, P27 e P29 conforme as Figuras 6.1 e 6.2;

FIGURA 6.1 Distribuição da concentração de cádmio.

FIGURA 6.2 Distribuição da concentração de cádmio nos solos.

- foi considerado solo poluído, acima do valor de intervenção a concentração de cádmio no ponto P20;
- foram considerados solos moderadamente poluídos, acima do valor de prevenção em relação a concentração de níquel, nos pontos P21 e P22;
- foram considerados solos moderadamente poluídos, acima do valor de prevenção em relação a concentração de cobre, nos pontos P19;
- os teores encontrados para Ni, Cd e Cu são próximos dos obtidos por Marchiori Júnior (2002) para solos paulista, à exceção dos teores verificados para Pb e Cr. Discordam dos obtidos por Fernandes *et al.* (2007) nos solos mineiros.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que:

- algumas medidas devem ser implementadas a curto, médio e longo prazo, respaldando-se, primeiramente, na síntese das informações existentes e no diagnóstico preliminar da Bacia do Rio Taquarizinho, denotando a necessidade de mais estudos, de forma a subsidiar e direcionar trabalhos de avaliação das concentrações de metais nos solos, em diferentes épocas;
- embora os dados obtidos de Cd, Ni e Cu indiquem uma situação de contaminação ambiental, merece ressalva que os limites considerados são os recomendados para o Estado de São Paulo e não para Mato Grosso do Sul, o que reforça a necessidade do estabelecimento de valores orientadores por unidade da Federação, de forma a contemplar adequadamente a variabilidade de solos de cada Estado;
- outra ressalva, que a situação aqui constatada não seria verificada até bem pouco tempo atrás, uma vez que os valores orientadores do Estado de São Paulo foram recentemente alterados CETESB (2005). Na classificação anterior, de 2001, a situação

seria mais amena, com o Cd reduzindo o limite de 10 para 3 mg.kg⁻¹, nenhuma das amostras apresentando teores acima do VI, foi decisiva para os achados e demonstram a necessidade de revisão constante dos valores orientadores e a definição de valores próprios de cada Estado, adaptados a cada realidade;

- futuras ações de manejo da Bacia do Rio Taquarizinho, e decisões sobre o planejamento de seus recursos hídricos, necessitam de respostas sobre os diferentes aspectos do comportamento hidrológico e pedológico e sobre os impactos causados pelo homem e pela variabilidade do clima esbarram, em geral, na carência de dados. Os poucos dados existentes revelam, apenas em parte, este comportamento da Bacia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANO, D.C. **Trace Elements in the Terrestrial Environment**. New York, Sringer-Verlag, p. 533, 1986.

ALVES, M.C. **Recuperação do Subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP**. p. 83. Tese Livre-Docência em Solos, Ilha Solteira, 2001.

ALLOWAY, B.J. **Heavy Metals in Soil**. Londres: Leicester Place, p.339, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9820. **Solo Análise Granulométrica**. Brasília, p.106, 1984.

APHA; AWWA; WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th edition, Washington American Public Health Association, 2005

BAIRD, C. **Environmental Chemistry**. 2 ed., 1998.

BARROW, N.J. **Reactions of Anions and Cations with Variable-Charge Soil**. Aust. J. Soil Res, v.27, p. 475-492, 1989.

BARONA, A.; ROMERO, F. **Distribution of Metals in Soils and Relationships Among Fractions by Principal Component Analysis**. Soil Technology, Cremlingen, v.8, p. 303-319, 1996.

BASTA, N.T.; PANTONE, D.J.; TABATABAI, M.A. **Path analysis of Heavy Metal Adsorption by Soil**. Agronomy Journal, v.85, n.5, p. 1054-1057, 1993.

BATTALHA, B.H.; PARLATORE, A C. **Controle da Qualidade de Água para Consumo Humano: Bases Conceituais e Operacionais**. 18º ed. São Paulo/SP. Ed. CETESB, p.198, 1993.

BERTHELSEN, B.O.; OLSEN, A.O.; STEINES, E.G. **Ectomycorrhizal Heavy Metal Accumulation as a Contributing Factor to Heavy Metal Levels in Organic Surface Soils**. Sci Total Environ, v. 170, p. 141-149, 1995.

BERTHELSEN, B.O.; STEINES, E.G. **Acumulation Patems of Heavy Metals in Soil Profiles as Effected by Forest Clear-Cutting**. Geoderma, v. 66, p. 1-14, 1995.

BOCKTING, G.J.M.; van de PLASSCHE; STRUIJS, J.; CANTON, J.H. **Soil-water Partition Cefficients for Some Metals**. RIVM, Bilthoven, p. 51, 1992. (report number 67101003).

BOLAN, N.S.; NAIDU, R; SYERS, J.K.; TILLMAN, R.W. **Surface Charge and Solute Interactions in Soils**. Advances in Agronomy, v 67, p 87-140, 1999.

BRASIL. **Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai**. ANA/GEF/PNUMA/OEA: Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado do Pantanal e Bacia do Alto Paraguai: Relatório Final/Agência Nacional de Águas – ANA. [et al.]. – Brasília: TDA Desenho & Arte Ltda., 2004.

BRASIL, **Resolução CONAMA N° 357**, de 17 de março de 2005, In: Diário Oficial da União. DF, março, 2005.

BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Amostragem de Solos para fins de Análise e Fertilidade**. Revista Notesalq, Piracicaba, v.4, p.5, 1996.

CAMPOS, M.L., PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N. **Baseline Concentration of Heavy Metals in Brazilian Latosols**. Comm. Soil Sci. Plant Anal, v. 34, p. 547-557, 2003.

CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A. Determinação da Matéria Orgânica. In: van RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, cap 9, p. 173-180, 2001.

CANTO, E.L. **Minerais, Minérios e Metais; de onde vem para onde vão?** São Paulo, Moderna, p. 96-102, 1997.

CASARINI, D. C. P. **Proposta de valores de referência de qualidade e intervenção para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. In: Seminário Internacional sobre Qualidade de Solos e Águas Subterrâneas, 2000, São Paulo. Anais. São Paulo: CETESB, p.165, 2000.

CAVALLARO, N.; McBRIDE, M.B. **Actives of Cu and Cd in soil solutions as Affected by pH**. Soil science society of América Journal, v 44, p.729-732,1980.

CETESB. **Relatório de Estabelecimentos de Valores Orientadores para Solo e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, Cetesb, p.247, 2001. (Série relatório).

CETESB. **Relatório de Estabelecimentos de Valores Orientadores para Solo e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, Decisão de Diretoria, Nº 195-2005- E, p.3, 2005. (Anexo Único).

CURI, N.; FRANZMEYER, D.P. **Effect of Parent Rocks on Chemical and Mineralogia Properties of Some Oxisols in Brasil**. Soil Sci. Soc. Am. J., v. 51, p. 153-158, 1987.

CHAPMAN, P.M; ALLEN, H.E; GODTFREDSEN, K; ZGRAGGEN, M.N. **Evaluation of Bioaccumulation Factors in Regulating Metals.** Enviromental Science & Technology/News, v.30, p. 448-452, 1996.

CROCK, J. G.; SEVERSON, R. C.; GOUGH, L. P. **Determining Baselines and Variability of Elements in Plants and Soils Near the Kenai National Wildlife Refuge, Water, Air, and Soil Pollution.** Netherlands, v.63, n.3/4, p.253-271, 1992.

DAKUZAKU, C.S. **Influence of $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ on Thermal Behavior of As in Sugar by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry.** Ecl. Quim, São Paulo, 2001.

DEMATTE, J.A.M. **Amostragem de Solos para fins de Fertilidade.** Revista Notesalq, Piracicaba, v.5, n.5, p. 4-5, 1996.

DIAS, L.E; GRIFFITH, J.J. **Conceituação e Caracterização de Áreas Degradadas.** 1998 In: DIAS, L.E; MELLO, J.W.V. **Recuperação de Áreas Degradadas.** Viçosa, UFV, p.1-7, 1998.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. 1994. In: DORAN, J.W. et al. (Eds) **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment.** Madison: ASA / SSSA, p.3-21, 1994.

DUMANSKI, J.; PIERI, C. **Land Quality Indicators: research plan.** Agriculture, Ecosystems & Environment, v.81, p.155-162, 2000.

EMATER. **Análise de Solo.** Boletim Técnico 21. Curitiba, 5 ed, 1998.

EMBRAPA. **Manual de Análises do Solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS, p.212, 1997.

EMBRAPA. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre, p.400, 2004.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, www.cnps.embrapa.br/sibcs, ultimo acesso em 23/05/2007.

EPA. **Water Quality Criteria**, Washington, D.C. p.595, 1972.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro, Interciência, p. 575, 1988.

FADIGAS, F.S.; AMARAL-SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A.A. **Solos e Irrigação**, Bragantia, v. 61, n. 2, p.151-159, 2002.

FADIGAS, F.S.; AMARAL-SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A.A. **Proposição de Valores de Referência para a Concentração Natural de Metais Pesados em Solos Brasileiros**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, v.10, n.3, p.699–705, 2006.

FARIA, S.M.; FRANCO, A.A. **Espécies de Leguminosas Fixadoras de Nitrogênio para Revegetação de Áreas Degradadas**. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, SIMPÓSIO NACIONAL-RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2, Foz do Iguaçu. **Anais** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, p. 499-508, 1994.

FERNANDES, R.B.A.; LUIZ, W.V.; FONTES, M.P.F.; FONTES, L.E.F. **Avaliação da Concentração de Metais Pesados em Áreas Olerícolas do Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Búzios, RJ, v. 11, n. 1, p. 81-93, 2007.

FILUS, A.; STRECK, T.; RICHTER, J. **Cadmium Adsorption and Desorption in Limed Topsoil as Influenced by pH: Isotherms and Simulated Leaching**. J. Environ. Qual., 1998.

FOESS, G.W.& SIEGER, R.B. Pathogen vector attraction reduction requirements of the sludge rules. Water Engineering Management, p. 25-26, 1993.

FONTES, M.P.F.; MATOS, A.T.; DA COSTA, L.M; NEVES, J.C.L.. **Competitive Adsorption of Zinc, Cadmium, Cooper and Lead in Three Highly Weathered Brazilian Soils**. Communication in soil science and plant analysis, 31, 2939-2958, 2000.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal Pollution in the Quatic Environment**. 2 ed. Berlin, Springer Verlag, p.230 - 486, 1983.

GHIDIN, A.A. **Influência dos Minerais da Fração Argila nas Propriedades Físicas de Duas Classes de Latossolos no Estado do Paraná**. Curitiba, p.98. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2003.

GRAY, C.W.; McLAREN, R.G.; ROBERTS, A.H.C.; CONDRON, L.M. **Sorption of Cadmium from Some New Zealand Soils: effect of pH and contact time**. Aust. J. Soil Res., p. 199-216, 1998.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 4 ed, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 394, 2003.

HAYES, K.F.; TRAINA, S.J. Metal speciation and its significance in ecosystem health. In: HUANG, P.M. **Soil Chemistry and Ecosystem Health**. Soil Science Society of American, Madison, p. 45-84, 1998.

HOLM, P.E.; ROOTZÉN, H.; BORGGAARD, O.K.; MOBERG, J.P.; CHRISTENSEN, T.H. **Correlation of Cadmium Distribution Coefficients to Soil Characteristics**. Journal of Environmental Quality, v.32, p.138-145, 2003.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. **Microbial Biomass in soil Measurement and Turnover**. Soil Biology and Biochemistry, v.516, p.415-471, 1981.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. 2^a ed, New York, CRC Press, p. 365, 1992.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. 3^a ed, Boca Raton, CRC Press, p. 331, 2000.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace Elements in Soils and Plants**. 4^a ed, Boca Raton, CRC Press, p. 413, 2001.

KENEDY, A.C. Microbial Diversity in Agroecosystem quality. In: COLLINS, W.W.; QUALSET, C.O. **Biodiversity in Agroecosystems**. New York, CRC, cap1, p. 1-17, 1998.

KIEKENS, L. ZINC. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy Metals in Soils**. New York: John Wiley, p.261-279, 1990.

KLIJN, F. **Environmental Susceptibility to Chemicals from Processes to Patterns with Special Reference to Mapping Characteristics and spatial scales**. In: Mapping of soil and Terrain Vulnerability to specified Chemical Compounds in Europe at scale of 1:5 M, Wageningen, Holanda. Anais Wageningen, Holanda, p. 9-23, 1991.

GOMES, P.C.; FONTES, M.P.F.; DA SILVA, A.G.; SÁ MENDONÇA, E.; NETTO, A.R. **Selectivity sequence and competitive adsorption of heavy by Brazilian soils**. Journal of American Soil Science Society, 65, 1115- 1121, 2001.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.394, 2003.

JARDIM, W.F. **Contaminação por Mercúrio: Fatos e Fantasia**. Ciências Hoje, v.7, p.78-79, 1988

LACERDA, D.L.; SOLOMONS, W. **Mercury from Gold and Silver Mining: A Chemical Time Bomb**. Environmental Science. Berlin, Springer, Verlag, p 146, 1998.

LADEIRA, A.C.Q., CIMINELLI, V.S.T., NEPOMUCENO, A.L. **Seleção de Solos para a Imobilização de Arsênio**. Ver. Esc. Minas. Ouro Preto, v.55, n. 3, p. 215-221, 2002.

LAPEDES, D.N. **Dictionary of Scientific and Technical Terms**. 2^a ed, New York, McGraw-Hill, p. 1634, 1974.

LARINI, L. **Toxicologia**. São Paulo, Manole, p. 515, 1996.

LEE, S.Z.; ALLEN, H.E.; HUANG, C.P.; SPARKS, D.L. SANDERS, P.F.; PEIJNENBURG, W.J.G.M. **Predicting Soil-Water Partition Coefficients fo Cadmiun**. Enviromental Science and Technology, v.30, p. 3418-3424, 1996.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, p.45, 1984.

LESTER, J.N. **Heavy Metals in Wastewater and Sludge Treatment Processes**. Florida. CRC Press, p. 195, 1987.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. **Interpretação de Análise do Solo; conceitos e aplicações**. São Paulo: ANDA, p. 37, 1992. (Boletim técnico nº 2).

LUNCH, J.M. **Biotecnologia do Solo: fatores agros biológicos na produtividade agrícola**. São Paulo: Manole, p.209, 1986.

MAACK, R. **Notas Preliminares sobre uma nova Estratigrafia do Devoniano do Estado do Paraná**. In: Congresso Pan-Americano de Engenharia de Minas e Geologia. Rio de Janeiro, 1946.

MAHAN, S.E. **Química: um Curso Universitário**. 4 ed. São Paulo, Edgard Blucher, p. 396-452, 1995.

MALAVOLTA, E. **Adubação e seu Impacto Ambiental**. São Paulo: Prodoquímica Industria, p. 153, 1994.

MANAHAM, S.E. **Toxicological Chemistry**. 2. ed. New York, Lewis Publisher, p 249-251, 1992.

MARCHIORI JÚNIOR, M. **Impacto Ambiental da Citricultura nos Teores de Metais Pesados em Solos do Estado de São Paulo**, Jaboticabal, FCAV/UNESP, p.83, 2002. (tese de doutorado).

MARINUSSEM, M.P.; VAN-DER-ZEE, S.E.; DE-HAAN, F.A. **Effect of Cd or Pb Addition to Cu-contaminated Soil on Tissue Cu accumulation in the Earthworm, *Dendrobaena Veneta***. *Ecotoxicol Environ.Saf*, v.38, p. 309-315, 1997.

MARQUES, J.J.G.S.M. **Trace Element Distributions in Brazilian Cerrado Soils at the Landscape and Micrometer Scale**. West Lafayette. Purdue University, p. 173, 2000. (Ph.D. thesis-www.dcs.ufla.br/marques/currvit.htm).

MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N; SCHULZE, D.G. **Trace Elements in Cerrado Soils**. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. *Tópicos em Ciências do Solo (Topics in Soil Science)*, Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, cap 3, p. 103-142, 2002.

MARTIN, R.B.; SIGEL, H. *Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity*. In: SIGEL, H. **Metal in Ions Biological Systems**. New York, Marcel Dekker, v. 18, p. 21-65. 1980.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Instituto de Meio Ambiente Pantanal. Gerência de Recursos Hídricos. Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai – Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai (ANA/GEF/PNUMA/OEA) Subprojeto 1.6 MS – Gerenciamento de Recursos Hídricos nas Vizinhanças da Cidade de Corumbá (MS). **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai**. Campo Grande, MS, p.130, 2004.

MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; DA COSTA, L.M.; MARTINEZ, M.A. **Mobility of Heavy Metals as Related to Soil Chemical and Mineralogical Characteristics of Brazilian soils**. *Environmental Pollution*, 11, 429-433, 2001.

MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; DA COSTA, L.M.; JORDÃO, C.P. **Mobilidade e Formas de Retenção de Metais Pesados em Latossolo Vermelho-Amarelo**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 20, 379-386, 1996.

MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E. **Comportamento de Cu, Cd, Cr, Ni e Zn Adicionados a Solos de Clima Tropical em Diferentes Valores de pH**. Piracicaba, Tese de Livre-Docência em Agronomia / Solos, ESALQ, 1994.

McBRIDE, M.B. **Retention of Cu^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , and Mn^{2+} by Amorphous Alumina**. Soil SciSoc. Am. J., v.42, p. 27-31, 1978.

McBRIDE, M.B. **Reactions Controlling Heavy Metal Solubility in Soil**. Adv. Soil Sci, v 10, p. 1-56, 1989.

McGRATH, S.P.; SMITH, S.N. 1990. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy Metals in Soils**. New York: John Wiley, p. 125-150, 1990.

McLAUGHLIN, M.J.; TILLER, K.G.; NAIDU, R.; STEVENS, D.G. **The Behaviour and Environmental Impact of Contaminants in Fertilizers**. Aust J. Soil, v.34, p. 1-54, 1996.

McLAUGHLIN, M.J.; PARKER, D.R.; CLARKE, J.M. **Metals and Micronutrients-Food Safety Issue**. Fild Crops Research, v.60, p. 143-163, 1999.

MEIO AMBIENTE. **Revista Meio Ambiente Industrial**, v.3, n 14, p. 88-95, 1998.

MELFI, A.J.; PEDRO, G.; VOLKOFF, B. **Natureza e Distribuição dos Compostos Ferríferos nos Solos do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.3, p.47-54, 1979.

MEURER, E.J. **Fundamentos de Química do Solo**. 2. ed. Porto Alegre; Gênese, p. 204, 2004.

MIELNICZUK, J. **Matéria Orgânica e a Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas**. In: SANTOS, G.A; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. Ecosistemas Tropicais & Subtropicais. Porto Alegre, p.1-8, 1999.

MOOLENAAR, S.W; SJOERD, E.A.T.M; ZEE, V.D; LEXMOND, T.M. **Indicators of the Sustainability of Heavy Metal Management in Agro-Ecosystems**. Sci. Total Environ, v. 2001, p. 156-169, 1997.

MOORE, J.W.; RAMAMOORTHY, S. **Heavy Metals in Natural Waters**. New York, Springer-Verlag, p. 328, 1984.

MORENO, J.L.; GARCIA, C.; HERNÁNDEZ, T. **Changes in Organic Matter and Enzymatic Activity of Agricultural Soil Amended with Metal- contaminated Sewage Sludge Compost Commun Soil**. Sci Plant Anal, v.29, p. 2247-2262, 1998.

NETTO, A.R. **Influência da Mineralogia da Fração Argila sobre Propriedades Físico-Químicas de Solos Brasileiros**. Viçosa, p.144. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Viçosa, 1996.

NICKEL, J. **Rev. Environ. Contamination Toxicol**. v.107, p.103-105, 1989.

NRIAGU, J.O. **A Silent epidemic of Environmental Metal Poisoning?** ;Environ. Pollut, v. 50, p.139-161, 1988.

OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**. São Paulo, Atheneu, p.515, 1996.

OLIVEIRA, H.A.R.; FLORES, A.M.F.; IDE, C.N. **Caracterização Preliminar da Qualidade da Drenagem Pluvial Rural: Rio Taquarizinho–MS**. Campo Grande, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2005.

OLIVEIRA, R.C.; CAMPOS, M.L.; SILVEIRA, M.L.A.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N. **Arsênio em Solos do Cerrado**. FERTBIO 2002. Rio de Janeiro, UFRJ/SBCS/SBM, 2002.

OLIVEIRA, T. S. **Metais Pesados como Indicadores de Materiais de Origem de Solos**. Viçosa, UFV, p.128, 1996.

PAGENKOPF, G.H. **Introduction to Natural Water Chemistry**, Marcel Dekker, Inc., USA, p.272, 1978.

PARANHOS FILHO, A.C. **Análise Geo-ambiental Multitemporal o Estudo de Caso da Região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS-Brasil)**. Curitiba, Paraná, p. 31-36, 2000. Tese de Doutorado na Universidade Federal do Paraná.

PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; SILVA, M.L.N.; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J.M. **Efeito do pH na Adsorção-desorção de Chumbo em Latossolos Brasileiros**. Rev. Bras. Ciências Solo, p.269-277, 2001a.

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**. Rev. Bras. Ciências Solo, p.279-288, 2001b.

POMBO, L.C.A. **Sorção de Cádmio em Solos do Rio Grande do Sul**. Rev. Bras. Ciências, v.19, p. 19-24, 1995.

POMBO, L.C.A. **Absorção de Metais Pesados por Plantas e Métodos de Avaliação da Disponibilidade de Cádmio no Solo**. Porto Alegre, p. 84, 1992. Tese de Doutorado em Agronomia- UFRG.

PUNZ, W.F.; SIEGHARDT, H. **The Response of Roots of Herbaceous Plant Species to Heavy Metals**. Environmental and Experimental Botany, v 33, n. 11, p. 85-98, 1993.

QIAN, J.; SHAN, X.Q.; WANG, Z.J.; TU, Q. **Distribution and Plant Availability of Heavy Metals in Different Particle-size Fraction of Soil**. Sci. Total Environ., v. 187, p. 131-141, 1996.

RANKAMA, K.; SAHAMA, T.H.G. **Geochemistry**. London. The University of Chicago Press, p.912, 1950.

REIS, A.; ZAMBONIN, R.M.; NAKAZONO, E.M. **Recuperação de Áreas Florestais Degradadas Utilizando a Sucessão e as Interações Planta-Animal**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica / Governo do Estado de São Paulo, (Série Cadernos da Biosfera, 14), p.42, 1999.

RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S.B.; CORREIA, G.F. **Pedologia: Base para Distinção em Ambientes**. 2 ed. Viçosa, NEPUT, p.367, 1997.

RIBEIRO FILHO, M.R.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; MOTTA, P.E.F. **Metais Pesados em Solos de Área de rejeitos de Indústria de Processamento de Zinco**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, p. 453-464, 1999.

ROBARDS, K., WORSFOLD, P. **Cadmium: Toxicology and Analysis**. Analysis, v.116, p. 549-568, 1991.

ROSS, S.M. **Toxic Metals in Soil-plant Systems**. Chichester: John Willey & Sons, p.469, 1994.

ROVERS, H.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Níquel total e solúvel em DTPA em solos do Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, n.3, p. 217-220, 1983.

RUSSEL, J.B. **Química Geral**. 2.ed. São Paulo, McGraw- Hill, v.2, p.1048-1060, 1994.

SALBU, B.; STEINNES, E. State of the art and future trends. In: SALBU, B.; STEINNES, E., **Trace Elements in Natural Waters**. Boca Raton, CRC, p. 289-292, 1995.

SAWYER, C. N. **Fundamentals of Chemistry for Environmental Engineering**. McGraw Hill, Inc., p.532, 1987.

SCHROEDER, H.A. **Essential Trace Metals in Man: Copper.** Journal of Chronic Diseases, v. 19, p. 1107-1034, 1996.

STOCKER, H.S.; SEAGER, R. **Metales Tóxicos.** In: SEAGER, R. Química Ambiental: contaminación del aire y del agua. Barcelona, Blume, p. 8-40, 1981.

SILVA, M.R.C. **Estudos de Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Moji-Guaçu, com Ênfase na Determinação de Metais.** Dissertação, Instituto de Química de São Carlos, USP, 2002.

SIMS, J.T.; KLINE, J.S. **Chemical Fractionation and Plant Uptake of Heavy Metals in Soils Amended with Composted Sewage Sludge.** J. Environ. Qual., v.20, p. 387-395, 1991.

SRIYARAJ, K.; SHUTES, R.B.E. **An Assessment of the Impact of Motorway Runoff on a Pond Wetland and Stream.** Environ. Int, v. 26, p.433-439, 2001.

TAVARES, T.M.; CARVALHO, F.M. **Avaliação da Exposição de Populações Humanas a Metais Pesados no Ambiente Exemplos do Recôncavo Baiano.** Química Nova, v.15, n.2, p. 147-153, 1992.

THOMAS, R.L.A. **Protocol for the selection of process-oriented remedial options to control in situ sediment contaminants. Ecological effects of in situ sediment contaminants.** Hydrobiol, v.149, p. 247-258, 1987.

TILLER, K.G. **Heavy metals in soil and their environmental significance.** Advances in Soil Science, New York, v.9, p. 113-142, 1989.

TRAINA, S.J.; LAPERCHE, V. **Contaminant Bioavailability in Soils, Sediments, and Aquatic Environments.** Proceedings National Academic Science of the State of America. Washington, p.3365-3371, 1999.

USEPA (United States Environmental Protection Agency) **The Method for Evaluating Solid Waste.** Report Number SW-840, Washington, DC, 1986.

VALADARES, J.M.A.S. **Cobre em Solos do Estado de São Paulo: Cobre Total.** Bragantia, Campinas, v.34, p. 125-132, 1975.

VROM. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment. **Intervention Values and Target Values: Soil Quality Stanards.** The Hague: p. 19, 1994.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Trace Elements in Human Nutrition and Health.** Geneva: WHO, 1996.

ZHANG, X.P.; DENG, W.; YANG, X.M. **The Background Concentrations of 13 Soil Trace Elements and Their Relation Ships to Parent Materials and Vegetation in Xizang (Tibet), China.** Journal of Asian Sciences, v. 21, p. 167-174, 2002.

8 GLOSSÁRIO

Absorção	Em termos químicos, é a fixação de um gás por um sólido ou líquido, ou de um líquido por um sólido. Ao contrário da adsorção, a substância que é absorvida infiltra-se na que a absorve.
Adsorção	Formação de uma camada de um gás ou de uma substância em solução sobre a superfície de um sólido ou, menos frequentemente, de um líquido. Consoante o tipo de forças envolvidas podemos ter dois tipos: adsorção química, onde uma única camada de moléculas, átomos ou íons é unido à superfície adsorvente por intermédio de ligações químicas, ou adsorção física, em que as moléculas adsorvidas são retidas por forças de Van der Waals. Certos compostos orgânicos como hidrocarbonetos, pesticidas, toxinas e outras substâncias causadoras de cor, sabores e cheiros desagradáveis, podem ser removidos da água por adsorção, utilizando carvão ativado em pó diretamente na água, ou em grãos, como meio filtrante juntamente com a areia. Em certas situações as reações de adsorção são reversíveis, podendo-se extrair os poluentes adsorvidos ao carvão ativado, havendo a sua recuperação. O carvão vegetal em pó ou a argila são excelentes adsorventes em virtude do elevado valor da relação superfície/volume.
Antrópico	Resultado das atividades humanas no meio ambiente.
Antropogénico	Diz respeito às atividades humanas. Por exemplo, a contaminação por ingestão ou inalação de cádmio (metal pesado tóxico) tem como origens várias atividades humanas, como a metalurgia, fabrico de baterias, revestimento de recipientes para armazenamento de alimentos, fertilizantes fosfatados, etc., sendo, portanto, de origem antropogénica.
Argissolo	Uma das classes do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Corresponde, no antigo Sistema, à classe dos Solos Podzólicos. São solos relativamente profundos e bem drenados. Sua característica principal é ter um horizonte B textural. Esse horizonte é obrigatoriamente mais argiloso que os horizontes acima e abaixo dele. Tipicamente, possuem seqüências de <u>horizontes</u> A-Bt-C, onde Bt

representa o horizonte B textural. São semelhantes aos Ultissolos da Taxonomia de Solos

Carcinogênicos

Substâncias químicas que causam câncer ou que promovem o crescimento de tumores iniciados anteriormente por outras substâncias. Há casos em que o câncer aparece nos filhos de mães expostas a estas substâncias. Algumas substâncias são carcinogênicas a baixos níveis, como a dioxina, e outras reagem com mais vigor. A maioria das substâncias carcinogênicas é também mutagênica e teratogênica.

CTC

É a capacidade da argila adsorver elementos químicos e trocá-los por outros elementos na solução do solo. Matematicamente refere-se à soma dos elementos de cargas positivas, tais como a soma de bases (SB) + Al + H, (ou seja, cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio e hidrogênio). Essas cargas positivas, por sua vez, são adsorvidas pelas cargas negativas da argila, portanto, a CTC refere-se a quantidade de cargas elétricas negativas.

A soma dessas cargas elétricas negativas é representada pela capacidade de troca de cátions (CTC), e nela estão ligados eletricamente os elementos de cargas positivas, que compõem os principais nutrientes do solo, tais como o cálcio, magnésio, potássio, sódio, representados pela soma de bases (SB). Existem ainda outras cargas elétricas negativas ligadas a elementos desfavoráveis tais como o alumínio (Al) e o hidrogênio (H). O conjunto SB + Al + H reflete a CTC do solo a pH 7.

DL₅₀

Dose letal que provoca a morte de metade (50%) das cobaias testadas em laboratório e é expressa em mg do princípio ativo em kg de peso vivo do animal submetido a teste. Pode ser aplicada por via oral, em uma dose (oral aguda), ou por via dérmica, quando aplicada sobre a pele depilada de animais de laboratório, através de uma única exposição (dérmica aguda).

Distrófico

Solo em que a porcentagem de saturação por bases (V) é inferior a 50%. São solos de fertilidade média ou baixa

Eutrófico

Solo em que a porcentagem de saturação por bases (V) é superior a 50%. São solos de fertilidade alta.

Horizonte	O corte vertical do solo é chamado de perfil. O perfil do solo é dividido em camadas paralelas à superfície do terreno chamadas de horizontes. O horizonte A é o mais superficial, sendo influenciado por raízes, minhocas, atividade microbiana etc. O horizonte C é o mais profundo e consiste de material pouco alterado pelo <u>intemperismo</u> . Entre os horizontes A e C, acha-se o horizonte B, o qual reflete os processos de formação do solo. Nem todos os solos possuem horizontes A, B e C. Certos solos podem não ter o horizonte B, por exemplo, enquanto outros solos podem ainda apresentar outros tipos de horizontes não mencionados aqui.
Intemperismo	Ação da água, plantas, temperatura, microrganismos, vento, entre outros, no processo de desagregação física e modificação química dos materiais expostos à superfície terrestre. De modo geral, o intemperismo leva à diminuição da fertilidade dos solos através da perda de nutrientes. Por outro lado, o intemperismo melhora as propriedades físicas do solo. Também conhecido como meteorização
Latossolo	Uma das classes solo do Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. São solos profundos, muito bem drenados, homogêneos e altamente <u>intemperizados</u> e <u>lixiviados</u> . Tendem a teor teores de argila médios ou altos. Tipicamente, possuem seqüência de horizontes A-Bw, onde Bw significa horizonte B latossólico. São semelhantes aos Oxissolos não-aquícios da <u>Taxonomia de Solos</u> .
Lixiviação	Um dos processos do <u>intemperismo</u> . A água das chuvas, ao penetrar através do solo, carrega consigo elementos químicos. Estes podem ser carregados para rios e oceanos. Com o passar do tempo, a composição química do solo acaba sendo modificada.
Mutagênico	Agente físico (radiações ionizantes) ou químico que pode modificar a estrutura química dos genes (material hereditário). Certas substâncias químicas, ao reagirem com o ADN, molécula que transporta o material hereditário, são muitas vezes mutagênicas, como alguns inseticidas. Embora algumas mutações possam trazer alguns benefícios, a maioria tem um efeito perigoso ou neutro, sendo muitos dos mutagêneos igualmente cancerígenos.

Neossolo	Uma das classes do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Corresponde, no antigo Sistema, à classe das Areias Quartzosas. São solos profundos, muito bem drenados e constituídos quase que inteiramente de grãos de quartzo do tamanho areia . Tipicamente, possuem sequência de horizontes A-C. São semelhantes aos Quartzipsamentos da Taxonomia de Solos .
Pedologia	Ciência que estuda a formação, composição e classificação dos solos. Pedólogos são os cientistas que estudam os solos.
Taxonomia de Solos	Sistema de classificação de solos desenvolvido nos EUA. É usado por pedólogos praticamente no mundo todo.
Teratogênico	Produto químico que, ingerido por um indivíduo do sexo feminino, pode causar deformações no filho que ele gerar. Como exemplos, temos a talidomida, mercúrio, etc.
Textura	Refere-se à proporção relativa das frações areia , silte e argila no solo. A grosso modo, pode-se dizer que solos de textura muito argilosa têm mais de 60% de argila. Os de textura argilosa têm entre 35 e 60% de argila. Os de textura siltosa têm mais de 65% de silte e os de textura arenosa mais de 70 ou 85% de areia. Solos que têm proporções aproximadamente semelhantes de areia, silte e argila são chamados de solos de textura média.
Textural, Horizonte B	O horizonte B textural (Bt) é um horizonte que possui teor de argila mais elevado que os horizontes sub e sobrejacentes. Os agregados do solo nesse horizonte tendem a formar blocos que se arranjam tal como tijolos numa parede
Voçorocamento	Último estágio da erosão. Termo regional de origem tupi-guarani, para denominar sulco grande, especialmente os de grandes dimensões e rápida evolução. Seu mecanismo é complexo e inclui normalmente a água subterrânea como agente erosivo.

ANEXOS

TABELA A1- Porcentagens de matéria orgânica, argila, silte, areia fina, areia média e areia grossa e pedregulho nas amostras de solo coletadas em julho de 2006

PONTOS	MO %	ARGILA %	SILTE %	AREIA FINA %	AREIA MÉDIA %	AREIA GROSSA %	PEDREGULHO %
P1 – F1	4,00	28,0	45,0	27,0			
P1 – F5	2,20	17,0	65,0	18,0			
P2 – F2	2,20	37,0	34,0	29,0			
P2 – F5	1,90	34,0	50,0	16,0			
P3 – F5	3,20	12,0	35,0	53,0			
P4 – F5	0,50	1,0	65,0	34,0			
P5 – F5	0,90	8,0	64,0	27,0			
P6 – F5	0,80	12,0	26,0	62,0			
P7 – F5	0,10	14,0	37,0	49,0			
P8 – F5	0,50	5,0	36,0	59,0			
P9 – F5	0,70	15,0	70,0	15,0			
P10 – F5	1,80		1,0	7,0	15,0	16,0	61,0
P11 – F5	0,70		6,0	59,0	35,0		
P12 – F1	1,30		5,0	35,0	10,0	14,0	36,0
P12 – F5	0,40		2,0	21,0	10,0	9,0	
P13 – F5	0,80	8,0	15,0	77,0			
P14 – F5	0,90	15,0	57,0	28,0			
P15 – F1	1,50		3,0	72,0	25,0		
P15 – F4	0,90		8,0	71,0	21,0		
P16 – F1	1,20	7,0	28,0	65,0			
P16 – F5	0,70	11,0	34,0	55,0			
P17 – F5	1,20	17,0	10,0	74,0			
P18 – F5		15,0	38,0	47,0			
P19 – F5		15,0	51,0	34,0			
P20 – F1	2,00		1,0	71,0	28,0		
P20 – F5	0,30		2,0	20,0	28,0		
P21 – F5	2,30						
P22 – F5	1,90	17,0	34,0	49,0			
P23 – F5	2,20	3,0	13,0	84,0			
P24 – F5	0,90		3,0	79,0	18,0		
P25 – F5	0,90	15,0	52,0	33,0			
P26 – F5	1,50	7,0	33,0	60,0			
P27 – F5	1,20	4,0	84,0	12,0			
P28 – F5	1,10	9,0	40,0	51,0			
P29 – F5	1,90		5,0	23,0	15,0	22,0	35,0

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARENO-ARGILOSO AMARELA VARIEGADO						Amostra n°: F5 - P1				
						Profundidade:				
						Data: 30/08/2006	Inicial: 30/08/2006	Data: 12/09/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	50				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	25,42				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	25,31				Proveta n° 1 Densímetro n.º 9				
Tara	g	16,3				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,11				Massa de solo g 54,00				
Sólidos	g	9,01	Teor de Umidade g 1,22							
Teor de Umidade	%	1,22	Massa de Sólidos Inicial g 53,35							
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100 g -				
4						Retido #200 g 9,83				
8						Prato g 43,50				
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200 g 9,83				
50						Prato + tara g 959,1				
100						Tara do Prato g 915,6				
200	9,83	-	9,83	18,43	18,43	Prato g 1				
Prato	43,50	-	43,50	81,57	100,00	Massa de Sólidos g 43,50				
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 53,35 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
30/08	09:15	15seg	1021	1021	20	-2,0	19,0	16,3	0,107	55,97
	09:15	30seg	1018	1018	20	-2,0	16,0	16,8	0,077	47,13
	09:16	1 min	1016	1016	20	-2,0	14,0	17,2	0,055	41,24
	09:17	2 min	1015	1015	20	-2,0	13,0	17,4	0,039	38,29
	09:19	4 min	1014	1014	20	-2,0	12,0	17,5	0,028	35,35
	09:23	8 min	1014		20	-2,0	12,0	16,5	0,019	35,35
	09:30	15 min	1014		20	-2,0	12,0	16,5	0,014	35,35
	09:45	30 min	1012		20	-2,0	10,0	16,9	0,010	29,46
	10:15	1 h	1011		20	-2,0	9,0	17,2	0,007	26,51
	11:15	2 h	1010		20	-2,0	8,0	17,3	0,005	23,56
	13:15	4 h	1009		20	-2,0	7,0	17,5	0,004	20,62
	17:15	8 h	1008		20	-2,0	6,0	17,7	0,003	17,67

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARGILOSO CINZA ESCURO						Amostra n°: F5 - P2				
						Profundidade:				
						Data: 30/08/2006	Inicial: 30/08/2006	Data: 12/09/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	93				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	18,64				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	18,52				Proveta n° 2 Densímetro n.º 30				
Tara	g	9,67				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,12				Massa de solo g 64,44				
Sólidos	g	8,85	Teor de Umidade g 1,36							
Teor de Umidade	%	1,36	Massa de Sólidos Inicial g 63,58							
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100 g -				
4						Retido #200 g 10,18				
8						Prato g 53,40				
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200 g 10,18				
50						Prato + tara g 971,10				
100						Tara do Prato g 917,70				
200	10,18	-	10,18	16,01	16,01	Prato g 2				
Prato	53,40	-	53,40	84,00	100,00	Massa de Sólidos g 53,40				
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 63,58 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
30/08	09:15	15seg	1030	1030	20	-2,2	27,8	14,5	0,101	68,71
 	09:15	30seg	1027	1027	20	-2,2	24,8	15,0	0,073	61,30
 	09:16	1 min	1025	1025	20	-2,2	22,8	15,5	0,052	56,35
 	09:17	2 min	1024	1024	20	-2,2	21,8	15,7	0,037	53,88
 	09:19	4 min	1023	1023	20	-2,2	20,8	15,9	0,026	51,41
 	09:23	8 min	1023		20	-2,2	20,8	15,0	0,018	51,41
 	09:30	15 min	1022		20	-2,2	19,8	15,1	0,013	48,94
 	09:45	30 min	1021		20	-2,2	18,8	15,4	0,010	46,47
 	10:15	1 h	1020		20	-2,2	17,8	15,6	0,007	44,00
 	11:15	2 h	1019		20	-2,2	16,8	15,8	0,005	41,52
 	13:15	4 h	1018		20	-2,2	15,8	16,0	0,003	39,05
 	17:15	8 h	1016		20	-2,2	13,8	16,4	0,002	34,11

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARENOSO AMARELA						Amostra n°: F5 - P5				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data: 12/09/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	21				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	28,57				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	28,55				Proveta n° 5 Densímetro n.° 487				
Tara	g	18,86				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,02				Massa de solo g 63,74				
Sólidos	g	9,69	Teor de Umidade g 0,21							
Teor de Umidade	%	0,21	Massa de Sólidos Inicial g 63,61							
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100 g -				
4						Retido #200 g 16,01				
8						Prato g 47,60				
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200 g 16,01				
50						Prato + tara g 965,50				
100						Tara do Prato g 917,90				
200	16,01	-	16,01	25,17	25,17	Prato g 5				
Prato	47,60	-	47,60	74,83	100,00	Massa de Sólidos g 47,60				
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 63,61 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
30/08	09:15	15seg	1027	1027	20	0,8	27,8	14,2	0,100	68,68
 	09:15	30seg	1023	1023	20	0,8	23,8	15,0	0,073	58,80
 	09:16	1 min	1019	1019	20	0,8	19,8	15,7	0,053	48,92
 	09:17	2 min	1017	1017	20	0,8	17,8	16,1	0,038	43,97
 	09:19	4 min	1014	1014	20	0,8	14,8	16,7	0,027	36,56
 	09:23	8 min	1013		20	0,8	13,8	16,0	0,019	34,09
 	09:30	15 min	1012		20	0,8	12,8	16,2	0,014	31,62
 	09:45	30 min	1011		20	0,8	11,8	16,5	0,010	29,15
 	10:15	1 h	1010		20	0,8	10,8	16,6	0,007	26,68
 	11:15	2 h	1008		20	0,8	8,8	17,0	0,005	21,74
 	13:15	4 h	1007		20	0,8	7,8	17,2	0,004	19,27
 	17:15	8 h	1005		20	0,8	5,8	17,2	0,003	14,33

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA SILTOSA MARROM CLARA						Amostra n°: F5-P6				
						Profundidade:				
						Data: 14/09/2006	Inicial: 14/09/2006	Data: 18/10/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	89				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	25,46				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	25,43				Proveta n°	2	Densímetro n.º	30	
Tara	g	9,97				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,03				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	15,46				Teor de Umidade	g	0,19		
Teor de Umidade	%	0,19				Massa de Sólidos Inicial	g	64,87		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	36,88		
8						Prato	g	28,00		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	36,88		
50						Prato + tara	g	943,80		
100						Tara do Prato	g	915,80		
200	36,88	-	36,88	56,84	56,84	Prato	g	2		
Prato	28,00	-	28,00	43,16	100,00	Massa de Sólidos	g	28,00		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,87 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
14/09	08:20	15seg	1021	1021	28	-0,5	20,5	16,3	0,107	49,66
 	08:20	30seg	1017	1017	28	-0,5	16,5	17,0	0,077	39,97
 	08:21	1 min	1014	1014	28	-0,5	13,5	17,6	0,056	32,70
 	08:22	2 min	1013	1013	28	-0,5	12,5	17,8	0,040	30,28
 	08:24	4 min	1012	1012	28	-0,5	11,5	18,0	0,028	27,86
 	08:28	8 min	1010		28	-0,5	9,5	17,5	0,020	23,01
 	08:35	15 min	1010		28	-0,5	9,5	17,5	0,014	23,01
 	08:50	30 min	1009		28	-0,5	8,5	17,7	0,010	20,59
 	09:20	1 h	1008		28	-0,5	7,5	17,9	0,007	18,17
 	10:20	2 h	1007		30	0,0	7,0	18,0	0,005	16,96
 	12:20	4 h	1006		30	0,0	6,0	18,3	0,004	14,53
 	16:20	8 h	1005		30	0,0	5,0	18,5	0,003	12,11

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA SILTOSA VERMELHA						Amostra n°: F5-P8				
						Profundidade:				
						Data: 14/09/2006	Inicial: 14/09/2006	Data: 16/10/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	61				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	24,69				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	24,65				Proveta n°	4	Densímetro n.º	460	
Tara	g	13,64				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,04				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	11,01				Teor de Umidade	g	0,36		
Teor de Umidade	%	0,36				Massa de Sólidos Inicial	g	64,76		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
	Massa seca retida			Porcentagem		3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	38,17		
8						Prato	g	26,60		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	38,17		
50						Prato + tara	g	944,30		
100						Tara do Prato	g	917,70		
200	38,17	-	38,17	58,93	58,93	Prato	g	6		
Prato	26,60	-	26,60	41,07	100,00	Massa de Sólidos	g	26,60		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,76 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
14/09	08:20	15seg	1016	1016	28	0,6	16,6	16,4	0,108	40,28
 	08:20	30seg	1014	1014	28	0,6	14,6	16,8	0,077	35,42
 	08:21	1 min	1012	1012	28	0,6	12,6	17,2	0,055	30,57
 	08:22	2 min	1008	1008	28	0,6	8,6	18,0	0,040	20,87
 	08:24	4 min	1006	1006	28	0,6	6,6	18,4	0,028	16,01
 	08:28	8 min	1006		28	0,6	6,6	17,5	0,020	16,01
 	08:35	15 min	1005		28	0,6	5,6	17,6	0,014	13,59
 	08:50	30 min	1005		28	0,6	5,6	17,6	0,010	13,59
 	09:20	1 h	1004		28	0,6	4,6	17,8	0,007	11,16
 	10:20	2 h	1004		30	1,2	5,2	17,8	0,005	12,62
 	12:20	4 h	1003		30	1,2	4,2	18,0	0,004	10,19
 	16:20	8 h	1002		30	1,2	3,2	18,2	0,003	7,76

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARGILO-ARENOSO CINZA						Amostra n°: F5-P9				
						Profundidade:				
						Data: 14/09/2006	Inicial: 14/09/2006	Data: 16/10/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	68				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	21,31				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	21,27				Proveta n°	5	Densímetro n.º	482	
Tara	g	10,1				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,04				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	11,17				Teor de Umidade	g	0,36		
Teor de Umidade	%	0,36				Massa de Sólidos Inicial	g	64,77		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	9,47		
8						Prato	g	55,80		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	9,47		
50						Prato + tara	g	973,60		
100						Tara do Prato	g	918,30		
200	9,47	-	9,47	14,62	14,62	Prato	g	5		
Prato	55,80	-	55,80	85,38	100,00	Massa de Sólidos	g	55,30		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,77 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/09	08:20	15seg	1034	1034	28	1,0	35,0	12,8	0,095	84,92
 	08:20	30seg	1032	1032	28	1,0	33,0	13,2	0,068	80,07
 	08:21	1 min	1028	1028	28	1,0	29,0	14,0	0,050	70,36
 	08:22	2 min	1024	1024	28	1,0	25,0	14,8	0,036	60,66
 	08:24	4 min	1018	1018	28	1,0	19,0	16,0	0,027	46,10
 	08:28	8 min	1014		28	1,0	15,0	15,9	0,019	36,39
 	08:35	15 min	1013		28	1,0	14,0	16,0	0,014	33,97
 	08:50	30 min	1012		28	1,0	13,0	16,3	0,010	31,54
 	09:20	1 h	1011		28	1,0	12,0	16,5	0,007	29,11
 	10:20	2 h	1010		30	1,6	11,6	16,6	0,005	28,14
 	12:20	4 h	1008		30	1,6	9,6	17,0	0,004	23,29
 	16:20	8 h	1006		30	1,6	7,6	17,5	0,003	18,44

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA COM POUCA SILTE VERMELHA						Amostra n°: F5-P13				
						Profundidade:				
						Data: 20/09/2006	Inicial: 20/09/2006	Data: 25/10/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	94				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	33,4				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	33,34				Proveta n°	4	Densímetro n.°	460	
Tara	g	13,3				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,06				Massa de solo	g	116,25		
Sólidos	g	20,04				Teor de Umidade	g	0,30		
Teor de Umidade	%	0,30				Massa de Sólidos Inicial	g	115,90		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
	Massa seca retida			Porcentagem		3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	58,00		
4						Retido #200	g	32,00		
8						Prato	g	26,00		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	32,00		
50						Prato + tara	g	943,80		
100	58,00	-	58,00	50,00	50,00	Tara do Prato	g	917,80		
200	32,00	-	32,00	27,60	77,60	Prato	g	4		
Prato	26,00	-	26,00	22,40	100,00	Massa de Sólidos	g	26,00		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 115,90 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
20/09	08:19	15seg	1022	1022	28	0,6	22,6	15,2	0,104	30,64
 	08:19	30seg	1016	1016	28	0,6	16,6	16,2	0,076	22,51
 	08:20	1 min	1013	1013	28	0,6	13,6	17,0	0,055	18,44
 	08:21	2 min	1011	1011	28	0,6	11,6	17,4	0,039	15,73
 	08:23	4 min	1009	1009	28	0,6	9,6	17,8	0,028	13,02
 	08:27	8 min	1008		28	0,6	8,6	17,0	0,019	11,66
 	08:34	15 min	1008		28	0,6	8,6	17,0	0,014	11,66
 	08:49	30 min	1007		28	0,6	7,6	17,2	0,010	10,30
 	09:19	1 h	1007		28	0,6	7,6	17,2	0,007	10,30
 	10:19	2 h	1006		28	0,6	6,6	17,5	0,005	8,95
 	12:19	4 h	1005		31	1,6	6,6	17,6	0,004	8,95
 	16:19	8 h	1005		27	0,4	5,4	17,6	0,003	7,32

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARENOSO VERMELHA						Amostra n°: F5-P14				
						Profundidade:				
						Data: 14/09/2006	Inicial: 14/09/2006	Data: 18/10/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	15				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	28,1				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	28,06				Proveta n°	1	Densímetro n.º	9	
Tara	g	19,08				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,04				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	8,98				Teor de Umidade	g	0,45		
Teor de Umidade	%	0,45				Massa de Sólidos Inicial	g	64,71		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	22,32		
8						Prato	g	42,40		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	22,32		
50						Prato + tara	g	969,60		
100						Tara do Prato	g	927,20		
200	22,32	-	22,32	34,49	34,49	Prato	g	1		
Prato	42,40	-	42,40	65,51	100,00	Massa de Sólidos	g	42,40		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,71 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
14/09	08:20	15seg	1030	1030	28	-0,4	29,6	14,5	0,101	71,88
 	08:20	30seg	1023	1023	28	-0,4	22,6	15,8	0,075	54,88
 	08:21	1 min	1021	1021	28	-0,4	20,6	16,3	0,054	50,02
 	08:22	2 min	1019	1019	28	-0,4	18,6	16,5	0,038	45,17
 	08:24	4 min	1017	1017	28	-0,4	16,6	17,0	0,027	40,31
 	08:28	8 min	1017		28	-0,4	16,6	16,0	0,019	40,31
 	08:35	15 min	1015		28	-0,4	14,6	16,4	0,014	35,45
 	08:50	30 min	1014		28	-0,4	13,6	16,5	0,010	33,03
 	09:20	1 h	1012		28	-0,4	11,6	16,9	0,007	28,17
 	10:20	2 h	1010		30	0,0	10,0	17,3	0,005	24,28
 	12:20	4 h	1009		30	0,0	9,0	17,5	0,004	21,86
 	16:20	8 h	1007		30	0,0	7,0	17,9	0,003	17,00

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA SILTOSA CINZA CLARO						Amostra n°: F1 - P16				
						Profundidade:				
						Data: 12/12/2006	Inicial: 12/12/2006	Data: 15/12/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,80 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	27	38	49	1 - G e r a l					
Solo + Tara	g	46,16	49,78	52,59	Defloculante: Hexametáfosfato de sódio					
Sólidos + Tara	g	43,19	46,49	49	Proveta n°	3	Densímetro n.º	482		
Tara	g	15,71	15,92	15,82	2- Antes do Ensaio					
Água	g	2,97	3,29	3,59	Massa de solo	g	120,00			
Sólidos	g	27,48	30,57	33,18	Teor de Umidade	g	10,80			
Teor de Umidade	%	10,81	10,76	10,82	Massa de Sólidos Inicial	g	108,31			
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	55,76		
4						Retido #200	g	15,31		
8						Prato	g	37,23		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	15,31		
50						Prato + tara	g	927,83		
100	55,76	-	55,76	51,48	51,48	Tara do Prato	g	890,60		
200	15,31	-	15,31	14,14	65,62	Prato	g	0,3		
Prato	37,23	-	37,23	34,37	100,00	Massa de Sólidos	g	37,23		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 108,31 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
14/12	11:00	15seg	1024	1024	31	1,8	25,8	14,8	0,089	37,06
 	11:00	30seg	1016	1016	31	1,8	17,8	16,4	0,066	25,57
 	11:01	1 min	1013	1013	31	1,8	14,8	17,0	0,048	21,26
 	11:02	2 min	1011	1011	31	1,8	12,8	17,4	0,034	18,38
 	11:04	4 min	1010	1010	31	1,8	11,8	17,5	0,024	16,95
 	11:08	8 min	1009		31	1,8	10,8	16,8	0,017	15,51
 	11:15	15 min	1008		31	1,8	9,8	17,1	0,012	14,08
 	11:30	30 min	1007		31	1,8	8,8	17,2	0,009	12,64
 	12:00	1 h	1006		31	1,8	7,8	17,5	0,006	11,20
 	13:00	2 h	1005		31	1,8	6,8	17,6	0,004	9,77
 	15:00	4 h	1004		31	1,8	5,8	17,9	0,003	8,33
 	19:00	8 h	1003		31	1,6	4,6	18,0	0,002	6,61

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA SILTOSA CINZA						Amostra n°: F5-P16				
						Profundidade:				
Data: 20/09/2006						Inicial: 20/09/2006		Data: 20/09/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,80 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n° g 87						1 - G e r a l				
Solo + Tara g 37,62						Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara g 37,56						Proveta n° 5		Densímetro n.° 482		
Tara g 15,34						2- Antes do Ensaio				
Água g 0,06						Massa de solo g		105,28		
Sólidos g 22,22						Teor de Umidade g		0,27		
Teor de Umidade % 0,27						Massa de Sólidos Inicial g		105,00		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Porcentagem										
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100 g		58,00		
4						Retido #200 g		13,50		
8						Prato g		33,50		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200 g		13,5		
50						Prato + tara g		951,90		
100	58,00	-	58,00	55,20	55,20	Tara do Prato g		918,40		
200	13,50	-	13,50	12,90	68,10	Prato g		5		
Prato	33,50	-	33,50	31,90	100,00	Massa de Sólidos g		33,50		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 105,00 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
20/09	08:12	15seg	1022	1022	28	1,0	23,0	15,2	0,102	34,08
	08:12	30seg	1020	1020	28	1,0	21,0	15,6	0,073	31,11
	08:13	1 min	1017	1017	28	1,0	18,0	16,1	0,053	26,67
	08:14	2 min	1014	1014	28	1,0	15,0	16,7	0,038	22,22
	08:16	4 min	1012	1012	28	1,0	13,0	17,1	0,027	19,26
	08:20	8 min	1012		28	1,0	13,0	16,2	0,019	19,26
	08:27	15 min	1012		28	1,0	13,0	16,2	0,014	19,26
	08:42	30 min	1011		28	1,0	12,0	16,5	0,010	17,78
	09:12	1 h	1010		28	1,0	11,0	16,6	0,007	16,30
	10:12	2 h	1008		28	1,0	9,0	17,0	0,005	13,33
	12:12	4 h	1007		31	1,8	8,8	17,2	0,004	13,04
	16:12	8 h	1007		27	0,8	7,8	17,2	0,002	11,56

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA SILTOSA CINZA						Amostra n°: F5 - P18				
						Profundidade:				
						Data: 20/09/2006	Inicial: 20/09/2006	Data: 25/09/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	73				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	27,53				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	27,45				Proveta n°	2	Densímetro n.º	30	
Tara	g	13,52				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,08				Massa de solo	g	68,22		
Sólidos	g	13,93				Teor de Umidade	g	0,57		
Teor de Umidade	%	0,57				Massa de Sólidos Inicial	g	67,83		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	25,63		
8						Prato	g	42,20		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	25,63		
50						Prato + tara	g	960,10		
100						Tara do Prato	g	917,90		
200	25,63	-	25,63	37,79	37,79	Prato	g	2		
Prato	42,20	-	42,20	62,21	100,00	Massa de Sólidos	g	42,20		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 67,83 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
20/09	08:12	15seg	1025	1025	28	-0,5	24,5	15,5	0,105	56,76
	08:12	30seg	1023	1023	28	-0,5	22,5	15,9	0,075	52,13
	08:13	1 min	1021	1021	28	-0,5	20,5	16,4	0,054	47,49
	08:14	2 min	1019	1019	28	-0,5	18,5	16,6	0,038	42,86
	08:16	4 min	1018	1018	28	-0,5	17,5	16,8	0,027	40,54
	08:20	8 min	1017		28	-0,5	16,5	16,2	0,019	38,23
	08:27	15 min	1015		28	-0,5	14,5	16,6	0,014	33,59
	08:42	30 min	1014		28	-0,5	13,5	16,7	0,010	31,28
	09:12	1 h	1012		28	-0,5	11,5	17,1	0,007	26,64
	10:12	2 h	1011		28	-0,5	10,5	17,3	0,005	24,33
	12:12	4 h	1010		31	0,2	10,2	17,5	0,004	23,63
	16:12	8 h	1009		27	-0,7	8,3	17,7	0,003	19,23

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARENOSO AMARELO						Amostra n°: F5 - P19				
						Profundidade:				
						Data: 20/09/2006	Inicial: 20/09/2006	Data: 20/09/2006		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	14				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	31,75				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	31,68				Proveta n°	3	Densímetro n.º	30	
Tara	g	18,83				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,07				Massa de solo	g	68,88		
Sólidos	g	12,85				Teor de Umidade	g	0,54		
Teor de Umidade	%	0,54				Massa de Sólidos Inicial	g	68,51		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g			
4						Retido #200	g	23,2		
8						Prato	g	45,30		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	23,2		
50						Prato + tara	g	961,20		
100						Tara do Prato	g	915,90		
200	23,20	-	23,20	33,87	33,87	Prato	g	3		
Prato	45,30	-	45,30	66,13	100,00	Massa de Sólidos	g	45,30		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 68,51 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
20/09	08:19	15seg	1026	1026	28	-0,5	25,5	15,4	0,104	58,49
	08:19	30seg	1024	1024	28	-0,5	23,5	15,4	0,074	53,90
	08:20	1 min	1021	1021	28	-0,5	20,5	16,4	0,054	47,02
	08:21	2 min	1020	1020	28	-0,5	19,5	16,5	0,038	44,73
	08:23	4 min	1018	1018	28	-0,5	17,5	16,8	0,027	40,14
	08:27	8 min	1017		28	-0,5	16,5	16,2	0,019	37,85
	08:34	15 min	1015		28	-0,5	14,5	16,6	0,014	33,26
	08:49	30 min	1014		28	-0,5	13,5	16,7	0,010	30,97
	09:19	1 h	1012		28	-0,5	11,5	17,1	0,007	26,38
	10:19	2 h	1011		28	-0,5	10,5	17,3	0,005	24,09
	12:19	4 h	1010		31	0,2	10,2	17,5	0,004	23,40
	16:19	8 h	1009		27	-0,7	8,3	17,7	0,003	19,04

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA SILTOSA VERMELHA						Amostra n°: F5 - P22				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data:		
Massa específica dos Sólidos: 2,80 g/cm³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	22				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	32,76				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	32,64				Proveta n°	4	Densímetro n.º	460	
Tara	g	15,77				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,12				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	16,87				Teor de Umidade	g	0,71		
Teor de Umidade	%	0,71				Massa de Sólidos	g	64,54		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g			
4						Retido #200	g	31,79		
8						Prato	g	32,75		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	31,79		
50						Prato + tara	g	1008,1		
100						Tara do Prato	g	975,3		
200	31,79	-	31,79	49,26	49,26	Prato	g	3		
Prato	32,75	-	32,75	50,59	100	Massa de Sólidos	g	32,75		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,54 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/set	08:12	15seg	1024	1024	27	0,2	24,2	14,4	0,093	58,33
	08:12	30seg	1020	1020	27	0,2	20,2	15,6	0,068	48,69
	08:13	1 min	1016	1016	27	0,2	16,2	16,4	0,050	39,05
	08:14	2 min	1013	1013	27	0,2	13,2	17,0	0,036	31,81
	08:16	4 min	1012	1012	27	0,2	12,2	17,2	0,025	29,40
	08:20	8 min	1011		27	0,2	10,8	16,5	0,018	26,03
	08:27	15 min	1011		27	0,2	10,8	16,5	0,013	26,03
	08:42	30 min	1010		27	0,2	9,8	16,6	0,009	23,62
	09:12	1 h	1009		27	0,2	8,8	16,8	0,006	21,21
	10:12	2 h	1008		28	0,8	7,2	17,0	0,005	17,35
	12:12	4 h	1007		30	1,2	5,8	17,2	0,003	13,98
	16:12	8 h	1007		26	0,0	7,0	17,2	0,002	16,87

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA COM POUCA SILTE CINZA ESCURA						Amostra n°: F5-P23				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data:		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	23				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	43,28				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	43,07				Proveta n°	6	Densímetro n.º	482	
Tara	g	14,55				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,21				Massa de solo	g	130,00		
Sólidos	g	28,52				Teor de Umidade	g	0,74		
Teor de Umidade	%	0,74				Massa de Sólidos Inicial	g	129,05		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	79,61		
4						Retido #200	g	29,17		
8						Prato	g	20,26		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	29,17		
50						Prato + tara	g	935,14		
100	79,61		79,61	61,69	61,69	Tara do Prato	g	914,88		
200	29,17	-	29,17	22,61	84,30	Prato	g	3		
Prato	20,26	-	20,26	15,70	100,00	Massa de Sólidos	g	20,26		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 129,05 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/09	08:12	15seg	1020	1020	27	0,8	20,8	15,6	0,105	25,33
 	08:12	30seg	1013	1013	27	0,8	13,8	16,9	0,077	16,80
 	08:13	1 min	1010	1010	27	0,8	10,8	17,5	0,056	13,15
 	08:14	2 min	1007	1007	27	0,8	7,8	18,1	0,040	9,50
 	08:16	4 min	1005	1005	27	0,8	5,8	18,5	0,029	7,06
 	08:20	8 min	1005		27	0,8	5,8	17,6	0,020	7,06
 	08:27	15 min	1004		27	0,8	4,8	17,8	0,014	5,84
 	08:42	30 min	1004		27	0,8	4,8	17,8	0,010	5,84
 	09:12	1 h	1003		27	0,8	3,8	18,0	0,007	4,63
 	10:12	2 h	1003		28	1,0	4,0	17,0	0,005	4,87
 	12:12	4 h	1002		30	1,6	3,6	18,2	0,004	4,38
 	16:12	8 h	1002		26	0,6	2,6	18,2	0,003	3,17

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE ARENOSO AMARELA ESCURA						Amostra n°: F5-P25				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data:		
Massa específica dos Sólidos: 2,80 g/cm³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	25				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	42,38				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	42,34				Proveta n°	2	Densímetro n.º	30	
Tara	g	20,16				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,04				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	22,18				Teor de Umidade	g	0,18		
Teor de Umidade	%	0,18				Massa de Sólidos Inicial	g	64,88		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	21,61		
8						Prato	g	43,27		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	21,61		
50						Prato + tara	g	935,41		
100						Tara do Prato	g	913,80		
200	21,61	-	21,61	33,31	33,31	Prato	g	6		
Prato	43,27	-	43,27	66,69	100,00	Massa de Sólidos	g	21,61		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,88 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/09	08:12	15seg	1024	1024	27	-0,7	23,3	15,7	0,104	55,86
 	08:12	30seg	1022	1022	27	-0,7	21,3	16,0	0,074	51,07
 	08:13	1 min	1019	1019	27	-0,7	18,3	16,6	0,053	43,87
 	08:14	2 min	1016	1016	27	-0,7	15,3	17,2	0,038	36,68
 	08:16	4 min	1014	1014	27	-0,7	13,3	14,6	0,025	31,89
 	08:20	8 min	1013		27	-0,7	12,3	17,0	0,019	29,49
 	08:27	15 min	1012		27	-0,7	11,3	17,1	0,014	27,09
 	08:42	30 min	1011		27	-0,7	10,3	17,3	0,010	24,69
 	09:12	1 h	1010		27	-0,7	9,3	17,5	0,007	22,30
 	10:12	2 h	1009		28	-0,7	8,3	17,6	0,005	19,90
 	12:12	4 h	1008		30	0,0	8,0	17,9	0,004	19,18
 	16:12	8 h	1008		26	-1,0	7,0	17,9	0,003	16,78

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: SILTE COM POUCA AREIA CINZA ESCURA						Amostra n°: F5 - P27				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data:		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	27				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	38,23				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	38,23				Proveta n°	3	Densímetro n.º	30	
Tara	g	13,83				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,00				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	24,40				Teor de Umidade	g	0,00		
Teor de Umidade	%	0,00				Massa de Sólidos Inicial	g	65,00		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	6,51		
8						Prato	g	59,39		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	6,51		
50						Prato + tara	g	777,39		
100						Tara do Prato	g	718,00		
200	6,51	-	6,51	10,10	10,10	Prato	g	6		
Prato	59,39	-	59,39	91,36	100,00	Massa de Sólidos	g	59,39		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 65,00 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/9	08:12	15seg	1016	1016	27	-0,7	15,3	17,2	0,110	36,99
 	08:12	30seg	1011	1011	27	-0,7	10,3	18,2	0,080	24,90
 	08:13	1 min	1007	1007	27	-0,7	6,3	19,0	0,058	15,23
 	08:14	2 min	1006	1006	27	-0,7	5,3	19,2	0,041	12,81
 	08:16	4 min	1005	1005	27	-0,7	4,3	19,3	0,029	10,40
 	08:20	8 min	1005		27	-0,7	4,3	18,5	0,020	10,40
 	08:27	15 min	1005		27	-0,7	4,3	18,5	0,015	10,40
 	08:42	30 min	1004		27	-0,7	3,3	18,6	0,010	7,98
 	09:12	1 h	1004		27	-0,7	3,3	18,6	0,007	7,98
 	10:12	2 h	1004		27	-0,7	3,3	18,6	0,005	7,98
 	12:12	4 h	1003		27	-0,7	2,3	18,9	0,004	5,56
 	16:12	8 h	1003		27	-0,7	2,3	18,9	0,003	5,56

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA SILTOSA AMARELA						Amostra n°: F5-P28				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data:		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm ³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n°	g	28				1 - G e r a l				
Solo + Tara	g	29,15				Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara	g	29,1				Proveta n°	5	Densímetro n.°	460	
Tara	g	10,03				2- Antes do Ensaio				
Água	g	0,05				Massa de solo	g	65,00		
Sólidos	g	19,07				Teor de Umidade	g	0,26		
Teor de Umidade	%	0,26				Massa de Sólidos Inicial	g	64,83		
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100	g	-		
4						Retido #200	g	33,03		
8						Prato	g	31,80		
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200	g	33,03		
50						Prato + tara	g	947,5		
100						Tara do Prato	g	915,7		
200	33,03	-	33,03	50,95	50,95	Prato	g	4		
Prato	31,80	-	31,80	49,05	100,00	Massa de Sólidos	g	31,80		
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 64,83 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/09	08:12	15seg	1019	1019	27	0,4	19,4	15,8	0,106	47,02
 	08:12	30seg	1016	1016	27	0,4	16,4	16,4	0,076	39,75
 	08:13	1 min	1014	1014	27	0,4	14,4	16,6	0,054	34,90
 	08:14	2 min	1011	1011	27	0,4	11,4	17,4	0,039	27,63
 	08:16	4 min	1009	1009	27	0,4	9,4	17,8	0,028	22,78
 	08:20	8 min	1009		27	0,4	9,4	16,8	0,019	22,78
 	08:27	15 min	1008		27	0,4	8,4	17,0	0,014	20,36
 	08:42	30 min	1007		27	0,4	7,4	17,2	0,010	17,94
 	09:12	1 h	1006		27	0,4	6,4	17,5	0,007	15,51
 	10:12	2 h	1005		28	0,6	5,6	17,6	0,005	13,57
 	12:12	4 h	1004		30	1,2	5,2	17,8	0,004	12,60
 	16:12	8 h	1004		26	0,0	4,0	17,8	0,003	9,70

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL LABORATÓRIO DE MECÂNICA DOS SOLOS - CCET / DHT										
Análise Granulométrica Conjunta						Local:				
Classificação: AREIA FINA SILTOSA CINZA ESCURA						Amostra n°: F5 - P29				
						Profundidade:				
						Data: 28/09/2006	Inicial: 28/09/2006	Data:		
Massa específica dos Sólidos: 2,75 g/cm³						Operador (es): Manoel e Emídio				
Umidade do Solo						Determinação				
Capsula n° g 29						1 - G e r a l				
Solo + Tara g 32,53						Defloculante: Hexametáfosfato de sódio				
Sólidos + Tara g 32,49						Proveta n° 7 Densímetro n.° 482				
Tara g 10,62						2- Antes do Ensaio				
Água g 0,04						Massa de solo g 100,00				
Sólidos g 21,87						Teor de Umidade g 0,18				
Teor de Umidade % 0,18						Massa de Sólidos Inicial g 99,82				
P e n e i r a m e n t o						3 - A p ó s E n s a i o				
Massa seca retida Porcentagem						3.1 - Peneiramento				
Peneira n°	1ª	2ª	total	Retida	Acumulada Retida	Retido #100 g 59,93				
4						Retido #200 g 6,52				
8						Prato g 9,33				
16						3.2 - Sedimentação				
30						Retido #200 g 6,52				
50						Prato + tara g 1001,3				
100	59,93	-	59,93	60,10	60,10	Tara do Prato g 917,0				
200	6,52	-	6,52	6,53	66,63	Prato g 2				
Prato	9,33	-	9,33	33,37	100,00	Massa de Sólidos g 84,30				
S e d i m e n t a ç ã o						Massa de Sólidos Final 99,82 g				
Dia	Hora	Tempo	Leituras		Temp.	Correção	Leitura	Altura de Queda	Diâmetro	% que
Mês	Minuto	Minuto	Densímetro		T °C	Temperatura	Corrigida	(cm)	(mm)	passa
28/09	08:12	15seg	1027	1027	27	0,8	27,8	27,8	0,140	43,77
 	08:12	30seg	1022	1022	27	0,8	22,8	22,8	0,090	35,89
 	08:13	1 min	1017	1017	27	0,8	17,8	17,8	0,056	28,02
 	08:14	2 min	1012	1012	27	0,8	12,8	12,8	0,034	20,15
 	08:16	4 min	1011	1011	27	0,8	11,8	11,8	0,023	18,58
 	08:20	8 min	1008		27	0,8	8,8	8,8	0,014	13,85
 	08:27	15 min	1008		27	0,8	8,8	8,8	0,010	13,85
 	08:42	30 min	1007		27	0,8	7,8	7,8	0,007	12,28
 	09:12	1 h	1006		27	0,8	6,8	6,8	0,004	10,71
 	10:12	2 h	1005		27	1,0	6,0	6,0	0,003	9,45
 	12:12	4 h	1004		27	1,6	5,6	5,6	0,002	8,82
 	16:12	8 h	1004		27	0,6	4,6	4,6	0,001	7,24

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Tabela A 3- Resultados das análises químicas dos pontos amostrados

Parâmetro	P2 - F1		P2 - F2		P2 - F3		P2 - F4		P2 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	61,00	Classe 1	60,00	Classe 2	43,00	Classe 2	50,00	Classe 2	69,00	Classe 1	% argila
pH	6,40	Baixo	4,70	Muito baixo	4,60	Muito baixo	4,70	Muito baixo	4,70	Muito baixo	
Índice SMP	5,40		5,80		5,50		5,30		5,60		
Fósforo	18,20	Muito Alto	5,50	Baixo	2,30	Muito Baixo	1,90	Muito Baixo	0,50	Muito Baixo	ppm
Potássio	127,00		26,00		22,00		20,00		15,00		
Mat.Orgânica	2,30	Baixo	2,20	Baixo	3,00	Médio	2,10	Baixo	1,90	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,80		0,80		1,80		2,10		1,90		
Cálcio	7,10	Alto	1,00	Baixo	0,60	Baixo	0,20	Baixo	0,20	Baio	cmol.L-1
Magnésio	5,10		0,50		0,20		0,10		0,20		
Sódio	3,00		3,00		6,00		4,00		3,00		ppm
H + Al	8,69		5,49		7,74		9,74		6,90		
pH CaCl2	4,90		4,60		4,30		4,30		4,30		
Soma Bases-S	12,54	Alta	1,58	Baixa	0,88	Baixa	0,37	Baixa	0,45	Baixa	cmol.L-1
CTC	21,23	Alta	7,07	Média	8,62	Média	10,11	Média	7,35	Média	
Saturação Bases-V	59,07	Média	22,35	Muito Baixa	10,21	Muito Baixa	3,66	Muito Baixa	6,12	Muito Baixa	%
Parâmetro	P3 - F1		P3 - F2		P3 - F3		P3 - F4		P3 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	70,00	Classe1	61,00	Classe 1	62,00	Classe 1	41,00	Classe 2	41,00	Classe 2	% argila
pH	5,60	Médio	5,00	Muito Baixo	5,30	Baixo	5,10	Baixo	5,00	Muito baixo	
Índice SMP	6,30		6,40		6,50		6,70		5,20		
Fósforo	1,70	Muito Baixo	1,80	Muito Baixo	0,50	Muito Baixo	1,10	Muito Baixo	2,30	Muito Baixo	ppm
Potássio	146,00		66,00		49,00		46,00		37,00		
Mat.Orgânica	1,40	Baixo	1,10	Baixo	0,80	Baixo	0,90	Baixo	3,20	Médio	(m/v)
Alumínio	0,00		0,50		0,00		0,00		1,20		
Cálcio	0,40	Baixo	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,70	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,30		0,20		0,10		0,10		0,30		
Sódio	3,00		1,00		6,00		4,00		3,00		ppm
H + Al	3,09		2,75		2,46		1,95		10,93		
pH CaCl2	4,70		4,70		4,70		4,80		4,40		
Soma Bases-S	1,09	Baixa	0,67	Baixa	0,45	Baixa	0,34	Baixa	1,11	Baixa	cmol.L-1
CTC	4,18	Baixa	3,42	Baixa	2,91	Baixa	2,29	Baixa	12,04	Alta	
Saturação Bases-V	26,08	Baixa	19,59	Muito Baixa	15,46	Muito Baixa	14,85	Muito Baixa	9,22	Muito Baixa	%

Parâmetro	P4 - F1		P4 - F2		P4 - F3		P4 - F4		P4 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	65,00	Classe1	42,00	Classe 2	43,00	Classe 2	50,00	Classe 2	32,00	Classe 3	% argila
pH	5,30	Baixo	5,20	Baixo	5,20	Baixo	5,20	Baixo	4,90	Muito Baixo	
Índice SMP	5,70		5,80		5,70		5,60		6,60		
Fósforo	7,20	Alto	5,10	Baixo	4,00	Baixo	3,00	Muito Baixo	0,60	Muito Baixo	ppm
Potássio	149,00		85,00		84,00		45,00		16,00		ppm
Mat.Orgânica	3,20	Médio	3,10	Médio	3,60	Médio	2,90	Médio	0,50	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,70		0,70		0,70		1,10		0,60		cmol.L-1
Cálcio	1,90	Baixo	1,90	Baixo	2,10	Médio	1,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,90	Médio	0,50	Baixo	0,70	Médio	0,40	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	3,00		1,00		6,00		5,00		1,00		ppm
H + Al	6,15		5,49		6,15		6,90		2,19		cmol.L-1
pH CaCl2	4,70	Alta	4,70	Alta	4,70	Alta	4,60	Alta	4,40	Alta	
Soma Bases-S	3,20	Média	2,62	Média	3,04	Média	1,64	Baixa	0,25	Baixa	cmol.L-1
CTC	9,35	Média	8,11	Média	9,19	Média	8,54	Média	2,44	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	34,22	Baixa	32,31	Baixa	33,08	Baixa	19,20	Muito Baixa	10,25	Muito Baixa	%
Parâmetro	P5 - F1		P5 - F2		P5 - F3		P5 - F4		P5 - F5	Unidades	Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	31,00	Classe 3	34,00	Classe 3	31,00	Classe 3	32,00	Classe 3	30,00	Classe 3	% argila
pH	5,10	Baixo	4,90	Muito Baixo	4,90	Muito Baixo	5,00	Muito Baixo	4,40	Muito baixo	
Índice SMP	6,00		6,60		6,60		6,70		6,00		
Fósforo	2,20	Muito Baixo	1,40	Muito Baixo	0,60	Muito Baixo	0,70	Muito Baixo	2,00	Muito Baixo	ppm
Potássio	27,00		22,00		22,00		17,00		25,00		ppm
Mat.Orgânica	0,70	Baixo	0,50	Baixo	0,50	Baixo	0,50	Baixo	0,90	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,90		0,70		0,70		0,60		1,20		cmol.L-1
Cálcio	0,50	Baixo	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,20	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	3,00		1,00		5,00		3,00		3,00		ppm
H + Al	4,36		2,19		2,19		1,95		4,36		cmol.L-1
pH CaCl2	4,40	Alta	4,30	Muito Alta	4,30	Muito Alta	4,40	Alta	4,00	Muito Alta	
Soma Bases-S	0,88	Baixa	0,56	Baixa	0,48	Baixa	0,26	Baixa	0,38	Baixa	cmol.L-1
CTC	5,24	Média	2,75	Baixa	2,67	Baixa	2,21	Baixa	4,74	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	16,79	Muito Baixa	20,36	Muito Baixa	17,98	Muito Baixa	11,76	Muito Baixa	8,02	Muito Baixa	%

Parâmetro	P6 - F1		P6 - F2		P6 - F3		P6 - F4		P6 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res		Res	Ref	Res	Ref	
Textura	28,00	Classe 3	30,00	Classe 3	29,00	Classe 3	28,00	Classe 3	36,00	Classe 3	% argila
pH	5,70	Médio	5,70	Medio	5,20	Baixo	4,60	Muito Baixo	4,60	Muito Baixo	
Índice SMP	6,80		7,00		6,80		6,20		6,00		
Fósforo	10,30	Médio	5,40	Baixo	1,90	Muito Baixo	1,10	Muito Baixo	0,80	Muito Baixo	ppm
Potássio	36,00		36,00		33,00		28,00		22,00		ppm
Mat.Orgânica	1,00	Baixo	0,70	Baixo	0,80	Baixo	0,60	Baixo	0,80	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		0,00		0,40		1,10		1,20		cmol.L-1
Cálcio	1,30	Baixo	1,10	Baixo	0,90	Baixo	0,30	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,70		0,60	Médio	0,50	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00	Médio	1,00		5,00		3,00		7,00		ppm
H + Al	1,74		1,38		1,74		3,47		4,36		cmol.L-1
pH CaCl2	4,80	Alta	4,90	Alta	4,50	Alta	4,00	Muito Alta	4,10	Muito Alta	
Soma Bases-S	2,10	Baixa	1,80	Baixa	1,51	Baixa	0,59	Baixa	0,29	Baixa	cmol.L-1
CTC	3,84	Baixa	3,18	Baixa	3,25	Baixa	4,06	Baixa	4,65	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	54,69	Média	56,60	Média	46,46	Baixa	14,43	Muito Baixa	6,24	Muito Baixa	%
Parâmetro	P7 - F1		P7 - F2		P7 - F3		P7 - F4		P7 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res		Res	Ref	Res	Ref	
Textura	28,00	Classe 3	26,00	Classe 3	27,00	Classe 3	31,00	Classe 3	21,00	Classe 3	% argila
pH	5,10	Baixo	5,00	Media	4,80	Muito baixo	4,70	Muito Baixo	5,00	Muito baixo	
Índice SMP	5,70		6,00		5,80		6,00		6,40		
Fósforo	2,70	Muito Baixo	2,40	Baixo	1,40	Muito baixo	1,10	Muito Baixo	1,20	Muito Baixo	ppm
Potássio	40,00		34,00		32,00		23,00		66,00		ppm
Mat.Orgânica	1,80	Baixo	1,70	Baixo	0,90	Baixo	0,70	Baixo	0,10	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,40		1,30		1,40		1,40		0,80		cmol.L-1
Cálcio	0,80	Baixo	0,70	Baixo	0,40	Baixo	0,20	Baixo	0,70	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,30	Baixo	0,20	Médio	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,50	Baixo	cmol.L-1
Sódio	3,00		4,00		7,00		7,00		4,00		ppm
H + Al	6,15		4,36		5,49		4,36		2,75		cmol.L-1
pH CaCl2	4,30	Muito Alta	4,20	Alta	4,10	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,20	Muito Alta	
Soma Bases-S	1,22	Baixa	1,01	Baixa	0,71	Baixa	0,39	Baixa	1,39	Baixa	cmol.L-1
CTC	7,37	Média	5,37	Baixa	6,20	Média	4,75	Baixa	4,14	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	16,55	Muito Baixa	18,81	Muito Baixa	11,45	Muito Baixa	8,21	Muito Baixa	33,57	Baixa	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P8 - F1		P8 - F2		P8 - F3		P8 - F4		P8 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res		Res	Ref	Res	Ref	
Textura	18,00	Classe 4	16,00	Classe 4	19,00	Classe 4	18,00	Classe 4	33,00	Classe 3	% argila
pH	5,70	Médio	5,80	Médio	5,90	Médio	5,50	Médio	5,10	Baixo	
Índice SMP	7,20		7,30		7,30		7,20		6,30		
Fósforo	3,40	Muito Baixo	2,60	Muito Baixo	2,00	Muito baixo	1,50	Muito Baixo	2,10	Muito Baixo	ppm
Potássio	40,00		36,00		38,00		40,00		82,00		ppm
Mat.Orgânica	0,90	Baixo	0,40	Baixo	0,20	Baixo	0,30	Baixo	0,50	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		0,00		0,00		0,00		0,80		cmol.L-1
Cálcio	1,60	Baixo	1,30	Baixo	1,20	Baixo	0,90	Baixo	1,80	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,60	Médio	0,60	Médio	0,70	Médio	0,60	Médio	1,70	Alto	cmol.L-1
Sódio	3,00		3,00		6,00		5,00		7,00		ppm
H + Al	1,10		0,98		0,98		1,10		30,90		cmol.L-1
pH CaCl2	5,20	Média	5,20	Média	5,00	Alta	4,90	Alta	4,30	Muito Alta	
Soma Bases-S	2,32	Baixa	2,01	Baixa	2,02	Baixa	1,62	Baixa	3,74	Média	cmol.L-1
CTC	3,42	Baixa	2,99	Baixa	3,00	Baixa	2,72	Baixa	6,83	Média	cmol.L-1
Saturação Bases-V	67,84	Média	67,22	Média	67,33	Média	59,56	Média	54,76	Média	%
Parâmetro	P9 - F1		P9 - F2		P9 - F3		P9 - F4		P9 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res		Res	Ref	Res	Ref	
Textura	32,00	Classe 3	32,00	Classe 3	34,00	Classe 3	33,00	Classe 3	37,00	Classe 3	% argila
pH	5,30	Baixo	5,10	Baixo	5,00	Muito Baixo	5,20	Baixo	5,40	Baixo	
Índice SMP	6,20		6,20		6,10		6,30		6,60		
Fósforo	41,00	Muito Baixo	32,40	Muito Baixo	50,00	Muito Alto	23,70	Alto	1,40	Muito Baixo	ppm
Potássio	172,00		103,00		89,00		76,00		125,00		ppm
Mat.Orgânica	1,30	Baixo	0,30	Baixo	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,70	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,50		0,80		0,80		0,70		0,50		cmol.L-1
Cálcio	1,70	Baixo	1,40	Baixo	1,60	Baixo	1,30	Baixo	0,60	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	2,20	Alto	2,00	Alto	2,50	Alto	2,20	Alto	0,60	Médio	cmol.L-1
Sódio	3,00		3,00		7,00		10,00		10,00		ppm
H + Al	3,47		3,47		3,89		30,90		2,19		cmol.L-1
pH CaCl2	4,70	Alta	4,40	Alta	4,40	Alta	4,50	Alta	4,60	Alta	
Soma Bases-S	4,35	Média	3,68	Média	4,36	Média	3,74	Média	1,57	Baixa	cmol.L-1
CTC	7,32	Média	7,15	Média	8,25	Média	6,83	Média	3,76	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	55,63	Média	51,47	Média	52,85	Média	54,76	Média	41,76	Baixa	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P10 - F1		P10 - F2		P10 - F3		P10 - F4		P10 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	28,00	Classe 3	33,00	Classe 3	35,00	Classe 3	40,00	Classe 3	21,00	Classe 3	% argila
pH	6,00	Médio	5,70	Médio	5,40	Baixo	5,40	Baixo	4,90	Muito Baixo	
Índice SMP	6,30		6,50		5,90		6,40		6,10		
Fósforo	5,70	Baixo	2,40	Muito Baixo	1,00	Muito baixo	1,20	Muito Baixo	1,30	Muito Baixo	ppm
Potássio	307,00		249,00		158,00		141,00		22,00		ppm
Mat.Orgânica	2,40	Baixo	1,40	Baixo	0,90	Baixo	0,60	Baixo	1,80	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		0,00		0,70		0,70		1,10		cmol.L-1
Cálcio	2,40	Médio	1,30	Baixo	0,60	Baixo	0,60	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	1,90	Alto	1,10	Alto	0,60	Médio	0,60	Médio	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	10,00		10,00		11,00		10,00		3,00		ppm
H + Al	3,09		2,46		4,89		2,75		3,89		cmol.L-1
pH CaCl2	5,30	Média	4,80	Alta	4,60	Alta	4,50	Alta	4,30	Muito Alta	
Soma Bases-S	5,13	Média	3,08	Média	1,65	Baixa	1,61	Baixa	0,27	Baixa	cmol.L-1
CTC	8,22	Média	5,54	Média	6,54	Média	4,36	Baixa	4,16	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	62,41	Média	55,60	Média	25,23	Baixa	36,93	Baixa	6,49	Muito Baixa	%
Parâmetro	P11 - F1		P11 - F2		P11 - F3		P11 - F4		P11 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	19,00	Classe 4	21,00	Classe 3	21,00	Classe 3	22,00	Classe 3	28,00	Classe 3	% argila
pH	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	4,80	Muito baixo	
Índice SMP	5,70		6,20		6,10		6,20		4,60		
Fósforo	3,60	Muito Baixo	2,80	Muito Baixo	2,20	Muito Baixo	1,50	Muito Baixo	2,20	Muito baixo	ppm
Potássio	34,00		32,00		31,00		25,00		62,00		ppm
Mat.Orgânica	2,00	Baixo	1,90	Baixo	1,80	Baixo	1,60	Baixo	0,70	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,40		1,30		1,20		1,20		6,90		cmol.L-1
Cálcio	0,40	Baixo	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,20	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,20	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		1,00		6,00		4,00		5,00		ppm
H + Al	6,15		3,47		3,89		3,47		21,76		cmol.L-1
pH CaCl2	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,30	Muito Alta	4,20	Muito Alta	
Soma Bases-S	0,79	Baixa	0,59	Baixa	0,51	Baixa	0,28	Baixa	0,58	Baixa	cmol.L-1
CTC	6,94	Média	4,06	Baixa	4,40	Baixa	3,75	Baixa	22,34	Alta	cmol.L-1
Saturação Bases-V	11,38	Muito Baixa	14,53	Muito Baixa	11,59	Muito Baixa	7,47	Muito Baixa	2,60	Muito Baixa	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P12 - F1		P12 - F2		P12 - F3		P12 - F4		P12 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	23,00	Classe 3	22,00	Classe 3	26,00	Classe 3	27,00	Classe 3	22,00	Classe 3	% argila
pH	6,30	Alto	5,10	Baixo	4,90	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	
Índice SMP	7,10		6,20		5,10		4,70		6,40		
Fósforo	50,00	Muito Alto	11,10	Médio	5,50	Baixo	2,70	Muito Baixo	0,40	Muito Baixo	ppm
Potássio	100,00		90,00		61,00		55,00		27,00		ppm
Mat.Orgânica	1,30	Baixo	1,30	Baixo	1,10	Baixo	1,10	Baixo	0,40	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		1,10		3,20		5,00		0,70		cmol.L-1
Cálcio	2,50	Médio	2,00	Baixo	0,60	Baixo	0,30	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	1,60	Alto	1,30	Alto	0,40	Baixo	0,30	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		7,00		5,00		4,00		3,00		ppm
H + Al	1,23		3,47		12,26		19,40		2,75		cmol.L-1
pH CaCl2	6,00	Baixa	4,40	Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	
Soma Bases-S	4,36	Média	3,56	Média	1,18	Baixa	0,76	Baixa	0,28	Baixa	cmol.L-1
CTC	5,59	Média	7,03	Média	13,44	Alta	20,16	Alta	3,03	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	78,00	Alta	50,64	Média	8,78	Muito Baixa	3,77	Muito Baixa	9,24	Muito Baixa	%
Parâmetro	P13 - F1		P13 - F2		P13 - F3		P13 - F4		P13 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	18,00	Classe 4	20,00	Classe4	20,00	Classe 4	22,00	Classe 3	41,00	Classe 2	% argila
pH	6,80	Alto	4,80	Muito Baixo	5,60	Médio	4,60	Muito Baixo	5,00	Muito Baixo	
Índice SMP	7,20		6,20		7,00		6,70		6,30		
Fósforo	15,20	Médio	2,30	Muito Baixo	9,90	Baixo	1,00	Muito Baixo	0,30	Muito Baixo	ppm
Potássio	27,00		37,00		30,00		28,00		22,00		ppm
Mat.Orgânica	1,00	Baixo	0,60	Baixo	0,60	Baixo	0,30	Baixo	0,80	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		0,60		0,00		0,80		1,10		cmol.L-1
Cálcio	1,60	Baixo	1,00	Baixo	0,70	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,90	Médio	0,30	Médio	0,40	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		6,00		3,00		3,00		1,00		ppm
H + Al	1,10		3,47		1,38		1,95		3,09		cmol.L-1
pH CaCl2	6,30	Muito Baixa	4,30	Muito Alta	5,00	Alta	4,20	Muito Alta	4,40	Alta	
Soma Bases-S	2,57	Baixa	1,42	Baixa	1,19	Baixa	0,29	Baixa	0,26	Baixa	cmol.L-1
CTC	3,67	Baixa	4,89	Baixa	2,57	Baixa	2,24	Baixa	3,35	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	70,03	Alta	29,04	Baixa	46,30	Baixa	12,95	Muito Baixa	7,76	Muito Baixa	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P14 - F1		P14 - F2		P14 - F3		P14 - F4		P14 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	36,00	Classe 3	36,00	Classe 3	35,00	Classe 3	38,00	Classe 3	60,00	Classe 2	% argila
pH	5,20	Baixo	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	5,50	Médio	
Índice SMP	6,10		6,80		6,20		5,90		6,70		
Fósforo	2,70	Muito Baixo	2,60	Muito Baixo	2,40	Muito Baixo	1,80	Muito Baixo	0,50	Muito Baixo	ppm
Potássio	36,00		30,00		22,00		19,00		50,00		ppm
Mat.Orgânica	1,80	Baixo	1,40	Baixo	1,30	Baixo	0,80	Baixo	0,90	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,20		1,30		1,20		1,20		0,00		cmol.L-1
Cálcio	0,80	Baixo	1,00	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,50	Baixo	0,60	Médio	0,10	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		6,00		4,00		3,00		1,00		ppm
H + Al	3,89		1,74		3,47		4,89		1,95		cmol.L-1
pH CaCl2	4,40	Alta	4,10	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,30	Muito Alta	5,10	Média	
Soma Bases-S	1,40	Baixa	1,70	Baixa	0,37	Baixa	0,26	Baixa	0,33	Baixa	cmol.L-1
CTC	5,29	Média	3,44	Baixa	3,84	Baixa	5,15	Baixa	2,28	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	26,47	Baixa	49,42	Baixa	9,64	Muito Baixa	5,05	Muito Baixa	14,47	Muito Baixa	%
Parâmetro	P15 - F1		P15 - F2		P15 - F3		P15 - F4		P15 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	19,00	Classe 4	23,00	Classe 3	23,00	Classe 3	25,00	Classe 3	28,00	Classe 3	% argila
pH	4,80	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	
Índice SMP	5,50		6,20		6,10		6,20		6,10		
Fósforo	2,90	Muito Baixo	1,10	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	2,00	Muito Baixo	ppm
Potássio	21,00		19,00		16,00		16,00		23,00		ppm
Mat.Orgânica	1,50	Baixo	1,00	Baixo	0,70	Baixo	0,90	Baixo	0,70	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,60		1,40		1,20		1,50		1,30		cmol.L-1
Cálcio	0,30	Baixo	0,40	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	0,20	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,20	Baixo	0,30	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		6,00		3,00		3,00		1,00		ppm
H + Al	7,74		3,47		3,89		3,47		3,89		cmol.L-1
pH CaCl2	4,20	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	
Soma Bases-S	0,56	Baixa	0,78	Baixa	0,25	Baixa	0,25	Baixa	0,36	Baixa	cmol.L-1
CTC	8,30	Média	4,25	Baixa	4,14	Baixa	3,72	Baixa	4,25	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	6,75	Muito Baixa	18,35	Muito Baixa	6,04	Muito Baixa	6,72	Muito Baixa	8,47	Muito Baixa	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P16 - F1		P16 - F2		P16 - F3		P16 - F4		P16 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	24,00	Classe 3	23,00	Classe 3	27,00	Classe 3	27,00	Classe 3	37,00	Classe 3	% argila
pH	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	
Índice SMP	5,80		6,20		6,20		6,20		5,90		
Fósforo	4,00	Muito Baixo	1,40	Muito Baixo	1,20	Muito Baixo	0,60	Muito Baixo	0,80	Muito Baixo	ppm
Potássio	41,00		31,00		24,00		21,00		23,00		ppm
Mat. Orgânica	1,20	Baixo	1,20	Baixo	0,50	Baixo	0,50	Baixo	0,70	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,50		1,30		1,20		1,10		1,60		cmol.L-1
Cálcio	0,40	Baixo	1,40	Baixo	0,30	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,30	Baixo	0,70	Médio	0,10	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		5,00		4,00		3,00		1,00		ppm
H + Al	5,49		3,47		3,47		3,74		4,89		cmol.L-1
pH CaCl2	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	4,20	Muito Alta	
Soma Bases-S	0,81	Baixa	2,20	Baixa	0,48	Baixa	0,37	Baixa	0,26	Baixa	cmol.L-1
CTC	6,30	Média	5,67	Média	3,95	Baixa	3,84	Baixa	5,15		cmol.L-1
Saturação Bases-V	12,86	Muito Baixa	38,80	Baixa	12,15	Muito Baixa	9,64	Muito Baixa	5,05	Muito Baixa	%
Parâmetro	P17 - F1		P17 - F2		P17 - F3		P17 - F4		P17 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	24,00	Classe 3	31,00	Classe 3	31,00	Classe 3	39,00	Classe 3	35,00	Classe 3	% argila
pH	4,80	Muito Baixo	4,60	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	6,30	Alto	
Índice SMP	6,10		6,10		6,00		6,10		7,10		
Fósforo	1,80	Muito Baixo	1,10	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	0,70	Muito Baixo	14,10	Alto	ppm
Potássio	36,00		31,00		25,00		25,00		88,00		ppm
Mat. Orgânica	1,30	Baixo	1,00	Baixo	0,90	Baixo	0,60	Baixo	1,20	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,60		1,70		1,70		1,70		0,00		cmol.L-1
Cálcio	0,30	Baixo	0,90	Baixo	0,10	Baixo	0,10	Baixo	2,50	Médio	cmol.L-1
Magnésio	0,20	Baixo	0,60	Médio	0,10	Baixo	0,10	Baixo	1,30	Alto	cmol.L-1
Sódio	1,00		5,00		4,00		3,00		4,00		ppm
H + Al	3,89		3,89		4,36		3,89		1,23		cmol.L-1
pH CaCl2	4,20	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,10	Muito Alta	5,90	Baixa	
Soma Bases-S	0,60	Baixa	1,60	Baixa	0,28	Baixa	0,28	Baixa	4,04	Média	cmol.L-1
CTC	4,49	Baixa	5,49	Média	4,64	Baixa	4,17	Baixa	5,27	Média	cmol.L-1
Saturação Bases-V	13,36	Muito Baixa	29,14	Baixa	6,03	Muito Baixa	6,71	Muito Baixa	76,66	Alta	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P18 - F1		P18 - F2		P18 - F3		P18 - F4		P18 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	15,00	Classe 4	16,00	Classe 4	19,00	Classe 4	37,00	Classe 3			% argila
pH	6,40	Alto	5,90	Medio	6,10	Alto	6,10	Alto			
Índice SMP	7,60		7,50		7,50		7,00				
Fósforo	7,10	Baixo	9,70	Baixo	5,30	Muito Baixo	2,80	Muito Baixo			ppm
Potássio	72,00		47,00		62,00		108,00				ppm
Mat. Orgânica	0,50	Baixo	0,60	Baixo	0,50	Baixo	2,10	Baixo			(m/v)
Alumínio	0,00		0,00		0,00		0,00				cmol.L-1
Cálcio	0,80	Baixo	2,00	Baixo	0,60	Baixo	3,70	Médio			cmol.L-1
Magnésio	0,50	Baixo	1,10	Alta	0,40	Baixo	1,70	Alto			cmol.L-1
Sódio	1,00		6,00		4,00		4,00				ppm
H + Al	0,69		0,78		0,78		1,38				cmol.L-1
pH CaCl2	5,90	Baixa	5,30	Média	5,60	Baixa	5,90	Baixa			
Soma Bases-S	1,49	Baixa	3,25	Média	1,18	Baixa	5,69	Alta			cmol.L-1
CTC	2,18	Baixa	4,03	Baixa	1,96	Baixa	7,07	Média			cmol.L-1
Saturação Bases-V	68,35	Média	80,65	Alta	60,20	Média	80,48	Alta			%
Parâmetro	P19 - F1		P19 - F2		P19 - F3		P19 - F4		P19 - F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	26,00	Classe 3	30,00	Classe 3	30,00	Classe 3					% argila
pH	4,90	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo					
Índice SMP	5,70		6,20		6,00						
Fósforo	3,80	Muito Baixo	1,40	Muito Baixo	2,30	Muito Baixo					ppm
Potássio	31,00		28,00		27,00						ppm
Mat. Orgânica	1,70	Baixo	1,10	Baixo	0,90	Baixo					(m/v)
Alumínio	1,60		1,30		1,40						cmol.L-1
Cálcio	0,40	Baixo	1,20	Baixo	0,20	Baixo					cmol.L-1
Magnésio	0,30	Baixo	0,80	Baixo	0,20	Baixo					cmol.L-1
Sódio	1,00		6,00		4,00						ppm
H + Al	6,15		3,47		4,36						cmol.L-1
pH CaCl2	4,20	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,00	Muito Alta					
Soma Bases-S	0,78	Baixa	2,10	Baixa	0,49	Baixa					cmol.L-1
CTC	6,93	Média	5,57	Média	4,85	Baixa					cmol.L-1
Saturação Bases-V	11,26	Muito Baixa	37,70	Baixa	10,10	Muito Baixa					%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P20 - F1		P20 - F2		P20- F3		P20 - F4		P20 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	17,00	Classe 4	19,00	Classe 4	19,00	Classe 4	20,00	Classe 4	21,00	Classe 3	% argila
pH	4,60	Muito Baixo	4,60	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	5,10	Baixo	5,10	Baixo	
Índice SMP	5,80		6,10		6,50		6,70		6,70		
Fósforo	4,00	Muito Baixo	1,60	Muito Baixo	1,40	Muito Baixo	2,10	Muito Baixo	1,00	Muito Baixo	ppm
Potássio	29,00		31,00		25,00		20,00		16,00		ppm
Mat. Orgânica	2,00	Baixo	2,30	Baixo	1,00	Baixo	0,80	Baixo	0,30	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,30		1,00		0,80		0,80		0,80		cmol.L-1
Cálcio	0,30	Baixo	0,90	Baixo	0,10	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,30	Baixo	0,40	Baixo	0,10	Baixo	0,20	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Sódio	1,00		6,00		4,00		3,00		1,00		ppm
H + Al	5,49		3,89		2,46		1,95		1,95		cmol.L-1
pH CaCl2	4,10	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,10	Muito Alta	4,40	Alta	4,30	Muito Alta	
Soma Bases-S	0,68	Baixa	1,41	Baixa	0,28	Baixa	0,46	Baixa	0,25	Baixa	cmol.L-1
CTC	6,17	Média	5,30	Média	2,74	Baixa	2,41	Baixa	2,20	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	11,02	Muito Baixa	26,60	Baixa	10,22	Muito Baixa	19,09	Muito Baixa	11,36	Muito Baixa	%
Parâmetro	P21- F1		P21 - F2		P21 - F3		P21 - F4		P21 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	39,00	Classe 3	64,00	Classe 1	62,00	Classe 1	60,00	Classe 2	64,00	Classe 1	% argila
pH	5,60	Médio	5,60	Médio	5,60	Médio	5,50	Médio	5,70	Médio	
Índice SMP	6,00		6,30		6,20		6,10		6,60		
Fósforo	1,10	Muito Baixo	0,20	Muito Baixo	0,20	Muito Baixo	0,30	Muito Baixo	0,20	Muito Baixo	ppm
Potássio	91,00		22,00		35,00		77,00		14,00		ppm
Mat. Orgânica	4,30	Médio	5,80	Alto	9,20	Alto	9,30	Alto	2,30	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		0,30		0,30		0,00		0,40		cmol.L-1
Cálcio	2,60	Médio	1,20	Baixo	1,30	Baixo	2,10	Médio	0,90	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	5,10	Alto	3,20	Alto	3,90	Alto	5,60	Alto	7,40	Alto	cmol.L-1
Sódio	4,00		3,00		3,00		4,00		3,00		ppm
H + Al	4,36		3,09		3,47		3,89		2,19		cmol.L-1
pH CaCl2	4,70	Alta	4,70	Alta	4,60	Alta	4,70	Alta	4,80	Alta	
Soma Bases-S	7,95	Alta	4,47	Média	5,30	Média	7,92	Alta	8,35	Alta	cmol.L-1
CTC	12,31	Alta	7,56	Média	8,77	Média	11,81	Alta	10,54	Alta	cmol.L-1
Saturação Bases-V	64,58	Média	59,13	Média	60,43	Média	67,06	Média	79,22	Alta	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P22 - F1		P22 - F2		P22- F3		P22 - F4		P22 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	37,00	Classe 3	40,00	Classe 3	43,00	Classe 2	42,00	Classe 2	41,00	Classe 2	% argila
pH	3,90	Muito Baixo	3,90	Muito Baixo	4,00	Muito Baixo	4,00	Muito Baixo	4,20	Muito Baixo	
Índice SMP	5,70		5,60		5,30		5,40		5,30		
Fósforo	1,50	Muito Baixo	3,80	Muito Baixo	0,60	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	0,80	Muito Baixo	ppm
Potássio	296,00		181,00		73,00		70,00		49,00		ppm
Mat. Orgânica	3,30	Médio	3,00	Médio	2,30	Baixo	2,40	Baixo	1,90	Baixo	(m/v)
Alumínio	2,30		1,90		2,30		2,50		2,50		cmol.L-1
Cálcio	0,80	Baixo	1,00	Baixo	0,80	Baixo	0,40	Baixo	0,80	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	4,90	Alto	6,00	Alto	4,00	Alto	4,20	Alto	4,10	Alto	cmol.L-1
Sódio	10,00		9,00		5,00		5,00		4,00		ppm
H + Al	6,15		6,90		9,74		8,69		9,74		cmol.L-1
pH CaCl2	3,70	Muito Alta	3,70	Muito Alta	3,70	Muito Alta	3,60	Muito Alta	3,70	Muito Alta	
Soma Bases-S	6,50	Alta	7,50	Alta	5,01	Média	4,80	Média	5,04	Média	cmol.L-1
CTC	12,65	Alta	14,40	Alta	14,75	Alta	13,49	Alta	14,78	Alta	cmol.L-1
Saturação Bases-V	51,38	Média	52,08	Média	33,97	Baixa	35,58	Baixa	34,10	Baixa	%
Parâmetro	P23- F1		P23 - F2		P23 - F3		P23 - F4		P23 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	16,00	Classe 4	17,00	Classe 4	23,00	Classe 3	18,00	Classe 4	18,00	Classe 4	% argila
pH	5,80	Médio	3,70	Muito Baixo	3,70	Muito Baixo	3,90	Muito Baixo	5,40	Baixo	
Índice SMP	5,70		6,10		6,00		6,20		6,50		
Fósforo	3,70	Muito Baixo	2,40	Muito Baixo	1,80	Muito Baixo	1,30	Muito Baixo	1,70	Muito Baixo	ppm
Potássio	28,00		20,00		17,00		17,00		16,00		ppm
Mat. Orgânica	3,10	Médio	2,40	Baixo	1,80	Baixo	1,90	Baixo	2,20	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,60		1,70		1,30		1,10		1,00		cmol.L-1
Cálcio	0,30	Baixo	0,50	Baixo	0,30	Baixo	0,40	Baixo	0,10	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	4,60	Alto	3,80	Alto	3,50	Alto	2,90	Alto	2,40	Alto	cmol.L-1
Sódio	4,00		4,00		3,00		1,00		1,00		ppm
H + Al	6,15		3,89		4,36		3,47		2,46		cmol.L-1
pH CaCl2	3,60	Muito Alta	3,60	Muito Alta	3,60	Muito Alta	3,70	Muito Alta	3,70	Muito Alta	
Soma Bases-S	4,99	Média	4,37	Média	3,86	Média	3,35	Média	2,55	Baixa	cmol.L-1
CTC	11,14	Alta	8,26	Média	8,22	Média	6,82	Média	5,01	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	44,79	Baixa	52,91	Média	46,96	Baixa	49,12	Baixa	50,90	Média	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P24 - F1		P24 - F2		P24- F3		P24 - F4		P24 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	25,00	Classe 3	18,00	Classe 4	28,00	Classe 3	29,00	Classe 3	30,00	Classe 3	% argila
pH	3,90	Muito Baixo	4,00	Muito Baixo	4,10	Muito Baixo	4,10	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	
Índice SMP	6,60		6,60		6,40		6,50		6,70		
Fósforo	0,70	Muito Baixo	0,70	Muito Baixo	0,30	Muito Baixo	0,30	Muito Baixo	0,30	Muito Baixo	ppm
Potássio	203,00		11,00		40,00		26,00		20,00		ppm
Mat. Orgânica	2,20	Baixo	1,20	Baixo	1,20	Baixo	1,10	Baixo	0,90	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,30		0,70		1,10		1,10		0,90		cmol.L-1
Cálcio	0,60	Baixo	0,10	Baixo	0,30	Baixo	0,30	Baixo	0,30	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	3,00	Alto	7,40	Alto	2,90	Alto	4,10	Alto	2,60	Alto	cmol.L-1
Sódio	9,00		3,00		3,00		3,00		3,00		ppm
H + Al	2,19		2,19		2,76		2,46		1,95		cmol.L-1
pH CaCl2	4,40	Alta	3,80	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,90	Muito Alta	
Soma Bases-S	4,16	Média	7,54	Alta	3,32	Média	4,48	Média	2,96	Média	cmol.L-1
CTC	6,35	Média	9,73	Média	6,07	Média	6,94	Média	4,91	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	65,51	Média	77,49	Alta	54,70	Média	64,55	Média	60,29	Média	%
Parâmetro	P25- F1		P25 - F2		P25 - F3		P25 - F4		P25 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	18,00	Classe 4	18,00	Classe 4	21,00	Classe 3	21,00	Classe 3	22,00	Classe 3	% argila
pH	4,60	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,30	Muito Baixo	
Índice SMP	7,00		7,00		7,00		6,70		6,50		
Fósforo	1,20	Muito Baixo	1,20	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	0,80	Muito Baixo	1,00	Muito Baixo	ppm
Potássio	204,00		188,00		193,00		221,00		278,00		ppm
Mat. Orgânica	2,00	Baixo	1,20	Baixo	0,80	Baixo	1,00	Baixo	0,90	Baixo	(m/v)
Alumínio	0,00		0,00		0,00		0,60		0,70		cmol.L-1
Cálcio	0,80	Baixo	0,70	Baixo	0,60	Baixo	0,50	Baixo	0,40	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	4,00	Alto	3,00	Alto	4,30	Alto	3,60	Alto	1,50	Alto	cmol.L-1
Sódio	8,00		7,00		7,00		7,00		5,00		ppm
H + Al	1,38		1,38		1,38		1,95		2,46		cmol.L-1
pH CaCl2	4,60	Alta	4,70	Alta	4,60	Alta	4,10	Muito Alta	4,10	Muito Alta	
Soma Bases-S	5,36	Média	4,21	Média	5,43	Alta	4,70	Média	2,64	Média	cmol.L-1
CTC	6,74	Média	5,59	Média	6,81	Média	6,65	Média	5,10	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	79,53	Alta	75,31	Alta	79,74	Alta	70,68	Alta	51,76	Média	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P26 - F1		P26 - F2		P26 - F3		P26 - F4		P26 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	16,00	Classe 4	16,00	Classe 4	16,00	Classe 4	17,00	Classe 4	28,00	Classe 3	% argila
pH	5,40	Baixo	4,30	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo	
Índice SMP	6,20		6,10		6,40		6,40		6,40		
Fósforo	4,20	Muito Baixo	1,50	Muito Baixo	1,00	Muito Baixo	1,00	Muito Baixo	0,50	Muito Baixo	ppm
Potássio	25,00		17,00		13,00		11,00		64,00		ppm
Mat. Orgânica	1,90	Baixo	0,90	Baixo	1,30	Baixo	1,40	Baixo	1,50	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,00		0,20		0,80		0,90		1,00		cmol.L-1
Cálcio	0,30	Baixo	2,70	Médio	0,20	Baixo	0,30	Baixo	0,30	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	0,90	Médio	1,00	Médio	1,20	Alto	0,70	Médio	1,00	Médio	cmol.L-1
Sódio	3,00		0,00		3,00		1,00		3,00		ppm
H + Al	3,47		3,89		2,75		2,75		2,75		cmol.L-1
pH CaCl2	3,80	Muito Alta	0,00	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,90	Muito Alta	
Soma Bases-S	1,28	Baixa	3,70	Média	1,45	Baixa	1,03	Baixa	1,48	Baixa	cmol.L-1
CTC	4,75	Baixa	7,59	Média	4,20	Baixa	3,78	Baixa	4,23	Baixa	cmol.L-1
Saturação Bases-V	26,95	Baixa	48,75	Baixa	34,52	Baixa	27,25	Baixa	34,99	Baixa	%
Parâmetro	P27- F1		P27 - F2		P27 - F3		P27 - F4		P27 – F5		Unidades
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	
Textura	30,00	Classe 3	22,00	Classe 3	23,00	Classe 3	22,00	Classe 3	25,00	Classe 3	% argila
pH	5,60	Médio	5,60	Médio	5,80	Médio	5,50	Médio	4,90	Muito Baixo	
Índice SMP	5,90		6,10		6,80		6,00		5,60		
Fósforo	1,10	Muito Baixo	8,00	Baixo	3,50	Muito Baixo	5,60	Baixo	2,80	Muito Baixo	ppm
Potássio	30,00		18,00		14,00		14,00		13,00		ppm
Mat. Orgânica	3,50	Médio	1,90	Baixo	1,90	Baixo	2,10	Baixo	1,20	Baixo	(m/v)
Alumínio	1,00		1,10		1,20		1,00		1,30		cmol.L-1
Cálcio	1,00	Baixo	0,40	Baixo	0,30	Baixo	0,50	Baixo	0,20	Baixo	cmol.L-1
Magnésio	1,30	Alto	0,80	Médio	1,00	Médio	1,30	Alto	1,70	Alto	cmol.L-1
Sódio	4,00		3,00		3,00		4,00		3,00		ppm
H + Al	4,89		3,89		1,74		4,36		6,90		cmol.L-1
pH CaCl2	3,90	Muito Alta	3,90	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,80	Muito Alta	
Soma Bases-S	2,39	Baixa	1,26	Baixa	1,35	Baixa	1,85	Baixa	1,95	Baixa	cmol.L-1
CTC	7,28	Média	5,15	Média	3,09	Baixa	6,21	Baixa	8,85	Média	cmol.L-1
Saturação Bases-V	32,83	Baixa	24,47	Muito Baixa	43,69	Baixa	29,79	Baixa	22,03	Muita Baixa	%

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora

Parâmetro	P28 - F1		P28 - F2		P28- F3		P28 - F4	
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref
Textura	18,00	Classe 4	17,00	Classe 4	19,00	Classe 4	19,00	Classe 4
pH	5,00	Muito Baixo	5,20	Baixo	4,70	Muito Baixo	4,70	Muito Baixo
Índice SMP	6,30		6,30		6,00		6,10	
Fósforo	4,20	Muito Baixo	4,80	Muito Baixo	2,80	Muito Baixo	2,40	Muito Baixo
Potássio	130,00		163,00		87,00		66,00	
Mat. Orgânica	2,20	Baixo	2,90	Médio	2,20	Baixo	1,50	Baixo
Alumínio	0,50		0,30		0,70		0,90	
Cálcio	0,90	Baixo	1,00	Baixo	1,00	Baixo	0,50	Baixo
Magnésio	2,30	Alto	2,00	Alto	2,10	Alto	1,10	Alto
Sódio	6,00		7,00		6,00		5,00	
H + Al	3,09		3,09		4,36		3,89	
pH CaCl2	4,30	Muito Alta	4,40	Alta	4,10	Muito Alta	4,00	Muito Alta
Soma Bases-S	3,56	Média	3,45	Média	3,35	Media	1,79	Baixa
CTC	6,65	Média	6,54	Média	7,71	Média	5,68	Média
Saturação Bases-V	53,53	Média	52,75	Média	43,45	Baixa	31,51	Baixa
Parâmetro	P29- F1		P29 - F2		P29 - F3		P29 - F4	
	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref	Res	Ref
Textura	23,00	Classe 3	34,00	Classe 3	34,00	Classe 3	34,00	Classe 3
pH	4,70	Muito Baixo	4,50	Muito Baixo	4,50	Muito Baixo	4,60	Muito Baixo
Índice SMP	5,70		5,90		5,80		5,70	
Fósforo	11,70	Médio	1,50	Muito Baixo	0,90	Muito Baixo	1,00	Muito Baixo
Potássio	25,00		26,00		17,00		17,00	
Mat. Orgânica	2,20	Baixo	2,60	Médio	2,10	Baixo	2,10	Baixo
Alumínio	1,10		1,10		1,20		1,50	
Cálcio	0,20	Baixo	0,60	Baixo	0,20	Baixo	0,20	Baixo
Magnésio	1,50	Alto	1,20	Alto	1,70	Alto	0,80	Médio
Sódio	4,00		4,00		4,00		4,00	
H + Al	6,15		4,89		5,49		6,15	
pH CaCl2	3,80	Muito Alta	3,90	Muito Alta	3,80	Muito Alta	3,70	Muito Alta
Soma Bases-S	1,78	Baixa	1,88	Baixa	1,96	Baixa	1,06	Baixa
CTC	7,93	Média	6,77	Media	7,45	Média	7,21	Média
Saturação Bases-V	22,45	Muito Baixa	27,77	Baixa	26,31	Baixa	14,70	Muito Baixa

FONTE: Resultado de pesquisa realizada pela autora