

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ADRIANO ANTUNES FERRARO

ORIGEM DE METAIS PESADOS EM AQUÍFERO LIVRE DE SÃO
GABRIEL DO OESTE



CAMPO GRANDE
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E
GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ADRIANO ANTUNES FERRARO

**ORIGEM DE METAIS PESADOS EM AQUÍFERO LIVRE DE
SÃO GABRIEL DO OESTE**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Diagnóstico e Avaliação de Impactos Ambientais.

ORIENTADORA: Prof^ª. Dr^ª. Sandra Garcia Gabas

Aprovada em:

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Sandra Garcia Gabas
Orientadora – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Giancarlo Lastoria
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Didier Gastmans
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”

Campo Grande, MS
2014

DEDICATÓRIA

*Dedico todo o esforço e empenho ao meu pai, Jacinto, e minha mãe, Lorena,
que fizeram tudo por mim e minha educação...
e que se dedicaram com afinco pelo progresso do Estado de Mato Grosso do Sul;*

*Dedico o exemplo e a motivação ao meu amado irmão, Alexandre, que também passa por
águas tempestuosas e estradas com muitos percalços... força lelé!*

*Dedico a esperança, persistência e maturidade desenvolvidas aos meus avôs Hilco e Ivo,
quem sinto tantas saudades mesmo com o pouco tempo de convivência que tivemos – as lições
que não tive certamente fazem falta, vovôs;*

*Dedico este estudo e sua descoberta a todos os colonos do Assentamento Campanário, em
São Gabriel do Oeste, e respectivas famílias – em especial à Júlia, filhinha espertíssima do
Sr. Roque e Dona Beatriz, que lá cresce. Vida longa e feliz a todos!*

*Dedico ao meu priminho Pedro Lucas... a quem tenho assistido tão pouco o crescimento; e
finalmente, à sua mana, Ana Clara... que está chegando para alegrar e aprontar ainda mais
“arte” na família...*

ambos meus futuros pupilos de bombinhas...

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a toda a minha família, pelo amor, carinho e apoio durante esta difícil fase da minha vida. Em especial, agradeço meu pai, Jacinto Antunes de Souza, e minha mãe, Lorena Ferraro de Souza, por todo o amor, recursos e esforço para com minha educação. Ao Tio Ivo Arcângelo Vendrusculo Busato, pelo carinho, paciência, receptividade e conhecimento sobre suinocultura repassado... o Senhor e tia Dilha ajudaram-me muito! Muito obrigado.

Agradeço muito aos meus pais “geológicos”: Prof^a. Dr^a. Sandra Garcia Gabas e Prof. Dr. Giancarlo Lastoria. Muito obrigado por todo o conhecimento, paciência e pelas lições de vida repassadas. O Brasil certamente precisa de muito mais “Gians” e “Sandras”. Nunca me esquecerei de nosso tempo juntos!

Obrigado Prof. Dr. Didier Gastmans, membro externo da minha Banca Avaliadora, renomado pesquisador e profissional de ponta. Obrigado pelo pronto aceite, pela vinda, pela fina avaliação e troca de experiências.

A meus amigos e amigas de infância, de "Velha-Guarda do Dona Zila" e aos que depois vieram, deixo meu carinho e meu "muito obrigado" por toda a força, companheirismo e motivação. Obrigado Buíque e família; Gema, Gibran e Eduardo Auai e família; Waleska Rocha, Valéria “Vi” França, Michele Rocha, Robinho Garcia Leal, Luquinha “Pagode”, Mateus Gaúcho Lima, Júnior “Flecha”, Luís “Blues Boy” Henrique Ávila, Gabriel “Colorado” Lima, Natalie Cole, Weber “Engineer”, Fran Lima, Giu “Miigah”, Thiago Borges (“boto fê em você lopy!”), Carlos “Zólhos”, Bolha Batera, Rafa Tacca, “Jamilguela” Anache, José Two, Eduardo e Ricardo Mitani, Iara “Müggënn Berdnardënn”, Son “Mito”, Leandro “Kinder Morilha”, Ivan Torres, nobre homem, pai e amigo Edson Torres (*in Memoriam*), Duduca, Israel Ribeiro, Turko “Wajde” Admou, Bruno “Sukita” Yasunaka e família, Lucano Zaher e família, Vini Hackão, Carlão Dias e Valéria Pinto (*In Memoriam*)... Muito obrigado por fazerem parte de minha existência.

Obrigado amigos e amigas da Engenharia Ambiental UFMS 2011: saudades enormes de todos vocês, de nossas festas, reuniões, bebedeiras e perrengues. Desculpem o sumiço. Estou de volta agora... “De Volta À Rotina”.

Muito obrigado a toda a equipe Exata Ambiental pela paciência, compreensão, confiança, camaradagem, parceria e alegria. Obrigado Rodh, Rê, Day, Lukinha Zica e Isa. Bruno, Jé, Ruhan e Ju – obrigadão por todas as caronas também! Ajudaram-me muito!

Muito obrigado todos os professores do PGTA e da Engenharia Ambiental/UFMS que me auxiliaram e se prestaram, sábios, humildes, simpáticos e calorosos comigo. Obrigado exímios Doutores(as) Fabinho Veríssimo, Carlos Nobuyhoshi Ide, Teodorico, Luís do Val, Lúcia, Synara, Claudinha (S2), Paulinha, Keila, Steffen... Se o Prof. Dr. Paulo Freire definia professor como *aquele que ama seu aluno*, com vocês me senti um filho! (No caso da professora Dr^a. Paula Loureiro Paulo, um filho muito do perdulário =).

À Msc. Dirce... Fico sem palavras. Muito obrigado pela mão amiga de extrema valia em momento de forte crise. Pelo constante bom humor, aliada à grande paciência e extrema competência nas análises. Obrigado Dirce querida! A mão de luz em meio à queda livre de caos.

Agradecimentos especiais ao professor Hung Kiang e a equipe laboratorial da UNESP de Rio Claro/SP

Ao Prof. Dr. Petr Melnikov e ao Msc. Anderson Fernandes, pela luz ao final do túnel e mão amiga no momento de incredulidade e incertezas... Fornecidas de ótimo grado a um completo desconhecido!

Ao Prof. Dr. Luís Do Val, pela ajuda valiosíssima nos testes de pipetagem de solo, pela troca de experiências, pelas caronas e, sobretudo, pela paciência e experiência de um pai.

Meus sinceros agradecimentos ao professor e meu orientador de TCC, Prof. Dr. Teodorico Alves Sobrinho, e Prof. Dr. Gilson Volpato pela ajuda com metodologia científica, elevando meu crivo técnico e crítico para textos científicos e me proporcionando elevação a outro patamar de escrita científica.

Obrigado Marcelo Campos, Joninha “Água” (pelo bom humor e paciência bíblicas), Will “Briath” e toda a equipe LAQUA/UFMS, por todo o apoio laboratorial, paciência, bom humor, pelo suporte técnico e ferramental. Sobretudo, mesmo, pela paciência!

Pâmela “Mana” Leite, Gabriela Chiquito e Laíse Escobar: agradeço muito a vocês gurias – Sempre acordando muito cedo e se deslocando longas distâncias. Ajudando muito análises granulométricas de solo, indispensáveis ao propósito do estudo.

Obrigado meus ex-alunos da Turma de Engenharia Ambiental 2014... por tudo o que me ensinaram. Nunca me esquecerei de vocês.

Obrigado Guilherme “Guidão” Henrique Cavazzana e Rodrigo “Dog” Lima Costa, pelas lições, risadas, oportunidades, confiança e conhecimento! Vocês são 10, brothers. Pena que são pernas-de-pau no futebol...

Ao Manoel “Mané” e Emídio, pelo auxílio e paciência nas análises granulométricas de solo.

Ao Giovanni, sobrinho da Prof^a. Dr^a. Sandra Gabas, a quem não conheço, pelo “resgate” da metodologia norte-americana de Análise Mecânica de Solos em meio à greve de servidores públicos, lá longe, na UNB.

À Camila Couto, colega de orientadora,... Muito obrigado pela ajuda de toda hora, pelas risadas e, ao mesmo tempo, profissionalismo ímpar. Obrigado pela força, querida!

Ao amigo Bruno Kimura Yassuhiro Gushiken, obrigado pelo apoio em campo, bom humor e parceria!

Às gurias Ana Paula Alvarenga, Mayara Serejo e Ednéia Lazarotto pela sempre presente alegria e dicas, valiosas dicas, que elas nem imaginam o quanto me ajudaram!

A todos(as) os(as) meus(minhas) colegas do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, aos colegas de orientadora e co-orientador, aos que entraram juntamente a mim, aos que antes vieram e aos que posteriormente ingressarão: muito obrigado!

Fortes agradecimentos ao Prof. Dr. Clóvis de Barros Filho, à Eng.^a. Bel Pesce, ao Flávio Augusto da Silva, ao Seiti Arata e Prof. Dr. Mário Sérgio Cortella: vocês foram os condutores de uma revolução em minha vida. Obrigado por existirem e compartilharem suas vitórias, perdas, histórias de vida e o conhecimento que tão valioso e que maestralmente dominam e repassam. Vocês me impulsionaram, me tiraram das trevas, da indigência mental. Obrigado por serem quem são e fazerem o que fazem. Acredito mais no Brasil porque vos testemunhei. Se existem brasileiros tão geniais como vocês na ativa... Como eu poderia me apequenar? Se ontem eu era pequeno, hoje sei que sou menor ainda...

À Cooperativa Agropecuária de São Gabriel do Oeste – COOASGO, EMBRAPA Pantanal e ao pesquisador Ivan Bergier, pelo apoio técnico e logístico, necessários à realização dos trabalhos. Anderson “Neguinho”, da COAASGO, obrigado pelos inúmeros translados SGO-CG-SGO, às vezes em jejum, pelas informações, parceria e constantes bom humor e boa vontade!

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela Bolsa de Estudos concedida.

*“Água de beber
Água de beber camará...”.*

Tom Jobim – Água de Beber

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO.....	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1. Metais Pesados no Ambiente	15
3.1.1. <i>Em Geral</i>	15
3.1.2. <i>Em Áreas Rurais</i>	17
3.2. Metais pesados e seus principais riscos à saúde	21
3.2.1. <i>Arsênio</i>	22
3.2.2. <i>Chumbo</i>	23
3.2.3. <i>Selênio</i>	23
3.3. São Gabriel do Oeste: Meio Antrópico e Meio Físico.....	24
3.3.1. <i>Meio Antrópico e Economia</i>	24
3.3.2. <i>Meio Físico</i>	26
3.4. Suinocultura	36
3.5. Fertirrigação: Histórico, Efluentes de Suinocultura, Vantagens e Desvantagens	37
3.5.1. <i>Efluente de Suinocultura</i>	38
3.5.2. <i>Vantagens e Desvantagens da Fertirrigação</i>	42
3.5.3. <i>Fertirrigação em São Gabriel do Oeste</i>	45
4. MATERIAIS E MÉTODOS	49

4.1.	Área de Estudos	49
4.2.	Coleta de Amostras	51
4.2.1.	Solo	52
4.2.2.	Laterita, Calcário e Lodo de Fundo	53
4.2.3.	Efluente	54
4.2.4.	Água Subterrânea	55
4.3.	Análises Granulométricas	56
4.4.	Análises por Microscopia Eletrônica de Varredura	57
4.5.	Análises Químicas	58
4.5.1.	Solo, Laterita, Calcário e Lodo de Fundo	58
4.5.2.	Efluente	58
4.5.3.	Água Subterrânea	59
4.6.	Tratamento dos Dados	60
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
5.1.	Resíduos de Suinocultura	61
5.1.1.	Efluentes Líquidos	61
5.1.2.	Lodo do Sistema de Tratamento de Efluentes	63
5.2.	Solo e Geologia	64
5.2.1.	Solo	65
5.2.2.	Laterita	74
5.3.	Calcário	75
5.4.	Água Subterrânea	76
5.5.	Discussões Gerais	79
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	86
6.1.	Conclusões	86
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
8.	ANEXOS	94