
PANORAMA GERAL DE FERTILIDADE E TEORES DE ELEMENTOS-TRAÇO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CURSO MÉDIO DO RIO TELES PIRES

GENERAL OVERVIEW OF FERTILITY AND TOTAL CONTENTS FOR TRACE ELEMENTS IN THE HIDROGRAPHIC BASIN OF THE MIDDLE TELES PIRES RIVER

Ademilso Sampaio de Oliveira¹
Maria Aparecida Pereira Pierangeli²
Humbelina Silva Siqueira Lopes³
Juberto Babilônia de Sousa⁴
Antônio Carlos Silveiro da Silva⁵
Carla Galbiati⁶

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar as concentrações dos elementos-traços em diferentes ambientes na Bacia Hidrográfica do Médio do Rio Teles Pires na cidade de Alta Floresta - MT. Foram coletadas amostras simples do solo nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m, totalizando 36 amostras de solo ao longo das margens direita e esquerda do Rio Teles Pires em seis ambientes, contabilizando 18 pontos de amostragens. O pH apresentou menor valor na Fazenda São José na camada de 0-0,2 m. A matéria orgânica apresentou maiores teores na camada superficial em todos ambientes. Os teores de alumínio foram maiores na camada de 0-0,2 m na fazenda Encanto da Natureza e a saturação por bases foi alta somente no Rio Teles Pires com valores de 68% de 0-0,2 m. Todos os ETs apresentaram valores abaixo dos valores orientadores de prevenção estabelecidos pelo CONAMA 420/2009.

Palavras-chave: Ambiente Amazônico. Metal Pesado. Química e Física do Solo.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the concentrations of trace elements in different environments in the Teles Pires River Basin in the city of Alta Floresta - MT. Simple soil samples were collected at depths of 0-0.2 and 0.2-0.4 m, totaling 36 soil samples along the right and left banks of the Teles Pires River in six environments, accounting for 18 sampling points. The pH showed the lowest value at Fazenda São José in the 0-0.2 m layer. Organic matter showed higher levels in the surface layer in all environments. The aluminum contents were higher in the 0-0.2 m layer at Encanto

1 Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais/UNEMAT. E-mail: ademilosampaio@gmail.com.
2 Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/UNEMAT. E-mail: mappierangeli@gmail.com.
3 Doutora em Ciência do Solo/UEDESC/Lages-SC. E-mail: humbelinas@hotmail.com.
4 Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia /UNEMAT/IFMT. E-mail: juberto.sousa@cas.ifmt.edu.br.
5 Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação/UNEMAT. E-mail: acsilveiro@gmail.com.
6 Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais/UNEMAT. E-mail: carla@unemat.br.

Artigo recebido em março de 2020 e aceito para publicação em agosto de 2020.

da Natureza farm and the base saturation was high only in the Teles Pires River with values of 68% from 0-0.2 m. All ETs presented values below the prevention guidelines established by CONAMA 420/2009.

Keywords: Amazonian Environment. Heavy Metal. Soil Chemistry and Physics.

INTRODUÇÃO

O estado de Mato Grosso se destaca-se no cenário brasileiro como um grande produtor agrícola, alcançando elevada produtividade de soja, milho e algodão. Em face à necessidade de aplicação de corretivos de solo, produtos fitossanitários e fertilizantes para suprir a demanda nutricional das plantas, bem como criar condições favoráveis para o desenvolvimento das mesmas, há o risco de contaminação do ambiente com diversas substâncias (PIERANGELI *et al.*, 2013).

Entre estas substâncias, encontram-se os elementos-traços, que em altas concentrações, podem contaminar o meio ambiente provocando intoxicações ao ser humano, plantas e animais. Nos solos, a presença dos elementos-traço é normal em condições naturais, e, na maioria das vezes, eles estão presentes em concentrações ou formas que não oferecem risco ao ambiente, entretanto as atividades humanas, contudo, de alguma maneira, adicionam ao solo materiais que contêm esses elementos químicos, podendo proporcionar concentrações muito altas capazes de comprometer a qualidade do ecossistema (YADA; MELO; MELO, 2020).

Dentre as principais fontes antropogênicas de metais no solo são mineração e beneficiamento de metais, queima de combustíveis fósseis, aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes, lodo de esgoto urbanos e/ou industriais, águas residuárias e resíduos de indústrias de beneficiamento químico. (CAMARGO; ALLEONI; CASAGRANDE, 2001).

A contaminação do solo por elementos-traço (ETs) ameaça os ecossistemas e a saúde humana no mundo todo. A alta toxicidade desses elementos em seres humanos e animais tem tornado crescente a preocupação com a contaminação do meio ambiente (CAMPOS *et al.*, 2018) visto que existem inúmeras formas de contaminação e poluição ambiental (ZULIANI *et al.*, 2017).

O estado de Mato Grosso é extremamente privilegiado em termos de biodiversidade, com a presença de três dos principais biomas do país: Amazônia, Cerrado e Pantanal. Entretanto, a expansão das atividades agropecuárias no estado trouxe consigo grandes desmatamentos e em consequência do crescimento dos núcleos urbanos (MAGALHÃES *et al.*, 2016), aumentando, assim, os riscos de contaminação do solo. Muito embora, estudos conduzidos por Pierangeli *et al.* (2015), no estado de Mato Grosso, mostram que áreas de cultivo intensivo ainda não se verifica aumento dos teores de ETs em relação à vegetação nativa, porém os autores ressaltam a necessidade de monitoramento constante a fim de que normas internacionais de qualidade dos produtos agrícolas sejam atendidas.

Segundo Castilhos *et al.* (2012), o Rio Teles Pires, formador do Rio Tapajós é um de seus principais afluentes, sofreu intensa atividade garimpeira de ouro, principalmente nos municípios de Alta Floresta e de Peixoto de Azevedo, no estado do Mato Grosso. Estudos em ambientes naturais com diferentes tipos de solos e condições ambientais são necessários para que se possa estabelecer valores orientadores da qualidade do solo para cada região, permitindo a identificação de áreas contaminadas e a avaliação dos

riscos potenciais das atividades antrópicas sobre a contaminação do solo (ROCHA; PIERANGELI; MARQUES, 2018).

Os valores orientadores fornecem diretrizes sobre a qualidade e as alterações do solo e são utilizados para avaliar graus de poluição ou riscos potenciais à saúde humana. No Brasil, vários trabalhos científicos têm utilizado como comparação os valores orientadores da Resolução CONAMA N° 420/2009 e CETESB para solos de São Paulo. No entanto, de acordo com a resolução CONAMA N° 420/2009 é recomendado que todos os estados estipulem seus valores de referência de qualidade (VRQs) com base nos teores nativos (*background*) encontrados em seus solos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os teores dos ETs Cr, As, Cd, Pb e Zn em diferentes ambientes na Bacia Hidrográfica do Médio do Rio Teles Pires na cidade de Alta Floresta-MT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Médio Rio Teles Pires, município de Alta Floresta - MT, cuja localização compreende as coordenadas geográficas 9°36'48,681" S e 56°21'5,071" W, e 10°1'16,971" S e 55°54'10,827" W, com uma área de 132.489,84 ha e altitudes variando de 157 a 428 metros, conforme a Figura 1.

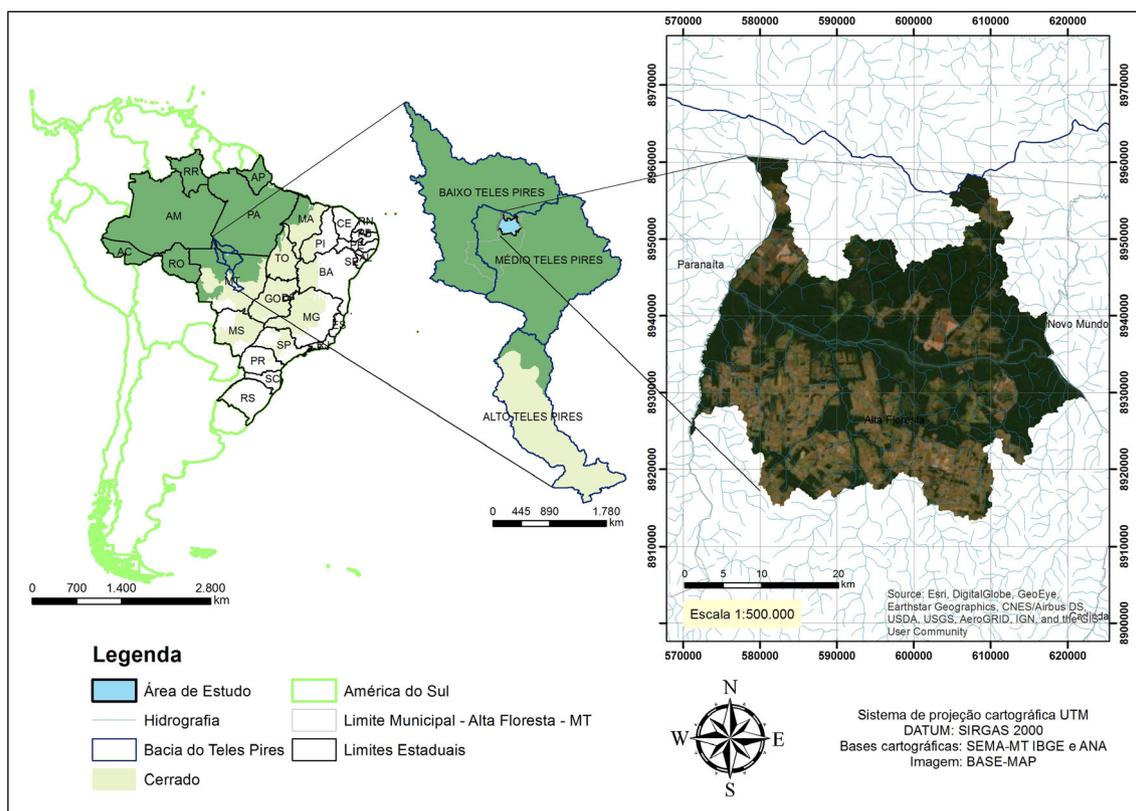


Figura 1. Localização na bacia hidrográfica do Médio Curso do Rio Teles Pires, no município de Alta Floresta/MT.

Procedimentos metodológicos

Ao longo das margens direita e esquerda do Rio Teles Pires, foram determinados seis ambientes. Para cada ambiente foram escolhidos aleatoriamente 18 áreas, distanciadas entre 5 e 10 km. Foram coletadas amostras simples nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,40 m totalizando 18 pontos de amostragem (Figura 2).

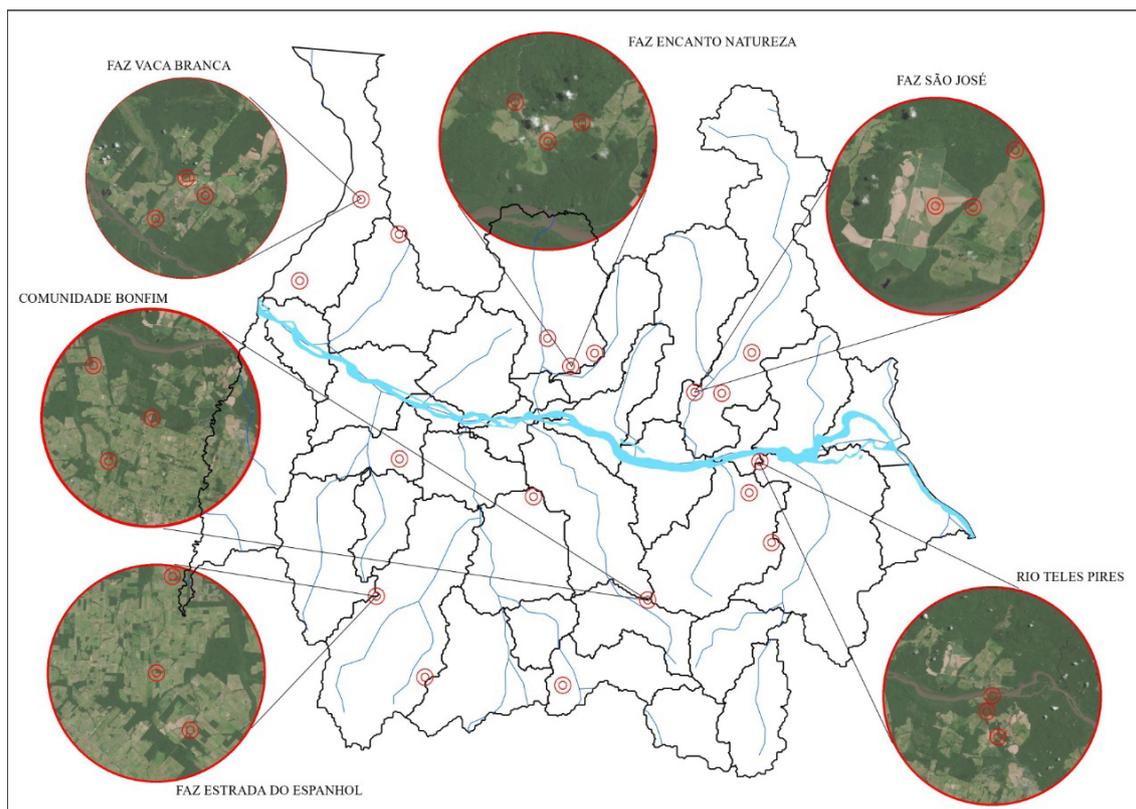


Figura 2. Pontos de coletas de amostragens de solo na Bacia Hidrográfica do Médio curso do Rio Teles Pires no município de Alta Floresta – MT.

As coletas das amostras de solo foram feitas na Fazenda Encanto da Natureza (Cambissolo Háplico), Fazenda São José (Latossolo Vermelho), Rio Teles Pires (Gleissolo Háplico), Fazenda Estrada do Espanhol (Argissolo Vermelho-Amarelo), Comunidade Bonfim (Argissolo Vermelho-Amarelo) e Fazenda Vaca Branca (Latossolo Vermelho) com auxílio do trado holandês.

Foram determinados os atributos químicos relacionados à fertilidade do solo conforme a metodologia da EMBRAPA (2017), sendo determinadas as variáveis: pH H_2O , cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+), acidez trocável (Al^{3+}); acidez potencial ($H + Al$), fósforo disponível e matéria orgânica (MOS), via úmida pela oxidação com $K_2Cr_2O_7$ $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$ e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal. Fósforo (P) e potássio (K^+) foram extraídos com a solução Mehlich-1; magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) e alumínio (Al^{3+}) extraídos com KCl 1 mol L^{-1} .

A partir dos resultados das análises químicas de solo, foram calculados os valores de soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC total (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V). As interpretações dos atributos químicos da fertilidade do solo foram feitas utilizando-se os critérios adotados por Souza e Lobato (2004), Villar (2007) e Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

Entre os atributos físicos, foram determinadas a granulometria (areia, silte e argila) pelo laboratório da Empresa Mato-grossense de Pesquisa, Assistência e Extensão Rural (EMPAER-MT).

As análises granulométricas foram determinadas pelo método da pipeta, conforme descrito pela EMBRAPA (2017).

As análises de Cr, As, Cd, Pb e Zn foram realizadas no laboratório Campo – Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental de Paracatu - MG seguindo o método USEPA 3050B, da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 1998).

Para testar o conjunto de variáveis entre os ambientes foi realizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) e quando significativo, foi aplicado o teste post-hoc de Dunn ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Software R.

RESULTADOS

Análise física do solo

Na Tabela 1, observa-se que as amostras coletadas nas profundidades de 0-0,2 e 0,2-0,4 m apresentaram textura média em todos os pontos, exceto na Fazenda Vaca Branca (0-0,2 e 0,2-0,4 m) e Fazenda São José (0,2-0,4 m) que apresentaram textura argilosa.

De acordo com Oliveira, Pierangeli e Sousa (2019) estudando a geologia na Bacia Hidrográfica do Médio Curso do Rio Teles Pires, no município de Alta Floresta-MT, concluíram que o município de Alta Floresta é composta por sete formações geológicas: Alcalinas Rio Cristalino, Aluviões Holocênicos, Formação Colíder, Grupo Beneficente, Suíte Intrusiva Juruena, Suíte Intrusiva Paranaíta e Suíte Intrusiva Teles Pires.

Ao comparar os pontos de coleta do atual trabalho com o trabalho de Oliveira, Pierangeli e Sousa (2019) observou-se que a Fazenda Vaca Branca e Fazenda São José apresentaram a mesma formação geológica, de formação Colíder, podendo resultar nesta diferença de classe textural, quando comparado com os demais pontos. Uma vez que os demais pontos deste estudo se encontraram dentro da formação Suíte Intrusiva Juruena.

Tabela 1. Classes Texturais e granulometria nos diferentes tratamentos e suas profundidades na Bacia Hidrográfica do curso Médio do Rio Teles Pires no município de Alta Floresta – MT.

Ambientes	Classificação do solo próximos aos ambientes	--Classes Texturais--		Granulometria (%)		
		0-0,2 m	Areia	Silte	Argila	
Faz. Encanto da Natureza	Cambissolo Háplico	Franco	61,3	16,0	22,7	
Faz. São José	Latossolo Vermelho-Amarelo	Franco-argilo-arenosa	60,0	14,0	26,0	
Rio Teles Pires	Gleissolo Háplico	Franco-argilo-arenosa	68,7	11,3	20,0	
Faz. Estrada do Espanhol	Argissolo Vermelho Amarelo	Franco-arenosa	76,0	67,0	17,3	
Comun. Bonfim	Argissolo Vermelho Amarelo	Franco-argilo-arenosa	63,3	87,0	28,0	
Faz. Vaca Branca	Latossolo Vermelho	Argilo-arenosa	55,3	87,0	36,0	
Ambientes	Classificação do solo próximos dos ambientes	0,2-0,4 m	Areia	Silte	Argila	
Faz. Encanto da Natureza	Cambissolo Háplico	Franco-argilo-arenosa	59,3	14,7	26,0	
Faz. São José	Latossolo Vermelho Amarelo	Franco-argilosa	50,7	13,3	36,0	
Rio Teles Pires	Gleissolo Háplico	Franco-argilo-arenosa	56,0	12,0	32,0	
Faz. Estrada do Espanhol	Argissolo Vermelho Amarelo	Franco-argilo-arenosa	71,4	73,0	21,3	
Comun. Bonfim	Argissolo Vermelho Amarelo	Franco-argilo-arenosa	56,0	93,0	34,7	
Faz. Vaca Branca	Latossolo Vermelho	Argilosa	45,3	87,0	46,0	

Segundo Reinert e Reichert (2006), a classe textural é uma característica importante de um solo porque varia muito pouco ao longo do tempo. A mudança somente ocorre se houver alteração da composição do solo devido à erosão seletiva e/ou processos de intemperismo que ocorrem em escala temporal de séculos a milênios.

A classe textural predominante na maioria dos pontos avaliados neste estudo foi o franco-argilo arenosa, corroborando com os encontrados por Santos (2011) em solos do Mato Grosso e Rondônia, os quais encontraram classes texturais predominante entre argilo-arenosa e franco-argilo-arenosa.

Análise química do solo

Observa-se na Tabela 2 que em todos os ambientes os solos apresentaram pH baixo ($\leq 5,1$) em ambas profundidades como preconiza Souza e Lobato (2004), exceto na profundidade de 0,2- 0,4 m na margem esquerda do Rio Teles Pires, cujos solos apresentaram acidez média.

Tabela 2. Atributos químicos do solo avaliadas em diferentes ambientes e profundidades de amostragem na Bacia Hidrográfica do curso Médio do Rio Teles Pires no município de Alta Floresta – MT.

Característica	Prof.	Tratamentos					
	(m)	Faz. Enc. da Natureza	Faz. São José	Rio Teles Pires	Faz. Estrada do Espanhol	Comun. Bonfim	Faz. Vaca Branca
pH H ₂ O	0-0,2	4,40 a	4,37 a	5,07 a	5,07 a	4,77 a	4,47 a
	0,2-0,4	4,90 a	4,77 a	5,40 a	4,90 a	4,50 a	4,83 a
P (mg dm ⁻³)	0-0,2	16,30 a	10,13 a	20,70 a	9,60 a	6,77 a	9,93 a
	0,2-0,4	7,77 a	4,30 a	8,73 a	5,30 a	3,60 a	34,00 a
K (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	64,67 a	73,00 a	79,67 a	35,13 ab	13,43 b	60,17 ab
	0,2-0,4	42,93 a	44,07 a	59,60 a	12,27 a	7,30 a	25,63 a
Ca+Mg (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	3,13 a	1,40 a	2,80 a	2,33 a	1,87 a	4,30 a
	0,2-0,4	1,77 a	1,03 a	2,77 a	1,70 a	1,40 a	2,50 a
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	1,90 a	0,87 a	2,00 a	1,53 a	1,40 a	2,47 a
	0,2-0,4	0,87 a	0,73 a	2,30 a	1,17 a	1,03 a	1,63 a
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	2,50 a	1,23 a	0,73 a	0,27 b	0,37 b	0,37 b
	0,2-0,4	1,70 a	0,90 a	0,33 a	0,37 a	0,50 a	0,73 a
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	5,63 a	5,30 a	1,83 b	3,93 ab	4,27 ab	4,09 ab
	0,2-0,4	3,10 a	3,87 a	2,27 a	3,27 a	3,93 a	3,97 a
MOS (dag kg ⁻¹)	0-0,2	1,03 a	1,27 a	1,30 a	1,37 a	1,37 a	1,43 a
	0,2-0,4	0,20 a	0,33 a	0,80 a	0,70 a	0,83 a	0,77 a
SB (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	3,30 a	1,60 a	3,03 a	2,40 a	1,90 a	4,43 a
	0,2-0,4	1,87 a	1,17 a	2,93 a	1,73 a	1,43 a	2,53 a
t (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	5,80 a	2,83 a	3,77 a	2,67 a	2,27 a	4,80 a
	0,2-0,4	3,57 a	2,07 a	3,27 a	2,10 a	1,93 a	3,27 a
CTC pH7,0 (T) (cmol _c dm ⁻³)	0-0,2	8,97 a	6,90 a	4,80 a	6,33 a	6,20 a	8,50 a
	0,2-0,4	4,93 a	4,97 a	5,17 a	4,97 a	5,37 a	6,50 a
m (%)	0-0,2	47,17 a	41,67 a	21,73 ab	13,50 ab	16,53 ab	12,03 b
	0,2-0,4	46,23 a	46,90 a	12,33 a	19,70 a	28,40 a	35,27 a
V (%)	0-0,2	34,00 ab	23,43 b	67,73 a	35,67 ab	32,67 ab	49,80 ab
	0,2-0,4	42,10 ab	21,87 b	54,07 a	34,97 ab	26,70 ab	33,23 ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis com pós teste de Dunn a 5% de significância.

Os solos estudados, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2018), apresentam uma reação do tipo fortemente ácida (pH 4,3-5,3) em todos os pontos na camada superficial. Na camada subsuperficial somente o ambiente rio Teles Pires apresentou acima de pH 5,3. Este estudo corrobora com os resultados encontrados por Moreira (2016) que avaliando as características químicas, físicas, mineralógica e teores de metais pesados em solos do Estado do Amazonas também encontrou pH fortemente ácido em Latossolo (pH 4,31), Argissolo (pH 4,26), Cambissolo (pH 4,61) e Gleissolos (pH 4,65) na camada de 0-20 cm.

Vale Junior *et al.* (2011) em seu estudo sobre solos da Amazônia relatam que são solos com características de extrema pobreza e reduzida fixação de fósforo além de outras características naturais do próprio solo que são altamente intemperizados.

Na Amazônia, predominam os Latossolos Amarelos e os Argissolos, que são solos altamente intemperizados, com características físicas adequadas ao uso agrícola, mas com fortes limitações nutricionais (VIEIRA; SANTOS, 1987). O fósforo (P) é considerado o elemento mais limitante ao crescimento das culturas, sendo deficiente em 90% dos solos da região (MALAVOLTA, 1980), seguido pelo N e pelo K; a matéria orgânica é a principal fonte de P (VIEIRA *et al.*, 1993). Além disso, cerca de 70% dos solos da região amazônica são ácidos (SANCHEZ, 1981).

Embora não tenha havido diferença estatística, as maiores concentrações de fósforo (P) se encontram na camada superficial em todos ambientes, exceto na Fazenda Vaca Branca que se encontrou com concentração muito alta de P na camada subsuperficial. Nas camadas superficiais as Fazendas Encanto da Natureza e Rio Teles Pires apresentaram concentrações altas, enquanto nas Fazendas São José e Vaca Branca apresentaram concentrações médias de P e Fazenda Estrada do Espanhol e Comunidade Bonfim foram os que obtiveram as menores concentrações.

Além dos fatores como compactação e acidez do solo que influenciam na disponibilidade do elemento, outro ponto considerado importante e que na maioria das vezes acaba sendo executado de forma inadequada é o manejo da adubação fosfatada. Na Fazenda Vaca Branca por ser uma área agrícola na plantação de soja, por ser uma área que apresenta solos altamente intemperizados e naturalmente pobres em P, neste local pode estar ocorrendo em excesso a aplicação fosfatada.

Os problemas criados pela compactação podem ser agravados pelo manejo da adubação fosfatada, pois, quando fornecida a lanço em áreas de semeadura direta, pode aumentar a concentração de P na superfície em relação à subsuperfície (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008).

Malavolta (2006) relata que em uma área compactada pode influenciar a difusão do P até o sistema radicular, já que entre os fatores considerados na sua estimativa estão a área radicular, a distância do elemento até a unidade de absorção e o gradiente de concentração do elemento. As concentrações de potássio, na maioria dos pontos avaliados, estiveram dentro da faixa considerada adequada quando comparados com o descrito por Souza e Lobato (2004), que estabelece teor de K alto $> 80 \text{ mg kg}^{-1}$ quando a $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ é igual ou maior que $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; baixo ($\leq 25 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), médio (26 a $50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e adequado (51 a $80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) quando a $\text{CTC}_{\text{pH}7,0}$ é menor que $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Porém, nos ambientes Comunidade Bonfim e Fazenda Estrada do Espanhol, foram considerados teores de potássio baixo e médio, respectivamente.

As concentrações de Ca + Mg e Ca não apresentaram diferença significativa referente aos ambientes e profundidades, porém a menor concentração de Ca + Mg e Ca foi encontrada na Fazenda São José na camada superficial ($1,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $0,87 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente).

Os teores de alumínio (Al^{3+}) encontrados neste estudo foram maiores nas Fazendas Encanto da Natureza e São José. Consequentemente, a acidez trocável, potencial e saturação por alumínio também apresentaram maiores valores nestes dois ambientes (Tabela 2).

A disponibilidade do Al^{3+} está associada à acidez do solo, sendo neste estudo as Fazendas Encanto da Natureza, São José, Comunidade Bonfim e Fazenda Vaca Branca apresentaram acidez elevada ($pH < 5,0$) e os ambientes Rio Teles Pires e Fazenda Estrada do Espanhol acidez média ($pH 5,2$ a $5,5$), conforme Souza e Lobato (2004).

De acordo com Primavesi (2006), solos ácidos são comuns em regiões tropicais devido às elevadas precipitações, que são capazes de lixiviar quantidades apreciáveis de bases trocáveis da camada superficial do solo. A acidez potencial caracteriza o poder tampão de acidez do solo e sua estimativa acurada é fundamental para se estimar a capacidade de troca catiônica a $pH 7,0$ (CTC) (CAMPOS *et al.*, 2018).

Observou-se, na Tabela 2, que não houve diferença significativa para os teores de matéria orgânica (MOS), porém, as concentrações foram maiores nas camadas superficiais quando comparadas com as camadas subsuperficiais. Os teores de MOS foram baixos em todos os ambientes e entre profundidades. As concentrações médias neste estudo variaram de $1,03 - 1,43 \text{ dag kg}^{-1}$.

Para Brady (1989), a textura do solo parece exercer influência sobre a quantidade de matéria orgânica. O autor explica que um solo arenoso contém, em geral, menor quantidade de matéria orgânica do que outro com textura mais fina. Isto, provavelmente, devido ao menor teor de umidade e à oxidação mais rápida ocorrerem em solos mais arenosos.

Neste estudo observou-se que teores maiores de MOS foram encontrados na Fazenda Vaca Branca, cuja textura é argilosa, porém não foi observado o mesmo efeito na Fazenda São José que apresenta também textura argilosa. Esperava-se que por serem solos de mesma classificação (Latosolos), mesma textura (argilosa) e áreas que cultivam soja fossem apresentar as maiores concentrações de MOS em relação aos demais ambientes. Portanto neste caso não houve somente a influência da textura, mas a relação com outros fatores como o manejo do solo, a cobertura vegetação no local e entre outros fatores responsáveis pela degradação acelerada da MOS.

Para Soma de base (SB), Capacidade de Troca Iônica Efetiva (t) e Capacidade de Troca Catiônica a $pH 7,0$ (T), não houve diferença significativa entre ambientes e profundidade. Porém a SB variou entre $1,60 - 4,43$, sendo registrado o menor valor na Fazenda São José e o maior na Fazenda Vaca Branca. A Capacidade de Troca Iônica Efetiva (t) e Capacidade de Troca Catiônica a $pH 7,0$ (T) registaram maiores valores na Fazenda Encanto da Natureza na camada de $0-20 \text{ cm}$.

Na área em estudo, a saturação por bases em todos ambientes foi abaixo de 50%, indicando fertilidade baixa, exceto no Rio Teles Pires, classificando-o como solo fértil, V com valores de 67,73% de $0-0,2 \text{ m}$ e 54,07% no $0,2-0,4 \text{ m}$.

De acordo com Moreira (2016) os solos do bioma amazônico podem ser divididos em solos de várzea e de terra firme. Para Guimarães *et al.* (2013) os solos de várzea como Gleissolos e Neossolos Flúvicos são eutróficos, com elevados teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} e CTC elevada, sendo essa maior fertilidade relacionada à presença de minerais do tipo 2:1, como vermiculita, montmorilomita e illita. Já os solos de terra firme são de baixa fertilidade, com teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P baixos e teores elevados de Al^{3+} trocável. Essa baixa fertilidade está relacionada à pobreza do material de origem e à intensa lixiviação de bases nesses solos (QUESADA *et al.*, 2011).

Vale Junior *et al.* (2011) afirma que em solos da Amazônia além das características de extrema pobreza em fósforo; apresentam também acidez elevada; saturação por alumínio alta; baixa CTC; pobreza em macro e micronutrientes; reduzida fixação de fósforo; densidade do solo elevada; adensamento e susceptibilidade à compactação.

Os resultados de teores micronutrientes são apresentados na Tabela 3 na profundidade de 0-0,2 m apenas os teores de Cu e Zn apresentaram diferenças significativas, sendo os demais semelhantes entre si. Já na profundidade de 0,2-0,4 m, apenas os teores de Fe e Mn apresentaram diferenças significativas pelo pós teste de Dunn ($p < 0,05$).

Os teores de Cu e Fe foram altos na Fazenda Entrada do Espanhol, na profundidade de 0-0,2 m, sendo os teores de Cu médios nos demais ambientes. Já os teores de Fe foram baixos em todos os ambientes em ambas as profundidades, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Teores de micronutrientes do solo na bacia hidrográfica do médio curso do Rio Teles Pires no município de Alta Floresta – MT.

Caraterística (mg dm ⁻³)	Prof.	Tratamentos					
	(m)	Faz. En. da natureza	Faz. São José	Rio Teles Pires	Faz. Estrada do Espanhol	Com. Bonfim	Faz. Vaca Branca
Cu	0-0,2	0,39 b	1,13 ab	2,04 a	1,90 ab	0,65 b	0,87 b
	0,2-0,4	0,55 b	0,62 b	1,84 a	0,63 b	0,86 ab	0,29 b
Fe	0-0,2	11,58 a	9,30 a	6,26 a	7,16 a	8,26 a	6,80 a
	0,2-0,4	7,20 a	5,96 a	7,63 a	6,13 a	7,73 a	5,30 a
Mn	0-0,2	3,11 a	1,56 a	3,96 a	3,26 a	2,49 a	2,53 a
	0,2-0,4	5,70 a	1,13 a	4,33 a	1,18 a	1,40 a	1,47 a
Zn	0-0,2	1,68 a	0,82 a	1,57 a	1,06 a	0,40 b	3,90 a
	0,20-0,4	0,58 b	0,26 b	0,83 a	0,36 b	0,15 b	0,67 b
B	0-0,2	0,76 a	0,80 a	0,73 a	0,77 a	0,86 a	0,94 a
	0,2-0,4	0,81 b	0,80 b	0,74 b	0,81 b	0,86 b	0,99 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis com pós teste de Dunn a 5% de significância.

Os teores de Mn, em todos os tratamentos, foram considerados baixos e muito baixo, conforme Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), já para o Zn, houve diferença nos teores entre os ambientes, sendo os valores encontrados considerados médios, de acordo com Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) os teores de B, foram altos na Fazenda Vaca Branca nas profundidades de 0-0,2 a 0,2-0,4 m e bons nos demais ambientes. A disponibilidade do B, Cu e do Zn nas plantas depende da natureza e do conteúdo de matéria orgânica, do tipo e do teor de minerais de argila presentes e do pH do solo (KIEHL, 1985). Além disso, os micronutrientes têm uma relação direta com o pH do solo (MALAVOLTA, 2008): pH baixo aumenta a concentração de micronutrientes catiônicos, conforme aumenta o pH há uma diminuição destes últimos, exceto o B, que fica na transição de médios valores de pH. Além do pH, a disponibilidade dos micronutrientes é afetada pela textura e mineralogia do solo, teor de matéria orgânica, umidade do solo, condições de oxidação e interações entre nutrientes.

Análise de elementos-traço no solo

Não houve diferença significativa entre os teores dos elementos-traços (ETs) analisados, tanto em relação às profundidades do solo quanto aos ambientes estudados (Tabela 4). Assim sendo, são discutidos somente os teores da profundidade de 0-0,2 m para todos os ETs de solo avaliados neste trabalho.

Tabela 4. Elementos-Traços na Bacia hidrográfica do Curso Médio do Rio Teles Pires no município de Alta Floresta – MT

Prof (m)	Variável	Ambientes (mg kg ⁻¹)					
		Faz. Enc. da natureza	Faz. São José	Rio Teles Pires	Faz. Estrada do Espanhol	Comun. Bonfim	Faz. Vaca Branca
0-0,2	Cr	3,23 a	11,67 a	9,40 a	3,60 a	5,27 a	9,07 a
	As	0,80 a	0,37 a	0,70 a	0,33 a	0,33 a	0,63 a
	Cd	0,57 a	0,73 a	0,76 a	0,50 a	0,57 a	0,80 a
	Pb	30,40 a	43,03 a	27,61 a	21,83 a	39,40 a	26,47 a
	Zn	37,77 a	46,73 a	35,35 a	26,83 a	10,87 a	44,17 a
0,2-0,4	Cr	4,60 a	7,90 a	7,86 a	5,50 a	5,51 a	10,19 a
	As	1,27 a	8,80 a	0,43 a	0,40 a	0,33 a	1,27 a
	Cd	0,55 a	1,37 a	0,61 a	0,67 a	0,52 a	0,69 a
	Pb	33,28 a	42,20 a	33,61 a	38,03 a	30,45 a	25,48 a
	Zn	31,84 a	70,80 a	15,18 a	10,13 a	27,79 a	25,90 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Kruskal Wallis com pós teste de Dunn a 5% de significância.

Observou-se que todos os elementos-traços na profundidade de 0-0,2 m estiveram abaixo dos valores orientadores de prevenção estabelecidos pelo CONAMA 420/2009 (Tabela 5), exceto o elemento Cd, na Fazenda Vaca Branca. Neste ambiente, tem sido realizado o plantio da soja e uma das causas da presença elevada do Cd pode estar relacionada com a utilização de fertilizantes fosfatados, já que esse elemento pode estar contido como impureza nas rochas fosfáticas.

Segundo a CETESB (2012) os níveis de Cd em fertilizantes fosfatados variam amplamente e dependem da origem das rochas fosfáticas. Para Campos *et al.* (2005), fertilizantes fosfatados contêm elementos-traço da rocha que os originou ou dos ingredientes usados na industrialização do fertilizante. Já para Mortvedt (1987), as rochas fosfatadas usadas na produção dos fertilizantes são as maiores fontes de contaminação com Cd em solos agrícolas.

Tabela 5. Valores de referência de qualidade para os teores de elementos-traços em solos

ELEMENTOS-TRAÇO (mg kg ⁻¹)	COPAM ¹ (2014)	CETESB ² (2005)	FEPAM ³ (2014)	CPRH ⁴ (2014)	VP ⁵ (CONAMA 420/2009)
Cd	0,08	<0,05	0,42	0,15	1,3
Pb	14,62	17	16	13	72
As	-	3,5	-	0,6	15
Cr	48,35	40	21	35	75
Zn	33,65	60	29	35	300

1. Conselho Estadual de Política Ambiental; 2. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; 3. Fundação Estadual de Proteção Ambiental; 4. Agência Estadual de Meio Ambiente (Pernambuco); 5. Valores de Prevenção segundo o CONAMA 420/2009.

Na região do Vale do Alto Guaporé, Sudoeste do estado de Mato Grosso, foram relatados, por Pierangeli *et al.* (2009), teores médios de Cd em solos de vegetação nativa 0,45 mg kg⁻¹, área de garimpo de ouro 0,75 mg kg⁻¹, em cultura anual 0,55 mg kg⁻¹ e em área de pastagem 0,40 mg kg⁻¹.

Neste estudo, as áreas de pastagens nos ambientes Rio Teles Pires, Fazenda Estrada do Espanhol e Comunidade Bonfim apresentaram valores de Cd acima do valor encontrado por Pierangeli *et al.* (2009). Quando comparados com valores de referência de qualidade expostos na Tabela 6 para solos do Mato Grosso estudados por Santos e Alleoni (2012) as concentrações de Cd estiveram bem acima do permitido em todos os ambientes avaliados.

Tabela 6. De acordo com alguns autores Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dado em mg kg⁻¹ para solos

ET	Santos e Alleoni (2012) MT e RO	Preston et al. (2014) RN	Consonni (2015) SP
Cd	<0,3	0,07	1,53
Pb	8,16	10,99	-
As	-	-	-
Cr	59,1	23,04	47
Zn	9,3	17,98	61

Kabata-Pendias e Pendias (2001) relatam que a concentração média de cádmio na crosta terrestre é de 0,15 mg kg⁻¹, sendo pouco móvel no perfil do solo. Para o estado de São Paulo, a CETESB (2005) toma como valor de referência de qualidade (VRQ) para solos não contaminados o teor de 0,5 mg kg⁻¹. Para McBride (1994), teores de Cd no solo acima de 0,5 mg kg⁻¹ já é indicativo de contaminação, pois esse elemento é altamente tóxico para animais e plantas.

Em nível mundial, a concentração média de Cd no solo é estimada em 0,41 mg kg⁻¹, situando-se entre 0,2 e 1,1 mg kg⁻¹ (LOPES, 2015). Para Consonni (2015), os valores médios da concentração total de elementos-traço no âmbito mundial são muito heterogêneos e decorrem da diversidade dos solos, dos métodos de extração e das técnicas de determinação analítica.

Aparentemente, valores maiores do que aqueles de referência refletem o impacto antropogênico na concentração de Cd na superfície do solo (KABATA-PENDIAS, 2011).

Os valores médios de Cd na profundidade de 0-0,2 m, todos os valores na camada superficial estiveram acima dos valores estabelecidos pela CETESB, COPAM, FEPAM e CPRH exceto na Fazenda Vaca Branca que se encontrou dentro dos VP estabelecido pelo CONAMA 420/2009. Na camada subsuperficial é possível observar na Tabela 4 a maior concentração de Cd na Fazenda São José.

Os valores de chumbo (Pb) variaram entre 26,47 - 43,03 mg kg⁻¹, todos eles acima dos valores orientadores estabelecido pela Tabela 5, exceto o valor de prevenção (VP) preconizada pela CONAMA 420/2009, ressaltando a necessidade de estabelecimento de valores de referências locais.

Pierangeli *et al.* (2009), em seu estudo, encontraram teores médios de Pb variando entre 7,32 a 24,1 mg kg⁻¹. Já Preston *et al.* (2014) avaliando valores de referência de qualidade para solos do Rio Grande do Norte, encontraram teores de 16,18 mg kg⁻¹.

Os teores médios de arsênio (As) foram menores nas áreas da Fazenda Estrada do Espanhol e Comunidade Bonfim 0,33 mg kg⁻¹, entretanto, a maior concentração foi encontrada na Fazenda Encanto da Natureza 0,80 mg kg⁻¹ conforme a Tabela 4. Comparando-se o estudo com os dados da Tabela 5, observou-se que os valores de As em vários pontos estiveram abaixo dos VPs pela Resolução CONAMA 420/2009, porém a concentração de As na Fazenda Encanto da Natureza foi o único a apresentar concentração acima do permitido pelo Agência Estadual do Meio Ambiente do PE (CPRH, 2014).

Pierangeli *et al.* (2009) encontraram concentração elevada de As 43,90 mg kg⁻¹ em áreas de vegetação nativa. Segundo os autores, os altos teores de As, provavelmente, estão relacionados à litologia regional, a qual apresenta rochas com altos teores de As (> 3800 mg kg⁻¹), essas altas concentrações também são relatados por Fernandes *et al.* (2005).

As concentrações de Cromo (Cr) em todos os pontos analisados estiveram abaixo dos valores orientadores estabelecidos na Tabela 5 e Tabela 6.

Observou-se, na Tabela 4, que os valores de Zinco (Zn) apresentaram concentrações dentro do estabelecido pelo CONAMA 420/2009 e CETESB (2005), porém, quando comparados com Agência Estadual de Meio Ambiente do PE (CPRH, 2014), somente a fazenda Estrada do Espanhol e Comunidade Bomfim estiveram dentro do limite estabelecido.

De acordo com a Tabela 4, as concentrações de Zn variaram de 10,87 - 46,73 mg kg⁻¹. Quando comparados com áreas de vegetação nativa como no estudo elaborado por Pierangeli *et al.* (2009) e Pierangeli *et al.* (2015).

Para valores de referência de qualidade avaliados por Santos e Alleoni (2012), todas as concentrações de Zn, neste estudo estiveram acima do permitido, entretanto, se comparados com solos de São Paulo, estudados por Consonni (2015), cujo o valor de referência de qualidade para o elemento Zn encontrado foi 61 mg kg⁻¹, as concentrações de Zn de todos os pontos avaliados neste estudo estariam dentro do limite.

Silva *et al.* (2017), ao avaliar os teores naturais e valores de referência de elementos-traço em campos de murundus na Amazônia Meridional encontraram concentração de Zn de 7,8 mg kg⁻¹. Quando comparados com este estudo, as concentrações de Zn foram bem elevadas.

Essa diferença mostra a importância de cada Estado apresentar seus valores de referência de qualidade, uma vez que a litologia e a geomorfologia de cada Estado e/ou região do Brasil apresentam suas particularidades envolvidas.

Vale ressaltar que a legislação brasileira determina que todos os Estados brasileiros devem estabelecer seus Valores de Referência de Qualidade em razão das peculiaridades

regionais (SOUZA, 2015). O autor ainda acrescenta que esses valores refletem o teor natural de determinado elemento no solo sem introdução via atividade antrópica e são importantes no sentido da identificação de locais suspeitos de contaminação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos solos das áreas avaliadas apresentou textura média, sendo a textura argilosa foi encontrada nos ambientes Fazenda São José e Vaca Branca.

Em todos os ambientes, que o pH se apresentou como baixo à profundidade de 0,2-0,4 m, exceto no Rio Teles Pires, cuja acidez apresenta-se média. Frise-se que há maiores concentrações, de acordo com os estudos efetuados, de P e K no Rio Teles Pires e baixa concentração de Ca na camada de 0-0,2 m.

Ademais, os teores de Al^{3+} , acidez potencial e saturação por alumínio mostraram-se altos, consoante a pesquisa, nos ambientes das Fazendas Encanto da Natureza e São José. Cabe destacar que todos os ambientes denotam baixa fertilidade do solo, com exceção do ambiente do Rio Teles Pires, este com solo que pode ser considerado fértil de acordo os parâmetros utilizados.

Pode-se constatar que a concentração dos elementos-traço não apresentou diferença significativa entre as profundidades e ambientes, bem como as concentrações de Cd, Pb, Zn, Cr e As, em todos os ambientes estudados, pois estiveram abaixo dos valores de prevenção estabelecida pelo CONAMA 420/2009, exceto Cd na Fazenda São José que excedeu o estabelecido.

REFERÊNCIAS

- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. New York: John Wiley, 1989. 898 p.
- CAMARGO, OA de; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq: FAPESP: POTAFOS, 200.
- CAMPOS, M. L.; ANDREOLA, A.; BUENO, D. K.; DANIEL, E. da S.; LOPES, H. S. S.; BORGES, K. S. C.; SOUZA, L. C. Riscos à saúde humana decorrentes da contaminação ambiental por arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio. *In*: HESS, S. C. **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Editora Outras Expressões, 2018. p. 263-280.
- CAMPOS, M. L.; DA SILVA, F. N.; NETO, A. E. F.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; ANTUNES, A. S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 361-367, 2005.
- CASTILHOS, Z.; CESAR, R.; COLONESE, J.; EGLER, S.; ARAÚJO, P.; FELZMANN, W.; MERTEN, G.; ROCHA, B.; TOUCHE, S. Caracterização das águas superficiais e teores de mercúrio em sedimentos e em peixes. *In*: CASTILHOS, Z. C. **Delineamento da ecorregião aquática Xingu-Tapajós**. Rio de Janeiro: Aquarius Xingu-Tapajós, 2012, p. 212-228.
- CETESB. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. 2012. **Cádmio e seus compostos**: ficha de informação toxicológica. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/Cadmio.pdf>. Acesso: 20 out. 2019.
- CETESB. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental. **Decisão da Diretoria nº 195/2005- E, de 23 de novembro de 2005**: Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. 2005. 4 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/18/2015/03/>

tabela_valores_2005.pdf. Acesso: 20 out. 2019.

COPAM. Conselho de Proteção Ambiental. Estabelece os valores orientadores de qualidade do solo do Estado da Paraíba quanto à presença de metais pesados. Deliberação n. 3602, de 16 de dezembro de 2014. **Diário Oficial do Estado da Paraíba**, n 15.713, p. 15-16, 2014. Disponível em: <http://static.paraiba.pb.gov.br/2014/12/Diario-Oficial-18-12-2014.pdf>. Acesso em: 27 out. 2019.

CONSONNI, J. L. **Valores de referência de elementos inorgânicos potencialmente tóxicos em solos do Estado de São Paulo**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 420/2009**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 27 out. 2019.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. **Instrução Normativa n° 7, de 7 de julho de 2014**: estabelece os valores de referência da qualidade do solo (VRQ) do Estado de Pernambuco quanto à presença de substâncias químicas para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias. Disponível em: <http://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=279789>. Acesso em: 6 nov. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 3. ed. revista e ampliada. Brasília: CNPS, 2017. 577 p.

FERNANDES, C. J.; RUIZ, A. S.; KUYUMJIAN, R. M.; PINHO, F. E. C. 2005. Geologia e controle estrutural dos depósitos de ouro do Grupo Aguapeí - região da Lavrinha, sudoeste do Cráton Amazônico. **R. Bras. Geoci.** v. 35, n. 1, p. 13-22, 2005.

FEPAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente-RS. **Relatório Pró-Guaíba**: rede de monitoramento ambiental. 2014 Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_gravatai/gravatai.asp. Acesso em: 12 out. 2019.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011. 505 p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

LOPES, C. **Acúmulo de cádmio e crescimento de plantas de agrião, chicória e rúcula cultivadas em Argissolo Vermelho-Amarelo**. 2015. 91f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, 2015.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres; 2006.

MALAVOLTA, E. **O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais**. Piracicaba - SP: IPNI, 2008.

MAGALHÃES, G. C.; FANTIN-CRUZ, I.; ZEILHOFER, P.; DORES, E. F. G. C. Metais potencialmente tóxicos em rios a montante do Pantanal Norte. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 4, p. 833-850, 2016

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 406 p.

MOREIRA, L. J S. **Química, física, mineralogia e teores de metais pesados em solos do Estado do Amazonas**. 2016. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

MORTVEDT, J. J. Cadmium Levels in Soils and Plants From Some Long-term Soil Fertility Experiments in the United States of America 1. **Journal of environmental quality**, v. 16, n. 2, p. 137-142, 1987.

OLIVEIRA, A. S.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUSA, J. B. Características do meio físico da Bacia Hidrográfica do Médio do Rio Teles Pires, no município de Alta Floresta-MT. **Revista Equador (UFPI)**, v. 8, n. 3, p. 159–177, 2019.

PIERANGELI, M.A.P., EGUCHI, E., RUPPIN, R.F., COSTA, R.B.F., VIEIRA, D.F. Teores de As, Pb, Cd e Hg e fertilidade de solos da região do Vale do Alto Guaporé, sudoeste do estado de Mato Grosso. **Revista Acta Amazônica**, v. 39, n. 1, p. 61-70, 2009.

PIERANGELI, M. A.; CARVALHO, G. S. MARQUES, J. J.; CARVALHO, C. A.; SILVA, C. A.; GUILHERME, L. R. G. Valores de referência de elementos-traço em solos do Estado de Mato: Estudo preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 34., 2013, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2013.

PIERANGELI, M. A. P.; GUILHERME, L. R. G.; CARVALHO, G. S.; CARVALHO, C. de A.; SILVA, C. A.; PIERANGELI, L. M. P. Elementos-traço em áreas de vegetação nativa e agricultura intensiva do Estado de Mato Grosso determinados por fluorescência de raios-X por reflexão total. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 4, p. 1048-1057, 2015.

PRESTON, W.; NASCIMENTO, C. W. A. do, BIONDI, C. M.; SOUZA JUNIOR, V. S. de; SILVA, W. R. da; FERREIRA, H. A. Valores de Referência de qualidade para metais pesados em solos do Rio Grande do Norte. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 38, p. 1028-1037, 2014.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. 18. ed. São Paulo: Nobel, 2006. 549 p.

QUESADA, C.A., LLOYD, J., ANDERSON, L.O., FYLLAS, N.M., SCHWARZ, M., CZIMCZIK, C.I. Soils of Amazonia with particular reference to the rainfor sites. **Biogeosciences**, v. 8, p. 1415–1440, 2011.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. 2006. 18 p. Disponível em: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf. Acesso em: 10 nov. 2019.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a. aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

ROCHA, G. X.; PIERANGELI, M. A. P.; MARQUES, M. C. S. Atributos de fertilidade dos solos as margens do Rio Paraguai, Pantanal de Cáceres/MT. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p. 99-110, 2018.

SÁNCHEZ, P.A. **Suelos del Trópico: características y manejo**. San José: IICA, 1981. 660 p.

SANTOS, S. N. dos. **Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia**. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo-USP, São Paulo, 2011.

SANTOS, S.N.; ALLEONI, L.R.F. Reference values for heavy metals in soils of the Brazilian agricultural frontier in Southwestern Amazônia. **Environ. Monit. Assess.** v. 185, p. 5737-5748, 2012.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 590 p.

- SILVA, F. L.; PIERANGELI, M. A.; SANTOS, F.A. S.; SERAFIM, M. E.; SOUZA, C. A. Natural backgrounds and reference values of trace-element in earth murundus fields on the Southern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 172-178, 2017.
- SOUZA, L. C. **Teores naturais de arsênio, bário, cádmio e níquel para solos do Estado de Santa Catarina**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.
- SOUZA, D. M.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.
- USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 3050 B. USEPA**. 1998. Disponível em: <http://www.epa.gov/SW-846/pdfs/3050b.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.
- VALE JUNIOR, J. F. do; SOUZA, M. I. L. de; NASCIMENTO, P. P. R. R. do; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Rev. Agro@ambiente**, online, v. 5, n. 2, p.158-165, maio-ago., 2011.
- VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1987. 416 p.
- VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C.; SILVA JUNIOR., M.L.; COUTINHO, R.M.V. Formas de fósforo em solos do Estado do Pará - I - Latossolo Amarelo, textura média da parte Noroeste da Região Bragantina. **Boletim da FCAP Boletim da FCAP Boletim da FCAP**, Belém, n. 21, p. 65-75, 1993.
- VILLAR, M. L. P. **Manual de interpretação de análise de plantas e solos e recomendação de adubação**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2007. 182 p. (EMPAER-MT, Série Documentos, 35).
- YADA, M. M.; MELO, W. J. de; MELO, V. P. de. Elementos-traço no solo, na planta e no grão de plantas de milho cultivadas em latossolos tratados com lodo de esgoto por 16 anos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 2, p. 371-379, 2020.
- ZULIANI, D. Q.; ABREU, L. B. CURI, N.; CARVALHO, G. S.; COSTA, A. M.; MARQUES, J. J. Elementos-traço em águas, sedimentos e solos da Bacia do Rio das Mortes, Minas Gerais. **Rev. HOLOS**, ano 33, v. 04, p. 308-326, 2017.