



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 17, n. 1, art. 11, p. 217-229, jan. 2020

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

http://dx.doi.org/10.12819/2020.17.1.11

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Vulnerabilidade do Solo em Área Agrícola à Contaminação por Agrotóxicos

Vulnerability of Soil in Agricultural Area to Pesticide Contamination

Taciana Melo de Castro

Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Ceuma

E-mail: tacionacastro88@hotmail.com

Wellyson da Cunha Araújo Firmo

Doutor em Biotecnologia pela Universidade Federal do Maranhão

Docente da Universidade Ceuma e Faculdade Pitágoras São Luís

E-mail: well_firmo@hotmail.com

Flor de Maria Araújo Mendonça Silva

Doutora em Saúde Coletiva pela Universidade Federal do Maranhão

Docente do Programa de Mestrado em Gestão de Programas e Serviços de Saúde da Universidade Ceuma

E-mail: floragyhn@gmail.com

Darlan Ferreira da Silva

Doutor em Química Analítica pela Universidade de São Paulo

Pós-doutorando pela Universidade Ceuma

E-mail: darlanveggito@hotmail.com

Maria Raimunda Chagas Silva

Doutora em Química Analítica pela Universidade de São Paulo

Docente do Programa de Mestrado em Meio Ambiente da Universidade Ceuma

E-mail: marirah@gmail.com

Endereço: Taciana Melo de Castro

Universidade Ceuma. Av. São Luís Rei de França, 50 -
Turu, São Luís - MA, 65065-470. Brasil.

Endereço: Wellyson da Cunha Araújo Firmo

Universidade Ceuma. Av. São Luís Rei de França, 50 -
Turu, São Luís - MA, 65065-470. Brasil.

Endereço: Flor de Maria Araújo Mendonça Silva

Universidade Ceuma. Av. São Luís Rei de França, 50 -
Turu, São Luís - MA, 65065-470. Brasil.

Endereço: Darlan Ferreira da Silva

Universidade Ceuma. Av. São Luís Rei de França, 50 -
Turu, São Luís - MA, 65065-470. Brasil.

Endereço: Maria Raimunda Chagas Silva

Universidade Ceuma. Av. São Luís Rei de França, 50 -
Turu, São Luís - MA, 65065-470. Brasil.

**Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar
Rodrigues**

**Artigo recebido em 26/08/2019. Última versão
recebida em 16/09/2019. Aprovado em 17/09/2019.**

**Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review
pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review
(avaliação cega por dois avaliadores da área).**

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

O solo é um dos principais componentes ambientais, possui a função de sustentar diversas formas de vida, dentre elas, as plantas, servindo como substrato para o seu crescimento e disseminação. A contaminação do solo pode ser dissipada para os alimentos, para o ar e para os lençóis freáticos. Em virtude destes possíveis efeitos, este trabalho teve por objetivo analisar alguns atributos do solo de uma área agrícola de forma a determinar a vulnerabilidade aos efeitos de contaminantes. Foram avaliados os atributos: textura, matéria orgânica e pH, além da concentração de metais pesados nas amostras de solo. Três componentes principais foram gerados para explicar 99,30% da variância no experimento. A análise de componentes principais indicou que as concentrações de cádmio, cromo, níquel, chumbo, cobre e as porcentagens de areia e silte apresentaram boa correlação com os pontos de amostragens selecionados, indicando as possíveis áreas de contaminação. Da caracterização granulométrica e quantidade de matéria orgânica, o solo possui baixa eficiência para retenção de resíduos de agrotóxicos. Os valores de pH encontrados não foram um fator limitante ao bom desenvolvimento das plantas. Das concentrações de metais pesados, o cádmio foi o único que apresentou níveis acima do permitido pela legislação. O solo mostrou ter potencial para disponibilizar contaminantes para as plantas e para o lençol freático.

Palavras-chave: Agrotóxicos. Análise de Componentes Principais. Solo. Resíduos. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

The soil is one of the main environmental components, has the function of supporting various life forms, among them, the plants, serving as a substrate for their growth and dissemination. Soil contamination can be dissipated to food, air and groundwater. Due to these possible effects, this work aimed to analyze some soil attributes of an agricultural area in order to determine the vulnerability to the effects of contaminants. The attributes: texture, organic matter and pH, as well as the concentration of heavy metals in the soil samples were evaluated. Three main components were generated to explain 99.30% of the variance in the experiment. Principal component analysis indicated that cadmium, chromium, nickel, lead, copper and sand and silt percentages showed a good correlation with the selected sampling points, indicating possible contamination areas. From the particle size characterization and amount of organic matter, the soil has low efficiency for retention of pesticide residues. The pH values found were not a limiting factor to the good development of the plants. Of the heavy metal concentrations, cadmium was the only one that presented levels above that allowed by the legislation. The soil has been shown to have the potential to make contaminants available to plants and groundwater.

Keywords: Pesticides. Principal Component Analysis. Ground. Waste. Environmental Impacts.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura funciona como o alicerce da sociedade, pois há mais de dez mil anos fornece à humanidade o seu alimento. Com o decorrer do tempo, a agricultura passou por uma série de mudanças que resultaram na modernização dos processos produtivos, o que permitiu o surgimento de novas metodologias e mecanização dos sistemas (PEREIRA; JESUS; SILVA, 2015). Entretanto, por viabilidade ou falta de recursos, muitos agricultores ainda realizam suas atividades baseadas em técnicas antigas para preparo do solo e cultivo de culturas.

A Revolução Agrícola resolveu um grande problema ocasionado pela Revolução Industrial, a redução na produção de alimentos devido ao êxodo rural. A Revolução Agrícola aumentou exponencialmente a produção alimentar ao introduzir na agricultura métodos e equipamentos mais eficientes, e sementes previamente selecionadas. No entanto, outras consequências dessa revolução surgiram e envolvem o manejo do solo, a produtividade, a saúde de agricultores e consumidores. Iniciou-se naquele período a utilização e produção de agrotóxicos, com destaque para os países em desenvolvimento. Mas o uso incorreto e intensivo desses defensivos químicos originou impactos negativos sobre a saúde dos produtores e sobre a qualidade do solo (SOUZA *et al.*, 2012).

Registros históricos da Antiguidade clássica mostram que os produtores agrícolas daquela época já utilizavam recursos para controlar o aparecimento de plantas invasoras, insetos e outros seres vivos capazes de competir por alimento com os cultivos agrícolas (RIGOTTO, 2011).

Os agrotóxicos se classificam em: fungicida, herbicida e pesticida e são conceituados como produtos e agentes de processos físicos, químicos e biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou plantadas e outros ecossistemas para matar insetos, micro-organismos ou plantas, além disso, defensivos químicos são empregados em ambientes urbanos, hídricos e industriais, para alterar a composição da flora ou da fauna, com o objetivo de preservá-las dos efeitos danosos de seres vivos possivelmente lesivos às culturas agrícolas (PEREIRA, 2012).

O uso de agrotóxicos no Brasil e no mundo cresceu de forma exponencial nas últimas décadas. Isso está diretamente ligado ao padrão tecnológico predominante adotado na agricultura que está vinculado ao uso intensivo de insumos químicos (ROCHA; SOUSA; SANTIAGO, 2016). Em várias regiões do Brasil é prática comum e cada vez mais acentuada,

utilizar pesticidas no combate a pragas, doenças e plantas invasoras. Esse comportamento observado na agricultura requer controle e estudos a fim de avaliar os possíveis impactos ambientais (GASPAR *et al.*, 2005).

A vasta utilização de defensivos químicos no meio rural brasileiro tem gerado consequências que afetam tanto a saúde do trabalhador quanto o meio ambiente. Em geral, as principais causas desse cenário atual da agricultura são: pressão por parte da indústria e do comércio, uso incorreto dessas substâncias, falta de acompanhamento por profissionais especializados, falta de informações a respeito da saúde e segurança dos trabalhadores, alta toxicidade de alguns produtos e ausência de um sistema de vigilância eficiente (MONQUERO; INÁCIO; SILVA, 2009).

Em relação ao solo, a problemática do uso de agrotóxicos envolve principalmente os efeitos dessa forma de contaminação sobre alguns processos biológicos que tornam os nutrientes disponíveis no solo (RIBAS; MATSUMURA, 2009). O uso inadequado pode tornar as plantas tóxicas pelo excesso de metais pesados, além de causar um enorme impacto ambiental, devido ao fato de agricultores recorrerem cada vez mais à aplicação de maiores doses dessas substâncias em suas áreas de cultivo para enfrentar a resistência de alguns insetos-praga.

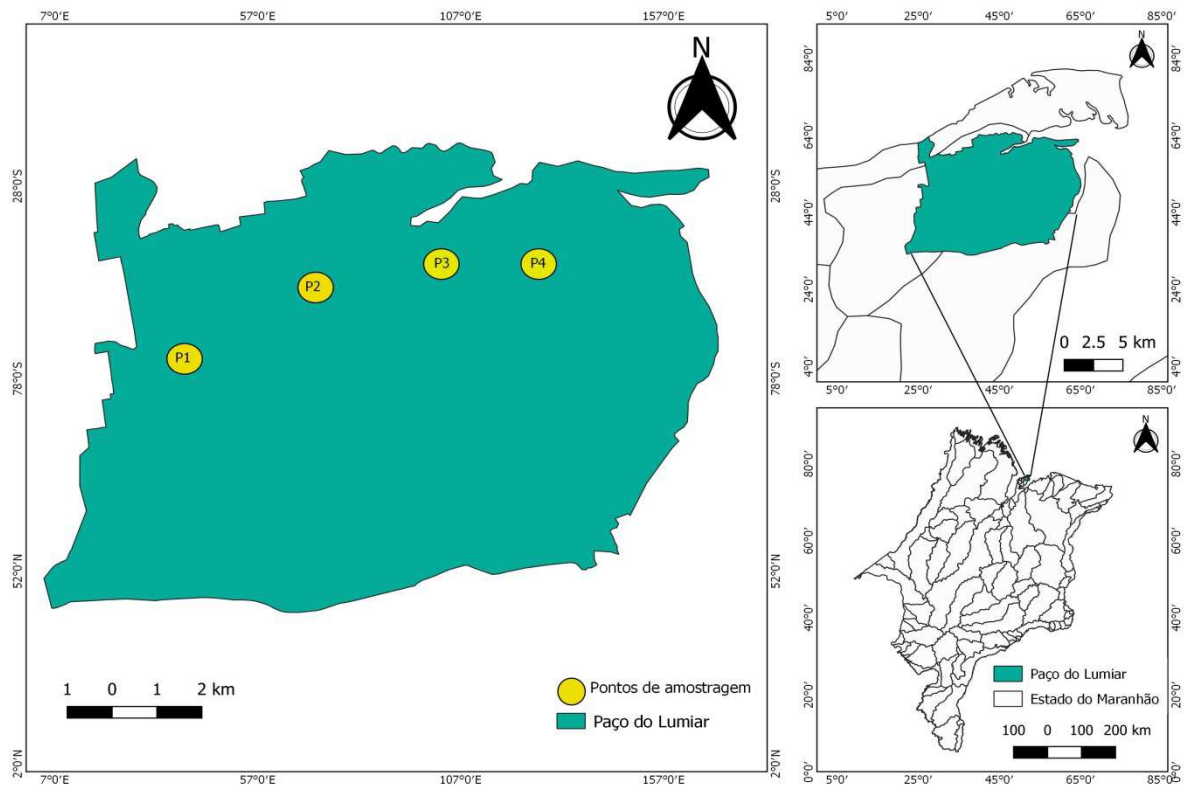
Este trabalho teve como objetivo realizar análises de solo de cultivo de hortaliças na comunidade de Pindoba, no município de Paço do Lumiar-MA, a fim de verificar, por meio de análise estatística multivariada, a possibilidade de impactos à qualidade do solo, às águas subterrâneas e à saúde humana, provocados pela utilização de agrotóxicos.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A comunidade rural Pindoba pertence ao município de Paço do Lumiar-MA, estando localizada a 02°30'01.60"S, 44°08'46.80"W (Figura 1). A prática da agricultura vem desde os primeiros habitantes daquele lugar e continua sendo atividade desenvolvida entre as famílias que lá residem para obtenção de renda. Os produtores da região plantam folhosas, tais como: alface, couve, coentro, cebolinha, vinagreira, salsa, agrião e algumas ervas medicinais, mas não recebem instruções de profissionais especializados, o que inviabiliza o manejo correto do solo. A área utilizada para plantio (Figura 2) possui 50 metros de largura por 150 metros de comprimento.

Figura 1 – Área de estudo e os pontos de coleta



Fonte: Autor (2017).

Figura 2 – Local de cultivo dos plantios.



Fonte: Autor (2017).

2.2 Metodologia aplicada

As amostras de solo foram coletadas no mês de fevereiro de 2017 em uma área de cultivo. Os quatro pontos (P1, P2, P3 e P4) foram escolhidos levando-se em consideração o plantio realizado. Coletaram-se amostras para diferentes fins, como análise granulométrica, matéria orgânica, determinação do pH e concentração de metais pesados.

A pipetagem foi o método utilizado para determinar a classificação textural das amostras. O procedimento iniciou-se com a secagem de 50 gramas da amostra por 24 horas em estufa a 70°. Após esse tempo adicionou-se 0,67 gramas do defloculante oxalato de sódio ($C_2Na_2O_4$), aguardou-se 24 horas para passar as amostras na peneira de 0,062 mm, e acrescentou-se água até completar 1000 mL de solução na proveta. Após o prazo de mais 24 horas iniciou-se a pipetagem de 20 mL da solução de cada amostra em quatro tempos diferentes; os tempos utilizados após a hora inicial foram: 3 minutos e 52 segundos; 14 minutos; e, 1 hora e 4 horas.

A determinação do teor de matéria orgânica nas amostras de solo foi realizada através do método da calcinação com utilização da mufla. Inicialmente foi anotado o peso dos cadinhos de porcelana sem material e depois foram adicionados 4 gramas de amostra de solo em cada um deles, após esse procedimento os cadinhos foram levados para a mufla a 600° por duas horas, após isso foram pesados novamente e os novos pesos foram anotados para a realização dos cálculos de matéria orgânica.

Para a análise de metais totais foram pesados cerca de 1,0 grama das amostras de solo, que foram colocados em tubos do sistema digestor, sendo a seguir adicionados 10 mL de uma solução concentrada de HNO_3 e 5 mL de $HClO_4$. Após duas horas de aquecimento numa temperatura de 150°, retirou-se o tubo do sistema digestor e após um breve resfriamento, adicionou-se 5 mL de H_2O_2 . Após a digestão, esperou-se o material esfriar e filtrou-se com papel filtro faixa preta, quantitativo, com porosidade nº 389, em funil de vidro. Após o líquido ser transferido para balões de 100 mL, completou-se o volume com água destilada, posteriormente o material foi transferido para frascos de polietileno. O material foi analisado no espectrofotômetro de absorção atômica (Hetach, modelo 28100). As análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Ceuma e no Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo.

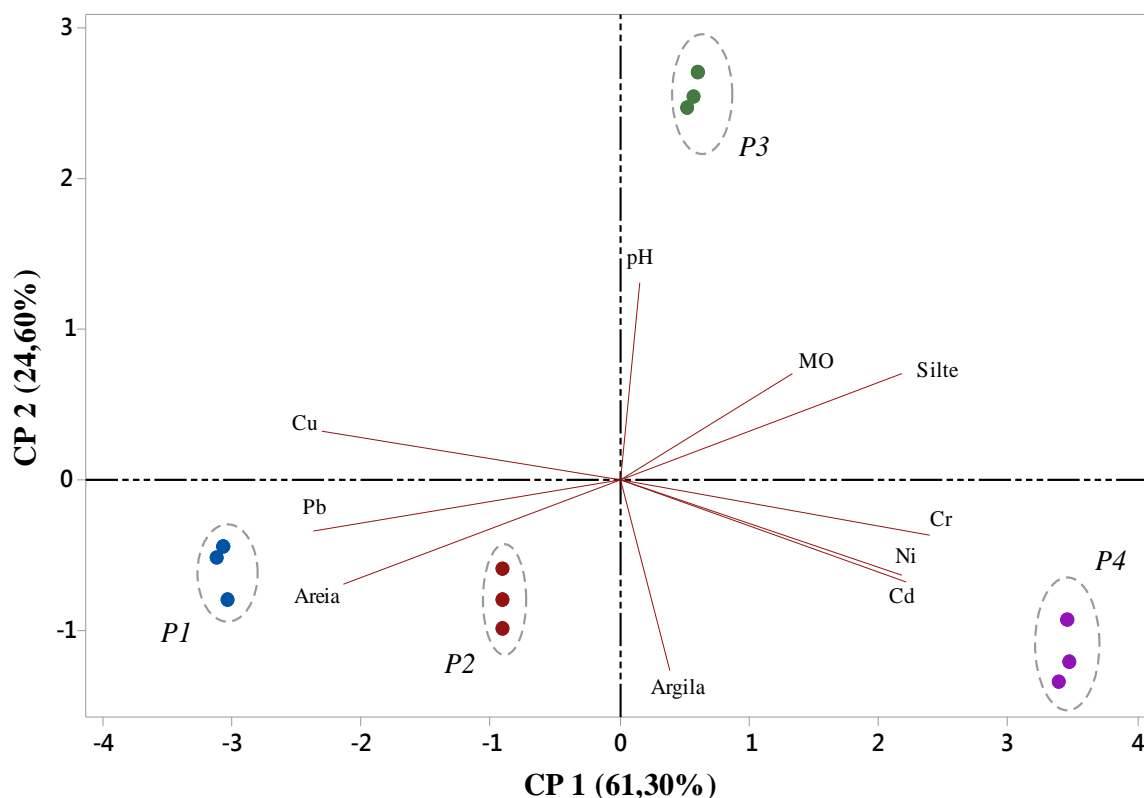
Para o procedimento de determinação do pH do solo em cloreto de cálcio ($CaCl_2$), pesou-se 10 gramas de cada amostra de solo e em seguida, foram adicionados 50 mL de $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1} , anotou-se os valores de pH no tempo inicial, após isso as amostras

permaneceram em repouso por 1 hora e após esse intervalo foi feita uma nova medida. Foram feitas ainda para as amostras, análises de pH em intervalos de 15, 30, 45 minutos e 1 hora, das quais utilizou-se a média para fins de comparação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para investigar possíveis correlações entre todas as variáveis estudadas e avaliar modelos estatísticos para a classificação dos pontos amostrados, foi utilizada a técnica de Análise de Componentes Principais (ACP). Inicialmente, uma avaliação das relações entre as dez variáveis relativas aos quatro pontos de amostragem foi realizada pelo ACP, com base em uma matriz de dados de correlação em que as variáveis foram padronizadas e atribuídas peso igual. Na Figura 2, é apresentada a análise de componentes principais das análises físico-químicas e granulométricas do solo em relação aos pontos analisados.

Figura 2 – Análise de componentes principais (ACP) para os parâmetros físico-químicos avaliados e os pontos de amostragem.



MO (Matéria Orgânica).

Fonte: Autor (2017).

Como mostra a Figura 2, as duas dimensões (eixos x e y) da ACP explicaram 85,90% da variância total dos parâmetros avaliados. Assim, pela Figura 2, temos que aos pontos P1 e P2 estão relacionados os maiores teores de areia e do metal chumbo, mas apresentaram níveis baixos para os demais metais (Cr, Ni e Cd); ao ponto P3 estão relacionados os maiores teores de silte, matéria orgânica e pH e os menores teores de zinco e areia; ao ponto P4, estão diretamente correlacionadas as concentrações de cromo, níquel e cádmio e, também, apresentam os níveis de chumbo e areia, baixos. Quanto ao elemento cobre, não houve correlação direta com nenhum dos pontos avaliados, ou seja, todos os dados observados foram iguais. A Tabela 1 apresenta os coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1, 2 e 3) para todas as variáveis em estudo.

Tabela 1 – Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1, 2 e 3) para os parâmetros físico-químicos.

Parâmetros	PC 1	PC 2	PC3
Matéria Orgânica	0,219039	0,283836	0,600142
pH	0,024579	0,533740	0,442916
Cádmio	0,355477	-0,258745	0,209683
Cromo	0,391871	-0,151868	-0,029260
Cobre	-0,374254	0,127854	0,268877
Níquel	0,360283	-0,276709	0,106411
Chumbo	-0,385441	-0,140938	0,173119
Areia	-0,348479	-0,285449	0,200937
Silte	0,357283	0,287024	-0,103156
Argila	0,062986	-0,517595	0,483970
Variância Total (%)	61,30	24,60	13,50
Variância Acumulada (%)	61,30	85,90	99,30

*Valores em negrito indicam os fatores significantes.

Fonte: Autores (2017).

De modo a avaliar as correlações entre todas as variáveis estudadas, a análise de componentes principais foi realizada. Da análise de componentes principais, pôde ser notado que a componente principal 1 (CP1) é a mais significativa em descrever o modelo estatístico, explicando 61,30% da variação total dos dados. Da Tabela 1, pode-se concluir que as concentrações de cádmio, cromo, cobre, níquel e chumbo e as porcentagens de areia e silte apresentaram os maiores coeficientes de correlação em relação aos pontos de amostragens selecionados, indicando as áreas que merecem atenção quanto à contaminação. Como forma de complementar, qualitativamente, a informação gerada pela análise de componentes principais, nas Tabelas 2 e 3, são apresentados, respectivamente, os dados das análises físico-químicas e granulométricas do solo, por meio da análise de variância (ANOVA).

Tabela 2 - Avaliação dos parâmetros físico-químicos do solo.

Pt.*	M.O. ^a	pH	Cd ^b	Cr ^b	Cu ^b	Ni ^b	Pb ^b
P1	3,23±0,01 ^a	5,80±0,10 ^{ac}	3,39±1E ^{-3a}	13,53±0,01 ^a	122,50±0,50 ^a	13,30±0,01 ^a	8,67±1E ^{-3a}
P2	3,95±0,02 ^b	6,16±0,15 ^{bc}	3,41±1E ^{-3b}	20,34±0,01 ^b	121,60±0,52 ^a	13,97±0,01 ^b	8,45±1E ^{-3b}
P3	4,01±0,01 ^c	6,50±0,10 ^b	3,40±1E ^{-3c}	21,40±0,01 ^c	100,53±0,50 ^b	13,62±0,01 ^c	7,44±1E ^{-3c}
P4	3,75±0,02 ^d	5,83±0,15 ^c	3,43±1E ^{-3d}	36,70±0,01 ^d	40,43±0,51 ^c	14,81±0,01 ^d	6,93±1E ^{-3d}

*Pt. (Pontos de amostragem). Valores em média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey (P < 0,05). M. O. (Matéria Orgânica). ^a

Valores expressos em %. ^b Valores expressos em mg Kg⁻¹.

Fonte: Autores (2017).

O solo estudado apresentou baixo teor de matéria orgânica (<5%) em todos os pontos. O ponto P1 apresentou a menor porcentagem (3,23%) e o ponto P3 a maior (4,01%), os pontos P2 e P4 apresentaram (3,95%) e (3,75%), respectivamente. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Silva (2007) em trabalho realizado na região de Mojó, localizada no mesmo município que a região da Pindoba. Teores de matéria orgânica inferiores aos apresentados neste trabalho foram verificados por Costa (2015) em solos arenosos, que apresentaram matéria orgânica entre 0,73 e 1,77%. A matéria orgânica possui a capacidade de complexar e promover a retenção e/ou degradação de moléculas orgânicas e metais, a fração humificada é responsável pelo efeito tampão e funciona como um absorvente (COSTA et al., 2004). A quantidade de matéria orgânica presente no solo determina o índice de sorção dos agrotóxicos, solos com maiores teores de matéria orgânica têm maior quantidade de agrotóxicos sorvida (LIMA; SOUZA; FIGUEIREDO, 2007).

Quanto ao pH, os pontos P1, P2, P3, e P4 variaram de 5,80 a 6,50; estes resultados foram superiores aos encontrados em trabalho realizado por Costa (2015), no qual o pH variou de 3,55 a 4,74 e aos encontrados por Lima, Souza e Figueiredo (2007), que apresentaram variação de 4,28 a 5,20. Estes resultados apontam que apesar de o solo da região estudada ser arenoso, foram encontrados valores de pH considerados bons, visto que Braga (2005) afirma que solos com pH inferior a 5,5 reduzem a disponibilidade do nutriente fósforo para as plantas, e solos com pH superior a 6,5 reduzem a disponibilidade dos nutrientes Zn, Cu, Fe, Mn, B.

Os metais pesados ocorrem no solo de forma natural, sendo o teor de cada metal dependente do material origem. Os agrotóxicos são constituídos por alguns metais pesados não biodegradáveis e podem apresentar alta toxicidade. O cádmio apresentou, para todos os pontos, valores acima do limite permitido pela CONAMA 420/2009 (3,00 mg kg⁻¹). Nos seres humanos, o cádmio possui alta capacidade de se acumular no fígado, rins e ossos (PIZZAIA, 2013). O cádmio é quase sempre encontrado associado ao Zn, Pb e minério de Cu (PIZZAIA,

2013), além de presente em muitos fertilizantes químicos. No que tange aos teores de cobre, os pontos P1, P2, e P3 ultrapassaram o limite de prevenção. O P1 se apresentou abaixo do limite de prevenção. Os valores de cromo, níquel e chumbo apresentaram-se abaixo do limite de prevenção para todos os pontos analisados. A capacidade de troca catiônica (CTC) é responsável por uma grande quantidade de elementos retidos pelo solo. Sendo assim, quanto maior a CTC de um solo, maior a quantidade de elementos retidos, como chumbo e cromo, por exemplo, não sendo estes metais liberados para as plantas e corpos hídricos subterrâneos (SOUZA, 2016). Devido aos baixos percentuais de argila encontrados nas amostras de solo, este pode ser caracterizado com grande probabilidade de disponibilizar elementos tóxicos para o ambiente, fato este que pode acabar por gerar impactos também sobre a saúde humana.

Tabela 3 - Avaliação dos parâmetros granulométricos do solo.

Pt.*	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
P1	79,19±0,01 ^a	15,10±0,010 ^a	5,74±0,01 ^a
P2	78,50±0,50 ^b	17,38±0,010 ^b	5,93±0,01 ^b
P3	68,04±0,01 ^c	26,34±0,005 ^c	5,64±0,01 ^c
P4	67,79±0,01 ^c	26,38±0,015 ^d	5,86±0,01 ^d

*Pt. (Pontos de amostragem). Valores em média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey (P < 0,05).

Fonte: Autores (2017).

Foi demonstrado pela análise granulométrica das amostras de solo coletadas que as porcentagens de areia predominaram, provavelmente em função das características do solo da região somadas ao desmatamento da área, tornando os solos mais vulneráveis à erosão. O gráfico mostra ainda que o ponto P1 apresentou a maior porcentagem de areia (79,19 %), enquanto a menor porcentagem foi apresentada pelo ponto P4 (67,79 %). A maior porcentagem de argila ocorreu no ponto P2 (5,93 %) e a menor no P3 (5,64 %). A fração silte apresentou maior percentual no ponto P4 (26,38 %) e o menor percentual no ponto P1 (15,10 %). Em trabalho realizado por Santos (2009) foram encontrados resultados com porcentagens de areia não superiores a (63%), já para as frações silte (5 %) e argila (32 %) as porcentagens obtidas, diferentes das encontradas no nosso trabalho. Já no trabalho de Costa (2015), verificou-se porcentagens de areia acima de (89%), para a fração silte (8,5%) e para argila (2,3%). Os resultados demonstraram uma variação granulométrica espacial e temporal na composição do solo. Foi nítida a classificação do solo como sendo areia média à fina à siltosa à argilosa. Para Silva et al. (2017), as maiores porcentagens da fração areia em amostras de solos são justificadas pelas características da região. A textura identificada no solo da área de estudo mostra que ele é bastante poroso, o que reduz o seu potencial para evitar que resíduos

de agrotóxicos percolem pelo seu perfil. Entretanto, outras características do ambiente edáfico precisam ser analisadas para determinar a sua capacidade de retenção de contaminantes.

4 CONCLUSÃO

Com base nos parâmetros dos solos analisados, é possível identificar a partir das características que foram determinadas que o solo da região é bastante vulnerável aos impactos provenientes do uso excessivo de agrotóxicos. Os resultados dos parâmetros textura e matéria orgânica apontaram para o baixo potencial do solo em reter contaminantes de natureza orgânica.

Os valores de pH encontrados não se apresentaram como limitantes ao bom desenvolvimento dos cultivos. Apesar da sua forte influência sobre o processo de degradação de agrotóxicos, a relação entre o valor de pH e o índice de degradação, é melhor feita quando se compara o pH do solo com o pH dos elementos contidos nestes produtos.

A partir dos teores de metais pesados encontrados, especificamente, do cromo, uma vez que os teores para este metal ultrapassaram os limites de intervenção descritos pela Resolução CONAMA 420/2009 merece atenção em estudos futuros da área.

Mesmo o solo apresentando potencial para disponibilizar contaminantes para as plantas e para o lençol freático, o que indica possíveis riscos à saúde humana; para que a contaminação ocorra, devem ser considerados outros fatores tais como comportamento do agrotóxico no solo e condições climáticas.

REFERÊNCIAS

COSTA, C. N. *et al.* Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2 ed. Porto Alegre, 2004. 290p.

COSTA, D. G. **Caracterização de solos tropicais com diferentes texturas para estudos de volatilização do herbicida 2,4-D**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2015.

GASPAR, S. M. F. S.; NUNES, G. S.; PINHEIRO, C. U.; AMARANTE JÚNIOR, O. P. Avaliação de Risco de Pesticidas Aplicados no Município de Arari, Maranhão, Brasil: Base para Programa de Controle Ambiental do Rio Mearim. **Pesticidas: r.ecotoxicol. e meio ambiente**, v. 15, p. 43-54, 2005.

LIMA, L. M.; SOUZA, E. L.; FIGUEIREDO, R. O. Retenção do dimetoato e sua relação com pH e teores de argila e matéria orgânica nos sedimentos da zona não saturada de uma microbacia no nordeste paraense. **Acta Amazônica**, v. 37, n.2, p.187-194, 2007.

MONQUERO, P. A.; INÁCIO, E. M.; SILVA, A. C. Levantamento de agrotóxicos e utilização de equipamento de proteção individual entre os agricultores da região de Araras. **Arq. Inst. Biol.**, v. 76, n. 1, p.135-139, 2009.

PEREIRA, D. C. A. Resíduos de agrotóxicos e metais pesados em água para consumo humano em Centro Novo-MA. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 6, n.1, p. 37-40, 2012.

PEREIRA, J. A.; JESUS, J. F. V.; SILVA, N. C. O uso de agrotóxicos pelos agricultores da comunidade Baixa do Juá, Santana de Mangueira-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n.2, p. 126-131, 2015.

PIZZAIA, D. **Genotoxicidade do cádmio em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, 2013.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

RIGOTTO, R. **Agrotóxicos**. A herança maldita do agronegócio. Entrevista com Raquel Rigotto. Instituto Humanitas Unisinos, 2011. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/40889-agrotoxicos-a-heranca-maldita-do-agronegocio-entrevista-com-raquel-rigotto>>. Acesso em: 24 abr 2017.

ROCHA, C. G. S.; SOUZA, G. C.; SANTIAGO, A. C. B. Percepções sobre os riscos dos agrotóxicos de agricultoras familiares de municípios da Transamazônica, Pará. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p., 2016.

SANTOS, J.S. **Remediação de solos contaminados com agrotóxicos pelo tratamento com radiação gama**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2009.

SILVA, L. G. **Utilização agroecológica de fibra de coco (*Coccus nucifera* L.) verde para melhoria da produção de alface (*Lactuca sativa* L.)** 2007. Dissertação (Mestrado em Agroecologia), Universidade Estadual do Maranhão, 2007.

SILVA, M. R. C.; SILVA, L. V.; BARRETO, L. N.; RODRIGUES, E. H. C.; MIRANDA, R. C. M.; BEZERRA, D. S.; PEREIRA, D. C. A. Qualidade da água da bacia do rio Pindaré, nos trechos correspondentes aos municípios de Pindaré-Mirim, Tufilândia e Alto Alegre no estado do Maranhão. **Revista Águas Subterrâneas**, v.31, n.4, p.347-354, 2017.

SOUZA, M. C.; OLIVEIRA, P. N.; AMARAL, J. S.; VALE, M. A. S. Uso de agrotóxicos entre os pequenos produtores de hortaliças do bairro Conceição do município de Santa Inês-MA. In: **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação-CONNEPI**, 7, 2012, Palmas, TO. Anais (on-line). CONNEPI, 2012.

SOUZA, V. **Avaliação da contaminação do solo por metais tóxicos (cádmio, cromo, chumbo e alumínio) em estandes de tiro no estado do Paraná/Brasil**. 2016. Tese (Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento), Centro Universitário UNIVATES, 2016.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

CASTRO, T. M; FIRMO, W. C. A; SILVA, F. M. A. M; SILVA, D. F; SILVA, M. R. C. Vulnerabilidade do Solo em Área Agrícola à Contaminação por Agrotóxicos. **Rev. FSA**, Teresina, v.17, n. 1, art. 11, p. 217-229, jan. 2020.

Contribuição dos Autores	T. M. Castro	W. C. A. Firmo	F. M. A. M. Silva	D. F. Silva	M. R. C. Silva
1) concepção e planejamento.	X				X
2) análise e interpretação dos dados.			X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.		X	X		X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X	X