

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO ALTERADOS PELA CONTAMINAÇÃO DE GASOLINA E ÓLEO DIESEL

DOI: 10.19177/rgsa.v9e1202067-78

Ilton Agostini Júnior¹
Gabriela Salami²
Mari Lucia Campos³
David José Miquelluti⁴
Diego Fernando Roters⁵
Luiz Paulo Rauber⁶
Suziana Mannrich⁷

RESUMO

O transporte de derivados de petróleo gera preocupações quanto à potencialidade de contaminação ambiental. A pesquisa indicou teores de Ca, Mg, Al, H+Al, K, P, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr fenóis, óleos e graxas totais, óleos minerais, BTEX e HPA, pH em água, Matéria Orgânica, Argila, em Cambissolo Háplico sob efeito de contaminação por gasolina e óleo diesel, em Capão Alto, SC. A coleta de solo ocorreu em 32 pontos em área contaminada e 28 pontos em área sem contaminação, em profundidade de 0-20 cm. Para análise estatística foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis na comparação entre as áreas, sendo que houve diferença estatística ($p < 0,05$) para as variáveis: Ca, Mg, K, Zn, Cr, Cu, fenóis, óleos e graxas totais, óleos minerais e BTEX na área contaminada. Esta diferença não pode ser atribuída apenas ao efeito do contaminante no solo, sendo que o método de determinação utilizado quantificou apenas os teores disponíveis.

Palavras-Chave: Alteração do solo. Hidrocarbonetos. Propriedades do solo.

¹ Doutor em Ciência do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestre em Manejo de Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Especialista em Gestão Ambiental pela faculdade Capivari. Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade do Planalto Catarinense.

<https://orcid.org/0000-0001-7494-0773>. E-mail: iltonpma@hotmail.com

² Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail: gabriela.salami@ufersa.br

³ Agroôma pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Mestrado em Manejo do Solo pela Universidade do Estado de Santa Catarina. Doutorado em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras. Atualmente é professor titular do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Professor do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da UDESC. E-mail: a2mlc@cav.udesc.br

⁴ Agrônomo pela Universidade Federal de Santa Maria e doutorado em Agronomia, área de concentração em Estatística e Experimentação Agronômica, pela Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de São Paulo. Atualmente é professor titular da Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: a2djm@cav.udesc.br

⁵ Departamento de Solos - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. UDESC. E-mail: diegoroters@gmail.com

⁶ Universidade do Oeste de Santa Catarina. E-mail: luiz.rauber@unoesc.edu.br

⁷ Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária - UDESC/CAV. E-mail: suzi_anamannrich@hotmail.com

SOIL CHEMICAL PROPERTIES CHANGED BY CONTAMINATION OF GASOLINE AND DIESEL OIL

ABSTRACT

The transportation of petroleum products raises concerns about the potential for environmental contamination. The results of the present study were: Ca, Mg, Al, H + Al, K, P, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr phenols, total oils and greases, mineral oils, BTEX and HPA, pH in water, organic matter, Clay, in Cambissolo Haplico under effect of contamination by gasoline and diesel oil, in Capão Alto, SC. Soil collection occurred in 32 points in contaminated area and 28 points in an area without contamination, in depth of 0-20 cm. For statistical analysis, the Kruskal-Wallis test was used in the comparison between the areas, and there was a statistical difference, for Ca, Mg, K, Zn, Cr, Cu, phenols, oils, greases mineral oils, BTEX in the contaminated area. This difference can't be attributed solely to the effect of the contaminant on the soil, and the method of determination used only quantified the available levels.

Keywords: Alteration of soil. Hydrocarbons. Soil properties.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao aumento na demanda de exploração de petróleo e seus derivados, acidentes envolvendo contaminação do ambiente por hidrocarbonetos de petróleo tornaram-se frequentes (HUTCHINSON et al., 2001). Situação essa, agravada pelo fato do petróleo ser uma mistura complexa de vários compostos, predominantemente hidrocarbonetos, o que dificulta a recuperação de áreas contaminadas por esses compostos (ANDRADE et al., 2010).

A poluição do solo ocorre pela introdução de elementos ou substâncias que possam afetar a atividade dos componentes bióticos, comprometendo a funcionalidade e sustentabilidade (ANDRADE et al., 2009). O solo possui grande capacidade de retenção de metais pesados, ocorrendo a alteração das propriedades do solo, reduzindo a disponibilidade de água e nutrientes (OLIVEIRA et al., 2010).

Segundo Cotta et al. (2009), os hidrocarbonetos lançados ao meio ambiente estão sujeitos a reações bióticas e abióticas no solo e na água subterrânea. Estes processos atuam juntos com uma taxa de transformação relacionada com a composição química do combustível e fatores ambientais locais, incluindo temperatura, umidade do solo, conteúdo de nutrientes e oxigênio.

Diante do exposto, fica evidenciada a importância de estudos na área, a fim de avaliar a interferência nos atributos químicos de solo sob a contaminação de

petróleo e derivados, fornecendo subsídios às técnicas de remediação no local. O objetivo deste estudo foi analisar as alterações nos atributos químicos de um Cambissolo Háplico sob o efeito de contaminação por gasolina e óleo diesel e comparar com solos que não sofreram contaminação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área está situada na localidade de Laranjeira, interior do Município de Capão Alto – SC, coordenadas UTM 22J 538257/6911589. O solo na área foi classificado como Cambissolo Háplico (SANTOS et al., 2013) e o clima como sendo mesotérmico úmido (Cfb) de acordo com a classificação de Köppen, com precipitação média anual bem distribuída ao longo do ano e geadas severas no inverno (PANDOLFO, 2002).

A área sofreu contaminação por óleo diesel e gasolina em 2009, decorrente de um acidente rodoviário em que houve o tombamento de um caminhão tanque compartimentado, ocasionando o vazamento de aproximadamente 10 m³ de óleo diesel e 5 m³ de gasolina em uma área de 250 m², a qual era utilizada para pastoreio de gado.

As amostras de solo foram coletadas em duas áreas, uma com vegetação nativa sem contaminação (AT) e outra contaminada (AC). Ambas as áreas apresentam histórico de manejo semelhante e a mesma classe de solo, um Cambissolo Háplico de textura média, que apresenta menos de 15% de mosqueados pequenos indicativos de processo de oxirredução abaixo de 25 cm de profundidade, e com mais de 100 cm de profundidade efetiva.

Em abril de 2011 as amostras foram coletadas com o auxílio do trado holandês em sistema de grade com pontos equidistando a cada 5m, sendo coletado amostras de solo em 32 pontos na AC e 28 pontos na AT, todos em profundidade de 0-20 cm, totalizando 60 amostras.

As amostras foram secas em estufa a 60° C, destorroadas, moídas e peneiradas a 2,0 mm. As análises de pH em água, K, Ca, Mg, Al trocável, acidez potencial (H+Al), Matéria Orgânica, P extraível, Cu, Zn, Cd, Cr e Ni foram realizadas conforme metodologias descritas por Tedesco et al., (1995). A determinação da Argila foi realizada com base na metodologia descrita em Embrapa (1997). Para constatar a efetiva presença e quantidade dos contaminantes, foram coletadas, apenas na AC, duas amostras compostas em quatro pontos e determinados os

teores de fenóis, óleos e graxas totais e óleos minerais por destilação/fotometria, BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno) e os HPA (Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), por Cromatografia a gás, os quais foram realizados pela empresa Umwelt Biotecnologia Ambiental em Blumenau-SC, seguindo a metodologia citada por Apha (2005).

As análises dos resultados foram efetuadas em duas etapas, primeira uma descrição geral dos dados com o objetivo de identificar tendências e pontos discrepantes e posteriormente, a utilização de gráficos para estudar o comportamento das variáveis, considerando a posição das amostras obtidas. A seguir foram efetuadas comparações entre as áreas, para as variáveis estudadas, utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis, adotando-se um nível mínimo de significância de 5 %. Todas as análises foram conduzidas usando-se o software R (R Development Core Team, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Ca e Mg apresentaram diferença entre as áreas ($p < 0,05$) (Tabela 1), conforme CQFS (2016) os elementos podem ser classificados como alto teor na AC e AT. Os elevados teores apresentados por esses elementos estão relacionados à condição de ambiente reduzido, caracterizado pela má drenagem, onde disponibiliza os nutrientes em maior quantidade, constatando que nos pontos com maiores teores de Ca e Mg encontra-se os valores mais elevados de pH em água (Figura 1). O Ca, Mg e K embora não estejam envolvidos diretamente nas reações de oxirredução, que acontece em ambientes alagados, também tem seus teores alterados, pois são deslocados dos sítios de troca pelo Fe^{2+} e Mn^{2+} (CQFS, 2016). Em média os maiores teores de Ca e Mg foram encontrados na área AC (Figura 2).

Quanto aos teores de K, houve diferença ($p < 0,05$) entre as áreas (Tabela 1). Os teores médios de K encontrados na AC e AT, são classificados como muito baixos segundo critérios da CQFS (2016). Para ambas as áreas o teor de K foi menor que 30 Cmolc kg^{-1} . A AC apresentou os maiores teores de K (Figura 2).

Os teores de Zn e Cr apresentaram diferença entre as duas áreas ($p < 0,05$) (Tabela 1). Os teores de Zn em ambas as áreas são considerados alto conforme a CQFS (2016). A AC apresentou teor de Zn 3,5 vezes superior à AT (Tabela 1). Os teores de Cr na AC são quase seis vezes maiores que na AT (Tabela 1), porém

trata-se de teores extremamente baixos. A distribuição espacial dos valores de Cr e Zn (Figura 2) pode indicar que a fonte seja o óleo diesel e gasolina. Os valores de Zn e Cr já eram esperados, uma vez que os referidos elementos são constituintes do petróleo e derivados, entretanto, é possível que os resultados estejam subestimados, uma vez que, o método utilizado para extração quantifica apenas a parte disponível, o que reflete em média apenas 10 a 15 % do teor total (PELOZATO et al., 2011) e a matéria orgânica do solo é responsável pela formação de complexos orgânico com Fe, Mn, Cu e Zn (STEVENSON; ARDAKANI, 1972) e com Cr podendo diminuir a solubilidade desses elementos.

Os teores de Cu apresentaram diferença entre as áreas ($p < 0,05$) (Tabela 1) sendo que AC e AT possuem alto teor Cu segundo a CQFS (2016) (Figura 2). Estes teores elevados podem ser explicados considerando que solos suscetíveis a inundações, como neste estudo, observa-se o aumento do conteúdo de eletrólitos na solução do solo, conduzindo à liberação de cátions presentes nos sítios de troca da matriz coloidal como o K, o NH_4^+ , o Zn e o Cu, aumentando sua concentração no meio (KRÜGER et al., 2008). Associados às alterações do E_H , verificam-se aumentos no pH de solos ácidos devido à sua redução, enquanto que em solos alcalinos, observa-se o decréscimo do pH devido à acumulação mais intensa de CO_2 , fazendo com que a maioria dos solos inundados se encontrem em valores próximos à neutralidade (KRÜGER et al., 2008).

Foi possível detectar na AC teores de fenóis, óleos e graxas totais, óleos minerais, BTEX, exceto os HPA (Tabela 1), no transcorrer de dois anos do derrame de combustível.

Esse resultado pode estar relacionado à forte tendência de sorção desses poluentes orgânicos ao solo e a baixa solubilidade na fase aquosa. Para compostos apolares manterem-se na fase aquosa do solo é necessária a ação de um solvente para solubilizá-los, ou que as moléculas de água rompam as ligações de hidrogênio entre si. Para romper as ligações é necessária uma elevada quantidade de energia, os HPA são adsorvidos nas partículas sólidas do solo, pois apresentam baixa solubilidade aquosa e alta hidrofobicidade (COTTA et al., 2009).

Com o tempo de contato, as associações entre os contaminantes, água no solo e microrganismos estão fortemente associados, num processo denominado envelhecimento (ANDRADE et al., 2010). Assim, é possível que a determinação dos HPA na AC esteja subestimada, uma vez que eles possuem forte sorção pela

matéria orgânica do solo e pela superfície mineral, este fato pode ter dificultado a extração dos HPA pelo método utilizado.

Os efeitos da contaminação variam de acordo com o tipo e a quantidade de óleo, a época do ano, o tipo de solo, a idade e espécie vegetal (CAVALCANTE et al., 2008). O contaminante absorvido pelas plantas (OLIVEIRA et al., 2010), além de alterar as propriedades do solo (ANDRADE et al., 2010).

O pH em água não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre AC e AT, onde o valor determinado de pH é considerado médio (5,5 - 6,0) segundo a CQFS (2016). Em ambiente alagado as cargas negativas presentes na fase sólida do solo são ocupadas pelo íon H^+ diminuindo sua concentração na solução e consequentemente aumentando o pH do solo e disponibilidade das bases (Ca, Mg e K), mesmo não apresentando diferença estatística entre as médias na AC e AT nota-se uma distribuição espacial diferente nas áreas.

Os pontos amostrados que apresentam círculos com diâmetros maiores e mais escuros obteve-se pH mais elevado em relação aos outros. Na AC, os valores mais elevados de pH estão concentrados próximo ao curso d'água e em lugares onde o lençol freático é mais superficial, esta tendência encontra-se também na AT.

Não foram observadas diferenças ($p > 0,05$) nos teores de Al trocável e H+Al os quais representam a acidez ativa e acidez potencial respectivamente (Quadro 1). A baixa concentração de Al trocável em ambas as áreas esta associado ao valor do pH acima de 5,5 no qual o Al precipita.

Os pontos amostrados que apresentam maiores quantidades de Al estão distribuídos na AC e AT conforme figura 1, dessa maneira, pode-se fazer um comparativo com a distribuição dos valores de pH em água e visualizar que nos pontos de pH menor, existe maior disponibilidade do Al, ou seja, em solos com pH abaixo de 5,5 o Al fica mais disponível.

Os teores de Matéria Orgânica não apresentaram diferença estatística entre AC e AT ($p > 0,05$) sendo referenciados como teores médios conforme a CQFS (2016), que estabelece o limite entre 2,6-5,0 g Kg^{-1} como indicadores da respectiva variável (Quadro1). A semelhança das duas áreas, no que tange o manejo, histórico de uso e características ambientais são os principais fatores para ausência de diferença estatística. A figura 1 apresenta a distribuição espacial dos teores de matéria orgânica e essa não reflete a presença do contaminante.

Não há diferença nos teores de argila entre as áreas ($p>0,05$) (Tabela 1), pois ambas são oriundas de solo autóctones, ou seja, solo desenvolvido de material de origem proveniente das rochas imediatamente subjacentes.

O P não apresentou diferença entre as áreas ($p>0,05$) (Tabela 1). Segundo a CQFS (2016), que leva em consideração o teor de argila presente no solo para interpretar os valores de P, a AC possui alto teor de P, já a AT possui teores médios. Os teores encontrados de P pode ser explicado pela característica do local, ou seja, com pontos alagadiços isolados e com pH em água maior que 5,5 o que promove o aumento da disponibilidade de nutrientes como o P (TISDALE et al., 1995).

Em ambientes sazonalmente alagados, existe uma alternância nas condições de oxidação e redução, a qual determina modificações intensas na fase sólida mineral do solo e na dinâmica de elementos altamente reativos como o fósforo. O fósforo, em função da adsorção específica na superfície dos óxidos, tem sua dinâmica bastante alterada, podendo ser liberado para a solução do solo na medida em que há redução do Fe (VAHL, 1999), o que resulta em diminuição dos sítios de adsorção de P e aumento na solução do solo (maior disponibilidade).

Os teores de Cd e Ni não apresentaram diferença entre as áreas ($p>0,05$) (Tabela 1), mesmo o Cd apresentando distribuição espacial dos pontos amostrados na AC e AT com círculos maiores e mais escuros, os valores determinados são baixos, pois os círculos são diretamente proporcionais aos valores encontrados (Figura 1).

Apesar de o Ni ser um constituinte do petróleo, mesmo em baixa concentração, não houve diferença estatística entre AC e AT, porém conforme a tabela 1 é possível visualizar uma concentração quase duas vezes maior desse elemento na AC em relação à AT. Na distribuição espacial dos pontos amostrados na AC, nota-se um padrão seguido de quantidades mais elevadas de Ni em relação a outros pontos amostrados, esse padrão pode ser devido ao acúmulo de combustível naquele local e, conseqüentemente maior interferência. Os baixos valores podem ser explicados pelo fato da Matéria Orgânica complexar alguns metais como o Ni, sendo assim, há possibilidade do método de extração utilizado (Mehlich 1) não ser o mais indicado para este tipo de estudo.

Tabela 1 - Comparação entre variáveis químicas determinadas em AC e AT, utilizando Kruskal-Wallis, e teores de Fenóis, Óleos e Graxas totais, Óleos Minerais, BTEX e HPA em AC.

Variáveis	Área Contaminada (AC)	Área Testemunha (AT)
pH água	5,75 ^{ns}	5,65
----- Cmolc kg ⁻¹ -----		
Ca	18,24 *	13,75
Mg	11,32 *	6,7
K	0,30 *	0,21
Al ⁺³	0,19 ^{ns}	0,13
H+Al	5,73 ^{ns}	4,51
----- % -----		
Matéria Orgânica	3,52 ^{ns}	4,36
Argila	25,03 ^{ns}	23,42
----- mg kg ⁻¹ -----		
P	12,23 ^{ns}	8,48
Zn	7,91 *	2,28
Cd	0,14 ^{ns}	0,14
Cr	0,52 *	0,09
Cu	14,75 *	10,73
Ni	1,26 ^{ns}	0,81
----- mg L ⁻¹ -----		
Fenóis	2,32	-
Óleos e graxas totais	854	-
Óleos Minerais	737	-
----- µg L ⁻¹ -----		
BTEX ⁽¹⁾	8,4	-
HPA ⁽²⁾	<0,1	-

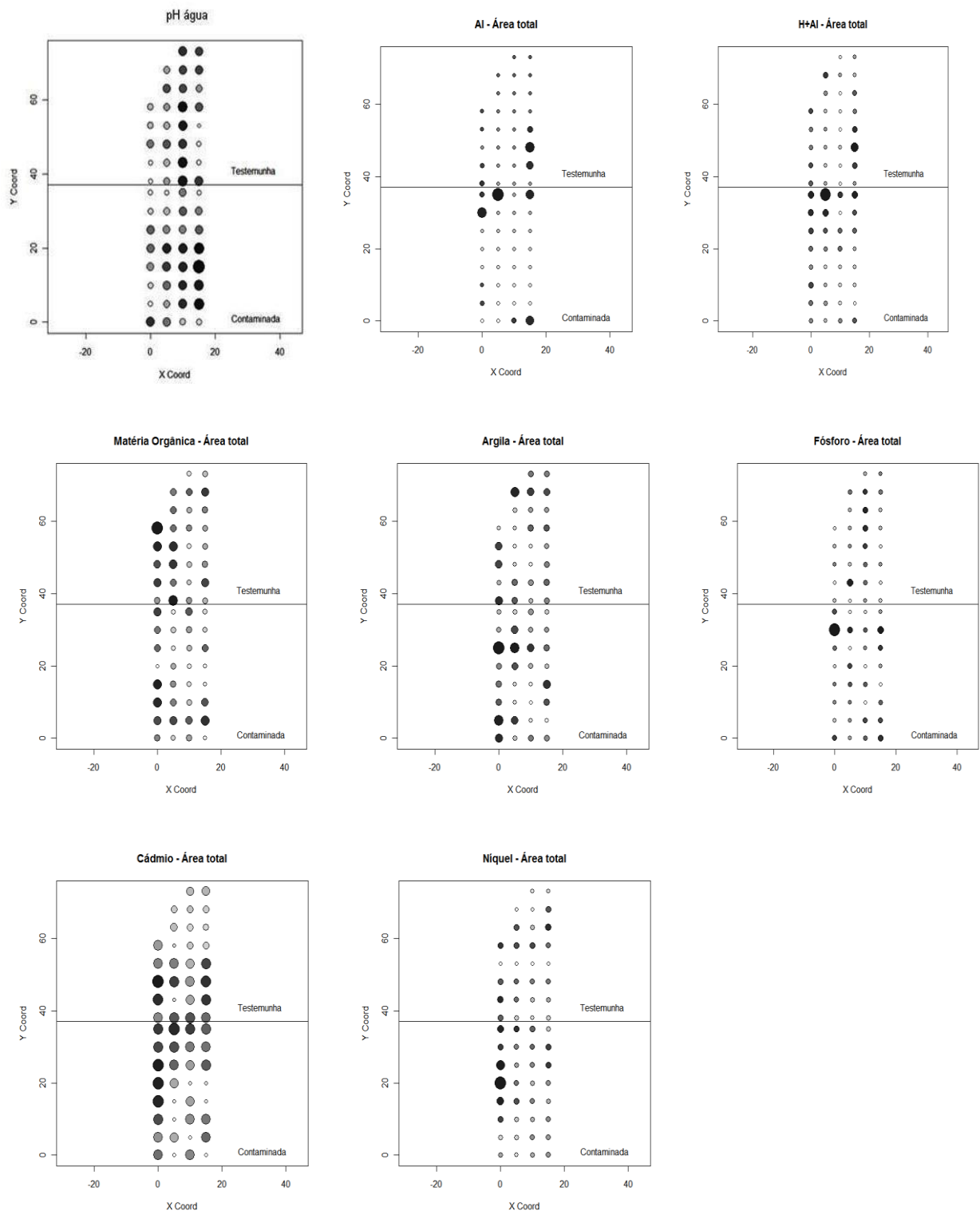
Fonte: dos autores

* Significativo a 5 %; e ^{ns}: Não significativo.

⁽¹⁾ Compostos: Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno

⁽²⁾ HPA: Ausentes para o limite mínimo de 0,1 µg L⁻¹. Compostos: Pireno, Naftaleno, Indeno (1,2,3,cd) Pireno, Acenafteno, Acenaftileno, Antraceno, Benzeno, Benzo (a) Antraceno, Benzo (a) Pireno, Benzo (b) Fluoranteno, Benzo (g,h,i) Perileno, Benzo(k) Fluoranteno, Criseno, Dibenz(a,h) Antraceno, Fenantreno, Fluoranteno, Fluoreno.

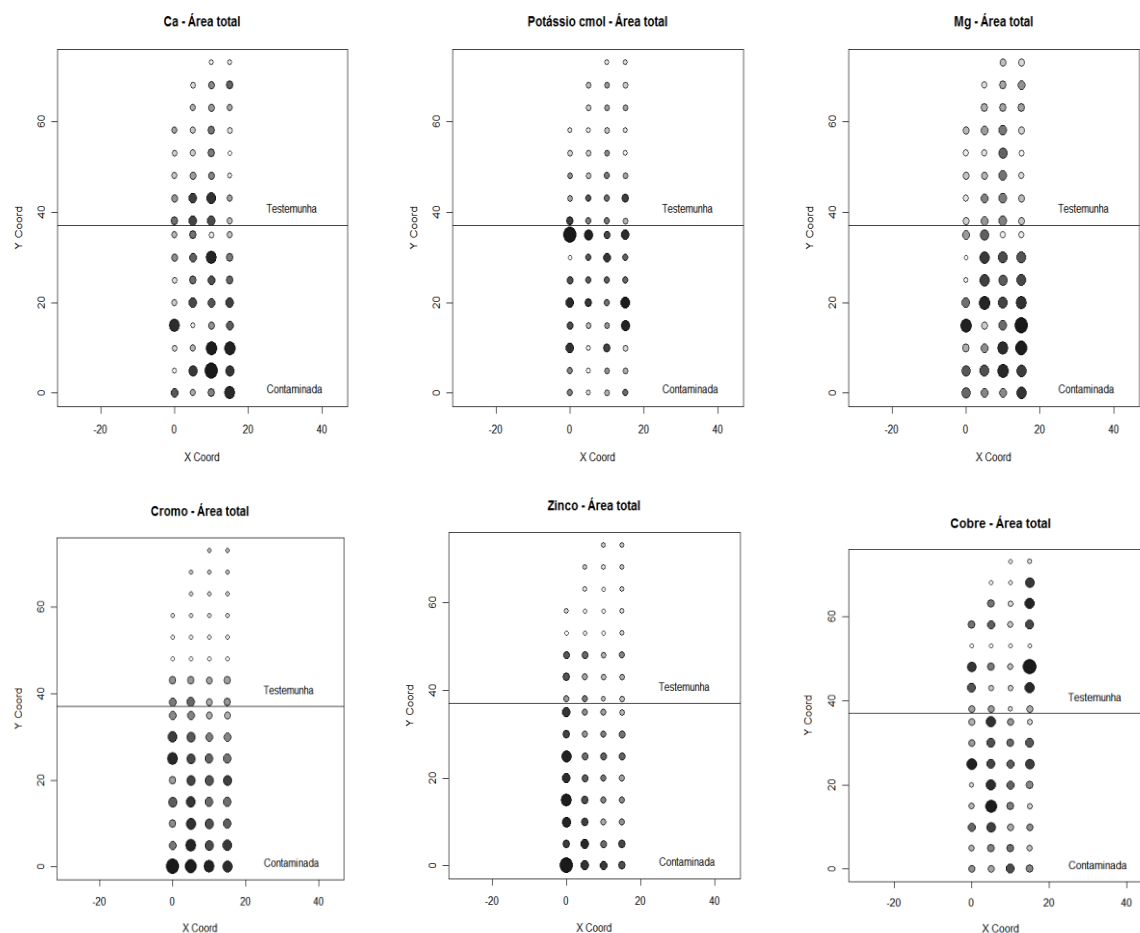
Figura 1 - Distribuição espacial dos valores em cada ponto amostrado para as áreas AC e AT que não apresentaram diferença estatística na profundidade de 0-20 cm.



Fonte: dos autores

*O tamanho dos círculos é diretamente proporcional aos valores das variáveis analisadas. As coordenadas X e Y correspondem aos pontos de coleta que distam entre si em 5 m.

Figura 2 - Distribuição espacial dos valores em cada ponto amostrado para as áreas AC e AT que apresentaram diferença estatística na profundidade de 0-20 cm.



Fonte: dos autores

*O tamanho dos círculos é diretamente proporcional aos valores das variáveis analisadas. As coordenadas X e Y correspondem aos pontos de coleta que distam entre si em 5 m.

4 CONCLUSÃO

É possível afirmar que o passivo ambiental está presente na camada 0-20 cm da AC, onde foi possível detectar depois de dois anos da contaminação, teores de fenóis, óleos e graxas totais, óleos minerais e BTEX. Assim como, houve diferença estatística entre AC e AT ($p < 0,05$) para as variáveis Ca, Mg, K, Zn, Cr e Cu.

Considerando, entre outros, o fato do contaminante orgânico ser forçado a deslocar-se para regiões mais hidrofóbicas do solo (fração mineral e matéria orgânica), na ausência de solvente orgânico, além de estar em processo de envelhecimento no solo, é possível que os valores determinados de metais não representem a real interferência do contaminante no local estudado, pois o método de extração utilizado determinada apenas teores disponíveis. Desta maneira,

recomendando-se que para estudos semelhantes seja determinado teores totais, a fim de, quantificar também a porção não trocável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. **Eclética Química**, 2010; 35(3): 17-43.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION: Standart Methods Examination of Water and Wastewater, Washington D. C., **American Water Works Association**, 21th Edition, 2005.

CAVALCANTE, R. M.; LIMA, D. M.; CORREIA, L. M.; NASCIMENTO, R. F.; SILVEIRA, E. R.; FREIRE, G. S. S. Contaminação de ambientes aquáticos por agrotóxicos urbanos. **Química Nova**, 2008; 31(6): 1371-1377.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Manual de Adubação e Calagem para o Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2 ed. Porto Alegre, RS, 2016.



COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; LANDGRAF, M. D. **Química Nova**, 2009, 32, 2026.

HUTCHINSON, S. L.; BANKS, M. K.; SCHWAB, A. P. Phytoremediation of aged petroleum sludge: Effects of inorganic fertilizer. **Journal Environmental Quality**, 2001; 30(2): 395-403.

KRÜGER, G. G.; OLIVEIRA DE SOUSA, R.; VAHL, L. C.; BORTOLON, L. Solubilização dos fosfatos naturais: Patos de Minas e arad em dois solos alagados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2008; 32(5): 2157-2164.

OLIVEIRA, L. F. C.; LEMKE-DE-CASTRO, M. L.; RODRIGUES, C.; BORGES, J. D. Isotermas de sorção de metais pesados em solos do cerrado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2010; 14(7): 776–781.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V.P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R. **Atlas climatológico digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis, Epagri, 2002.

PELOZATO, M.; HUGEN C.; CAMPOS M. L.; ALMEIDA, J. A.; SILVEIRA, C. B.; MIQUELLUTI, D. J. & SOUZA, M. C. Comparação entre métodos de extração de cádmio, cobre e zinco de solos catarinenses derivados de basalto e granito-migmatito. **Revista de Ciência Agroveterinária**, 2011; 10(1): 54-61.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2009.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2013.

STEVENSON, F. J. & ARDAKANI, M. S. Organic matter reactions involving micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L., editor. **Micronutrients in agriculture**. Madison: SSSA, 1972.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. & BISSANI, C. A. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. & BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 5.ed. New York, MacMillan Publishing Company, 1995.