



## Evaluation of the subsurface of an open dump area in the Amazon region (Pará, Brazil)

Marcia Leonor Oliveira de Sousa<sup>1</sup> and Pedro Chira Oliva\*

<sup>1</sup>Instituto de Estudos Costeiros (IECOS), *Campus Bragança/UFPA*, e-mail: chira@ufpa.br

Copyright 2019, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 16<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 19-22 August 2019.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 16<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

The emergence of cities and the growth of urban areas have contributed to the increase in the negative environmental impacts. A major concern is the impact caused by the improper disposal of municipal solid wastes in open dumps without any care or planning. These wastes cause the contamination of the groundwater, soil, the proliferation of disease-transmitting vectors, visual pollution and bad smell near to these sites. This preliminary study had as purpose the environmental characterization of the area of the open dump of the city of Tracuateua (Pará, Brazil). The Ground Penetrating Radar (GPR) electromagnetic tool was applied in the open dump with inadequately deposited solid wastes about a vast vegetation and near to water resources (i.e. streams). This method confirmed the environmental impact caused by the solid wastes from the open dump in the site with evidence of contamination of the local table water and neighboring areas.

### Introdução

Um dos grandes problemas como consequência do crescimento da população e do desenvolvimento tecnológico e industrial é a geração e disposição dos resíduos sólidos. O descarte destes resíduos é preocupante no Brasil, devido à cultura do consumismo exacerbado, que vem aumentando a quantidade e variedade de lixo evidenciando os impactos ambientais com a poluição cada vez mais notável, ocasionando de modo geral danos ao meio ambiente (Mucelin e Belline, 2008).

As implicações atuais estão voltadas para as questões de cunho ambiental, uma vez que o consumo exacerbado possa vir a acarretar implicações constantes relacionadas à destinação de resíduos sólidos de diversificadas origens, desde o orgânico até o químico, sem um cuidado em atender os parâmetros ambientais em saúde (FUNASA, 2002).

Grande parte dos resíduos sólidos, principalmente em países em desenvolvimento econômico lento e gradual traz ainda a predominância de pelo menos três modos para a destinação desses resíduos: a) em lixões considerados vazadouros a céu aberto, sem nenhum tratamento, b) em aterros controlados onde o lixo é depositado de modo controlado e coberto por uma camada de solo, c) em aterros sanitários para os solos que

receberam tratamento prévio, como impermeabilização, respectivamente. Infelizmente a forma de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) predominante no Brasil é em lixões a céu aberto.

A Associação Brasileira das Empresas de Saneamento Público e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016) constatou que das 71,3 milhões de toneladas de RSU geradas no Brasil em 2016, sete milhões de toneladas não foram coletadas e descartadas de forma adequada. No geral, 58,4% do RSU do país foi descartado em aterros sanitários, 24,2% em aterros controlados e 17,4% em lixões a céu aberto.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos brasileira foi criada em 2010 e consiste em um programa de 20 anos, que deve ser atualizado em intervalos de quatro anos. No final de 2014 venceu o prazo proposto por essa política para a desativação dos lixões no Brasil. Esse prazo foi adiado para 2018, tendo em vista o não cumprimento dos principais objetivos desta política, como a eliminação e recuperação dos lixões existentes, associados a programas de inclusão social e à emancipação econômica da população dependente da recuperação artesanal e reciclagem de materiais (Brasil, 2010).

Em junho de 2017, foram identificados 2976 lixões no Brasil, que afetam a vida de 76,5 milhões de habitantes. Os custos governamentais estimados são superiores a 0,9 bilhões de dólares por ano para o desenvolvimento de medidas para compensar os impactos no meio ambiente e os problemas de saúde causados pela disposição inadequada dos RSU. Muitos municípios brasileiros simplesmente carecem de recursos financeiros ou de capacidade técnica para o manejo adequado de seus resíduos sólidos, criando uma barreira fundamental para a erradicação dos lixões (Brasil, 2017).

Os métodos geofísicos tem-se mostrado eficazes nos estudos de áreas contaminadas pela disposição descontrolada dos RSU. Existem diversos trabalhos que tem aplicado a geofísica nos estudos relacionados a contaminação da subsuperfície e água subterrânea (Lago et al., 2006; Shiraiwa et al. 2000; Moura, 2002; Meju, 2000; Elis e Zuquette, 1997; Pires e Chira, 2014).

No caso do município de Tracuateua (NE do Pará), área escolhida para este estudo, existe um lixão a céu aberto localizado em uma área de vasta vegetação e próximo à recursos hídricos, tomando o local muito vulnerável à contaminação como consequência deste lixão. Isto traz inclusive uma relevância sob o aspecto ambiental para a preservação da qualidade dos recursos edáficos (Fonseca, 1999) que podem apresentar um índice de contaminação por chorume e por outros compostos nocivos que apresentando altas concentrações de metais pesados capazes de contaminar o solo e possivelmente os lençóis freáticos.

O presente estudo aplicou o método geofísico eletromagnético Ground Penetrating Radar (GPR) para

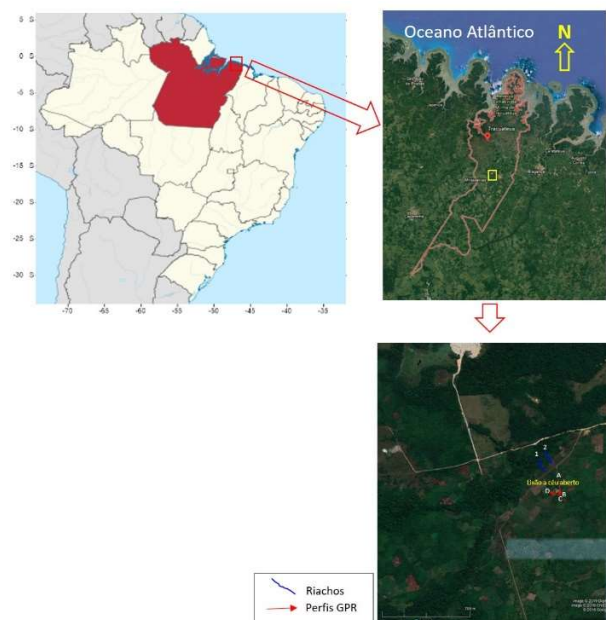
investigar preliminarmente o impacto do lixão à céu aberto da cidade de Tracuateua (Pará, Brasil) em relação ao meio ambiente.

## Material e métodos

### Área de estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada no município de Tracuateua (Pará, Brasil), onde existe um lixão a céu aberto. O referido município possui uma área de aproximadamente 936,13 km<sup>2</sup> e está localizado na Mesorregião do Nordeste Paraense, Microrregião Bragantina, com coordenadas de 00°46'18" de Latitude Sul e 47°10'35" de Longitude Oeste.

O lixão a céu aberto localiza-se na prolongação da Avenida Mário Nogueira, distante aproximadamente 3 km do centro da cidade com percurso em estrada não pavimentada. Próximo a este lixão existem dois riachos localizados a 190 m (riacho 1) e 208 m (riacho 2) aproximadamente (Figura 1).



**Figura 1.** Área de estudo localizada no município de Tracuateua (Pará) com destaque para o lixão que fica próximo à cidade, vegetação da área e os riachos próximos ao mesmo. Modificado do Google Earth (2018).

### Levantamento de dados GPR

Para o levantamento dos dados geofísicos foi utilizado o equipamento geofísico GPR da empresa GSSI SIR 3000 (Geophysical Survey Systems, Inc) (Figura 2). As coletas ocorreram nos períodos chuvoso (mês de fevereiro) e seco (mês de julho) de 2017. Foram utilizadas duas antenas: 200 e 400 MHz com janelas temporais de 100, 150, 200 e 250 ns, respectivamente.



**Figura 2.** Equipamento GPR utilizado nas coletas dos dados geofísicos com destaque para a vegetação existente nas proximidades do lixão.

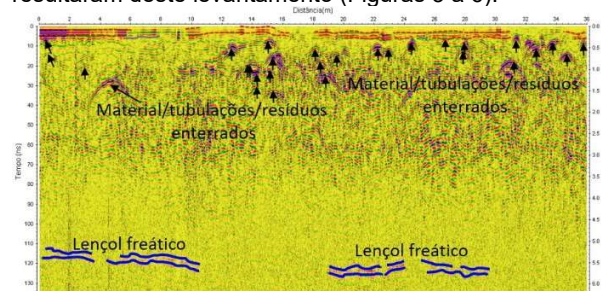
A utilização de uma janela temporal vai depender muito da profundidade interessada no estudo, podendo variar segundo o objetivo. A configuração fonte-receptor utilizado foi a *common-offset (CO)* ou afastamento comum. É importante a predefinição da janela, pois ela é válida apenas para o trabalho, ou seja, as informações obtidas de acordo com a escala possuíram validade apenas para a mesma (Knight, 2001).

Os espaços compreendidos para geração do sinal foram de 10 metros nas linhas do levantamento geofísico, com arranjo monoestático, ou seja, apenas uma antena emite e recebe o sinal eletromagnético.

## Resultados

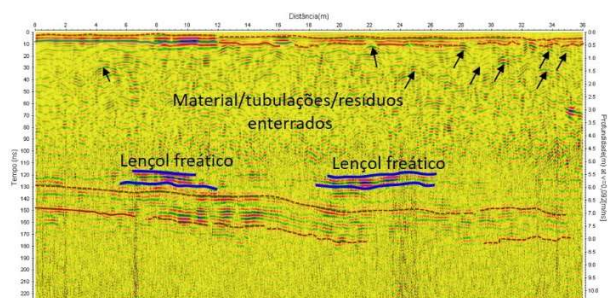
### Período chuvoso 2017

No período sazonal do tipo chuvoso foram levantadas doze (12) linhas de perfis GPR. Os perfis são referentes ao período chuvoso de 2017 (mês de fevereiro). A seguir apresentamos os principais perfis processados que resultaram deste levantamento (Figuras 3 a 6).



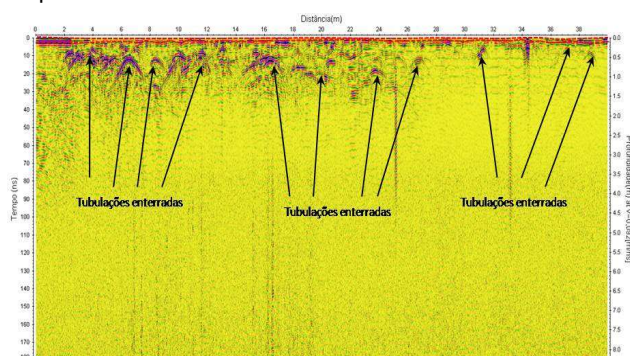
**Figura 3.** Radargrama do perfil AB (fevereiro de 2017) com a antena de frequência de 400 MHz e uma janela de tempo utilizada de 150 ns.

No perfil AB (Figura 3) foi identificado um forte refletor sub-horizontal entre 0 e 0,3m aproximadamente. Também foram identificados vários eventos de reflexão em forma de hipérbolos que poderiam estar relacionados a encanações ou tubulações enterradas. Na profundidade compreendida entre 5,3 e 5,8 m existe um forte refletor sub-horizontal que corresponde a ocorrência de um lençol freático local que foi confirmado no trabalho de Santos (2018) e também corroborada pelos cavadores de poços artesianos do local.



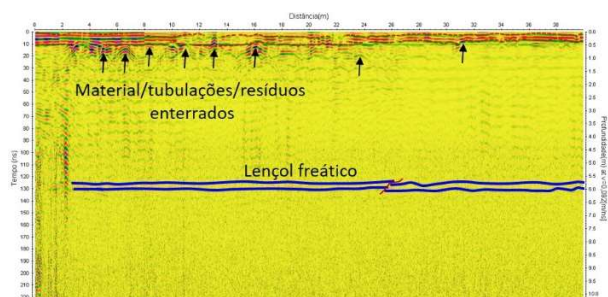
**Figura 4.** Radargrama do perfil AB (fevereiro de 2017) com uma antena de frequência de 200 MHz e uma janela de tempo utilizada de 250 ns.

Foi detectado na subsuperfície do perfil AB (Figura 4) a ocorrência de materiais/resíduos enterrados até uma profundidade de 5 m. Neste mesmo perfil também foi identificado o lençol freático anterior a uma profundidade compreendida entre 5,5 e 6 m e abaixo do mesmo existe aparece um pacote de camadas até a profundidade de 8 aproximadamente.



**Figura 5.** Radargrama do perfil CD (fevereiro de 2017) com uma antena de frequência de 200 MHz e uma janela de tempo utilizada de 200 ns.

Assim como no perfil anterior, no perfil CD (Figura 5) também foi detectada a ocorrência de vários eventos de reflexão em forma de hipérbolas que poderiam estar relacionados à encanações ou tubulações enterradas.



**Figura 6.** Radargrama do perfil CD (fevereiro de 2017) com uma antena de frequência de 400 MHz e uma janela de tempo utilizada de 250 ns.

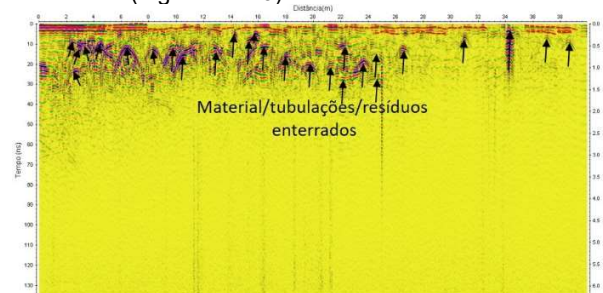
Similar ao comportamento do perfil AB foi encontrado no perfil CD (Figura 6) um forte refletor sub-horizontal entre 0 e 0,3 m, e a ocorrência entre 0 e 2m de varios eventos de reflexão em forma de hipérbole que podem estar relacionados a encanações e tubulações enterradas.

Neste perfil também foi identificado um forte refletor sub-horizontal entre 5,5 e 6m que corresponde ao mesmo lençol freático identificado anteriormente.

Período seco (não chuvoso) 2017

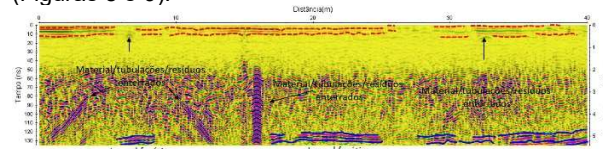
Já no período sazonal não chuvoso (julho 2017) também foram levantadas doze (12) linhas de perfis GPR. A seguir apresentamos os principais perfis processados (Figuras 7 a 11).

No perfil AB (Figura 7) foi identificado um forte refletor sub-horizontal entre 0 e 0,3 m aproximadamente. Também foram detectados na subsuperfície a ocorrência de vários eventos de reflexão em forma de hipérbolas que podem estar relacionados à materiais/tubulações/resíduos enterrados (Figuras 7 à 9).

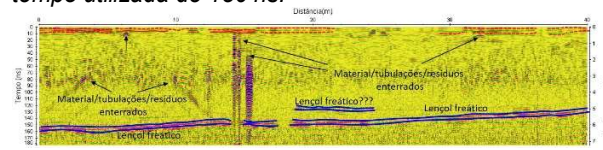


**Figura 7.** Radargrama do perfil AB (julho de 2017) com uma antena de frequência de 400 MHz e uma janela de tempo utilizada de 150 ns.

Foi detectado um forte refletor sub-horizontal ocorrendo a uma profundidade aproximada de 5 m com um ângulo de mergulho de aproximadamente 3° e que corresponde ao mesmo lençol freático detectado nos perfis anteriores (Figuras 8 e 9).

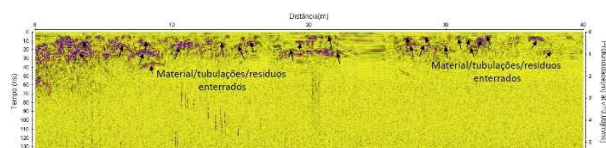


**Figura 8.** Radargrama do perfil AB (julho de 2017) com uma antena de frequência de 200 MHz e uma janela de tempo utilizada de 150 ns.

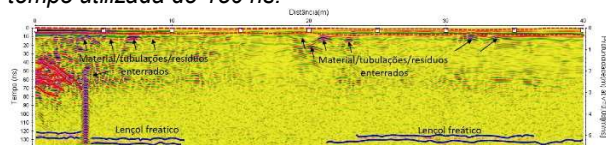


**Figura 9.** Radargrama do perfil AB (julho de 2017) com uma antena de frequência de 200 MHz e uma janela de tempo utilizada de 200 ns.

No que diz respeito ao perfil CD (julho 2017) também foi identificado um refletor sub-horizontal próximo à superfície entre 0 e 0,25 m assim como a identificação de eventos de reflexão em forma de hipérbolas que estariam indicando a ocorrência de materiais/resíduos enterrados entre 0 e 2 m de profundidade (Figuras 10 e 11). Neste perfil também foi confirmada a ocorrência do lençol freático detectado nos perfis anteriores (Figuras 11). Neste perfil foi detectado inclusive um pacote de camadas com um ângulo de mergulho de aproximadamente 35 a 36° (Figura 11).



**Figura 10.** Radargrama do perfil CD (julho de 2017) com uma antena de frequência de 400 MHz e uma janela de tempo utilizada de 150 ns.



**Figura 11.** Radargrama do perfil CD (julho de 2017) com uma antena de frequência de 200 MHz e uma janela de tempo utilizada de 150 ns.

### Conclusão

O equipamento GPR permitiu caracterizar a área de influência do lixão na subsuperfície. Os radargramas gerados identificaram a presença de um refletor sub-horizontal entre 0 e 0,3 m na subsuperfície.

A camada sub-horizontal detectada na superfície indica que neste lixão existiram células com material de resíduos sólidos ali depositados sem nenhum critério e que depois foram compactados.

Foi também detectada a presença de vários eventos de reflexão em forma de hipérbolos que poderiam estar relacionados a encanções, materiais ou tubulações enterradas entre 0 e 2 m e abaixo de 2m de profundidade aproximadamente.

Um forte refletor sub-horizontal a uma profundidade compreendida entre 5 e 6 m aproximadamente foi identificado como a ocorrência de um lençol freático local. Os materiais/resíduos sólidos enterrados na subsuperfície estariam atingindo o lençol freático detectado.

### Referências

ABRELPE - Brazilian Association of Public Cleaning and Special Waste Companies. Overview of Solid Waste in Brazil. Available in: [http://www.abrelpe.org.br/panorama\\_edicoes.cfm](http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm), 2016.

BRAZIL. Law no. 12305 of August 2, 2010. National Policy on Solid Waste. Available in: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm), 2010.

BRAZIL. Roadmap for the closure of dumps - The most polluted places in the world. International Solid Waste Association (ISWA)/Association of Public Cleaning and Special Waste Companies (ABRELPE). Available in: [www.iswa.org](http://www.iswa.org) and [www.abrelpe.org.br](http://www.abrelpe.org.br), 2017.

ELIS, V. R., ZUQUETTE, L. V. Determinação da estrutura do aterro sanitário de Ribeirão Preto-SP através de métodos geoeletricos. Anais do V Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, V1, São Paulo, SP, p. 417–420, 1997.

FONSECA, E. Iniciação ao estudo dos resíduos sólidos e da limpeza urbana. Editora União, 122 p, 1999.

FUNASA. Relatório de gestão 2002. Coordenação de Gestão de Políticas Estratégicas – COGEP/CGPLA/DEPIN. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

GOOGLE EARTH. <https://www.google.com/earth/>, 2018.

KNIGHT, R. Ground penetrating radar for environmental applications. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 29: 22-255, 2001.

LAGO A.L, ELIS, V. R., GIACHETI H. L. Aplicação de métodos geofísicos em uma área de disposição de resíduos sólidos urbanos em Bauru-SP. Revista Brasileira de Geofísica, 24: 357-374, 2006.

MEJU, M. A. Geoelectrical investigation of old/abandoned, covered landfill sites in urban areas: model development with a genetic diagnosis approach. Journal of Applied Geophysics, 44: 115–150, 2000.

MOURA, H. P. Emprego da eletrorresistividade e polarização induzida na caracterização geoeletrica de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 223 p, 2002.

MUCELIN, C. A., BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (1): 111-124, 2008.

PIRES, D. B., CHIRA, P. Estudo ambiental do lixão urbano da cidade de Bragança (Pará) aplicando o Radar de Penetração no Solo (GPR). In: XVII Congresso Peruano de Geologia, 2014, Lima. XVII Congresso Peruano de Geologia "Alberto Benavides de la Quintana". Lima-Peru, 2014.

SANTOS, S. DA C. dos. Estudo da contaminação de águas subterrâneas no município de Tracuateua (Pará), através de métodos geofísicos e análises de água. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Biologia Ambiental/IECOS/UFPA, 110 p, 2018.

SHIRAIWA, S., LISOVSKY, S. P., ELIS, V. R., PORSANI, J. L., BORGES, W. R. Estudos geofísicos integrados no lixão de Cuiabá, MT, Brasil- Resultados preliminares. Revista Brasileira de Geofísica, Cuiabá, 20, 182-186, 2002.