



## ESTUDO AMBIENTAL DO LIXÃO URBANO DA CIDADE DE BRAGANÇA (PARÁ, BRASIL) APLICANDO O RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR)

Danyella Barbalho Pires<sup>1</sup>, João Carlos Ribeiro Cruz<sup>2</sup> e Pedro Chira Oliva<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Estudos Costeiros (IECOS), Universidade Federal do Pará, Brasil, \*e-mail: [chira@ufpa.br](mailto:chira@ufpa.br)

<sup>2</sup> Instituto de Geociências (IG), Universidade Federal do Pará, Brasil

Copyright 2014, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no VI Simpósio Brasileiro de Geofísica, Porto Alegre, 14 a 16 de outubro de 2014. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do VI SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.*

### Abstract

The Brazilian municipalities, the majority of them, deposit solid residues without controlling measures, which occasionally causes air, soil, and subterranean and ground level water pollution. The case is particularly in need of attention in Bragança (Pará), where the landfills are located close to hydric systems of greatest importance, such as the basin of the Caeté River (Pará). In order to investigate the impact caused by the location of the landfill in Bragança, this study presents the findings obtained through an application of the geophysical method Ground Penetrating Radar (GPR). These results characterize the current levels of contamination of the area studied, showing the existence of determined plumes of contamination near ground level, cause by the previously mentioned landfill.

### Introdução

Um dos grandes problemas resultantes do crescimento populacional e do desenvolvimento tecnológico e industrial é a disposição dos resíduos sólidos. Os resíduos sólidos ou lixo é um dos tipos de fontes de contaminação de nossos mananciais subterrâneos.

Devido às políticas de ordenamento territorial e gestão ambiental inexistente e/ou ineficientes, locais técnica e geologicamente inapropriados são utilizados para a disposição final dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos, resultando em danos, muitas vezes irreversíveis, ao meio natural (Bortolin, 2009).

Sob o aspecto ambiental e de preservação das águas subterrâneas, o aspecto mais importante é a questão do chorume produzido a partir do lixo. A decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos sólidos produz gases e chorume. Este último produto é um líquido negro formado por compostos orgânicos e inorgânicos, apresentando altas concentrações de matéria orgânica e metais pesados. A infiltração do chorume contamina o solo e pode atingir a água subterrânea. Os impactos ocasionados sobre os aquíferos foram estudados em algumas áreas do país e indicaram elevadas concentrações de metais e contaminação biológica nas águas (exemplos são os trabalhos de Santos et al. (2004), Costa (2004), entre outros).

Shiraiwa et al. (2002) aplicaram métodos geofísicos como o Eletromagnético Indutivo (EM-34) e o GPR para caracterizar a área do estudo correspondente ao lixão de Cuiabá (MT, Brasil), definir a espessura do pacote de lixo e conseqüentemente a pluma de contaminação do chorume originado. Eles verificaram com estes métodos a contaminação existente e comprovaram a disposição inadequada dos resíduos, em local onde o nível freático é pouco profundo e nas profundidades de um córrego, de forma que ocorre o transporte do chorume para outros locais onde existem moradias de populações ribeirinhas.

Na cidade de Bragança (Pará) existe um lixão público que se caracteriza pela disposição desordenada dos resíduos sólidos e queima indiscriminada do lixo que provém de diversas fontes sendo caracterizado por ser uma fonte contaminadora de grande porte uma vez que se encontra nas proximidades de vários cursos hídricos de suma importância, como a bacia do rio Caeté (Pará). Este lixão não atende a nenhuma especificação técnica estabelecida para aterros sanitários.

A primeira avaliação ambiental foi realizada por Gorayeb (2008) quem considerou a vulnerabilidade do aquífero à contaminação e a qualidade da água superficial e subterrânea da área. Este estudo revelou que o lixão municipal de Bragança influi negativamente sobre a qualidade da água subterrânea e superficial do baixo Caeté, gerando conseqüências drásticas para o meio ambiente e a saúde humana.

Neste estudo é aplicada a ferramenta geofísica GPR para complementar os estudos ambientais realizados no referido lixão na busca de informações sobre a possível presença de plumas de contaminação na subsuperfície ou próxima da superfície do lixão e determinar a direção do fluxo dessas plumas contaminantes.

### Materiais e métodos

#### Área de Estudo

O lixão da cidade de Bragança (Pará) está localizado no bairro Alto Paraíso, mais especificamente na localidade chamada Marrocos, às margens da rodovia PA-112, em área periférica, a sudoeste do centro da cidade de Bragança, nas seguintes coordenadas geográficas: 01°04'40"S e 46°46'45"W (Figura 1). Encontra-se em local topograficamente elevado em relação às áreas circunvizinhas, servindo como dispersor de águas, principalmente no período chuvoso.

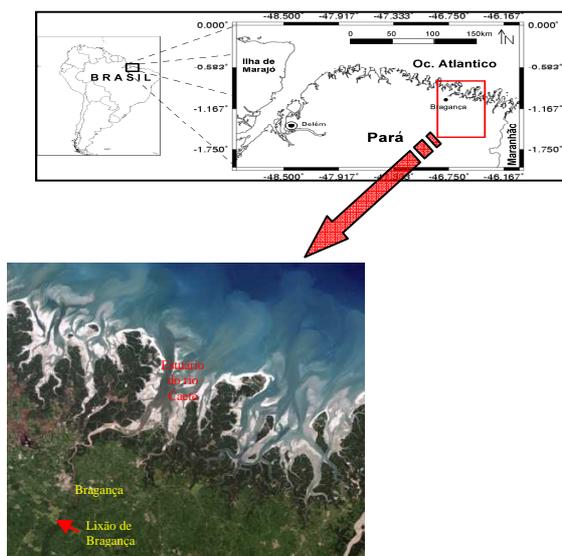


Figura 1 - Imagem de satélite da Região Bragantina (Pará) mostrando a localização da área de estudo correspondente ao Lixão da cidade de Bragança (Imagem Landsat - Composição Colorida - RGB, seca - disponibilizada pelo LAIT - Instituto de Geociências - UFPA).

**Método GPR**

O GPR é um método eletromagnético que emprega ondas de rádio de altas frequências (normalmente entre 10 - 1000 MHz) para localizar estruturas e feições geológicas rasas de subsuperfície ou localizar objetos enterrados através de ação antrópica (DAVIS; ANNAN, 1989). Além disso, a propagação do sinal, a profundidade de penetração da onda e a resolução do radargrama dependem da frequência do sinal emitido e das propriedades físicas do meio (condutividade elétrica, permissividade dielétrica e permeabilidade magnética). Em outras palavras, quanto maior a frequência da antena utilizada para a investigação, menor será a profundidade de investigação e melhor a resolução da imagem (DOURADO, 2004).

O método GPR se fundamenta na emissão, reflexão e recepção da onda, que responde às propriedades dielétricas do solo, no qual o sinal – a onda eletromagnética – irá se propagar. O funcionamento do método GPR se baseia na seguinte sistemática: um pulso de onda eletromagnética é irradiado para o interior do solo por uma antena transmissora, sendo a energia transmitida para profundidades maiores e parte dela refletida para a superfície, através da antena receptora.

A antena transmissora emite ondas eletromagnéticas sob a subsuperfície, onde essas ondas podem sofrer variações como reflexão, refração e difração, dependendo da frequência do sinal emitido e das propriedades elétricas do meio.

As variações que são ocasionadas pelas propriedades do meio dependerão especialmente da mineralogia dos constituintes, como a presença de argila, presença de minerais metálicos, como também de contaminantes, ocorrência de objetos enterrados pelo homem, e o conteúdo de água e o teor de salinidade (DAVIS; ANNAN,1989).

**Aquisição dos dados**

Foram realizadas duas coletas de dados geofísicos GPR nos anos de 2012 (época não chuvosa) e 2013 (época chuvosa). Foi utilizada uma antena de 200 MHz com uma janela temporal de 150 ns. A configuração fonte-receptor considerado foi a common-offset (CO) ou afastamento comum.

Para o levantamento dos dados GPR foram considerados quatro perfis que foram levantados nas partes laterais e dentro do lixão com diversos comprimentos compreendidos entre 35 m e 280 m, respectivamente. A amostragem dos dados GPR no terreno foi feita a cada 10 m para cada perfil (Figuras 2 e 3).

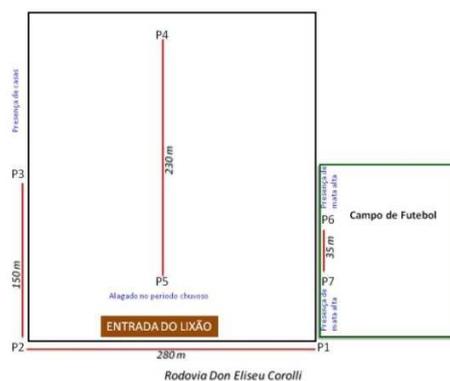


Figura 2. Perfis GPR levantados durante a aquisição de dados GPR no lixão de Bragança (Pará).



Figura 3. Imagens do lixão de Bragança mostrando a localização dos perfis.

## Resultados

Como resultado do levantamento de dados GPR realizado no Lixão de Bragança (Pará) nos meses de novembro (período não chuvoso) de 2012 e abril (período chuvoso) de 2013 foram gerados oito perfis (Figuras 4 a 11) cujos comprimentos variaram entre 110 e 410 metros.

Na primeira coleta realizada em novembro de 2012 (período não chuvoso) foi utilizada uma antena de 200 MHz com janela temporal de 150 ns (Figuras 4 a 7).

No perfil 01 (Figura 4) obtido durante o período não chuvoso de 2012, localizado na entrada do lixão, podemos observar a possível presença de zonas de contaminação localizadas a uma profundidade compreendida entre 1,5 a 6,5m e entre os intervalos de 190-280 e 310-390 metros aproximadamente. Próximo à superfície compreendido entre 0 e 225 m observa-se a presença de uma possível depressão até uma profundidade próxima a 2m. A partir do intervalo de 180m e profundidade de 1,6m destaca-se uma declividade que provavelmente seja o caminho percorrido pelo chorume originado pelos resíduos sólidos depositados no lixão, causando a contaminando no subsolo.

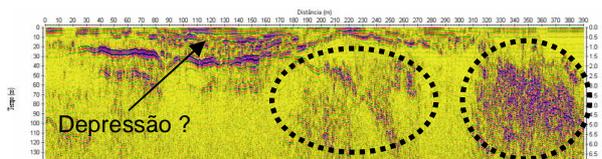


Figura 4. Radargrama do perfil 01 – antena 200 MHz, janela 150 ns (Novembro de 2012).

No perfil 02 (Figura 5), localizado no centro do lixão. Pode-se observar a possível presença de plumas de contaminação na subsuperfície, a uma profundidade compreendida entre 0,5 a 4m, situando-se entre o intervalo de 100 a 170m de comprimento.

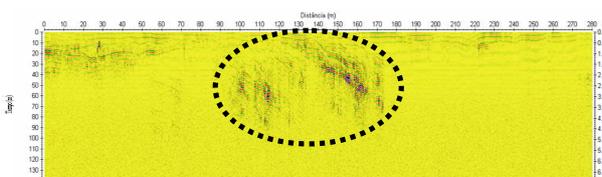


Figura 5. Radargrama do perfil 02 – antena 200 MHz, janela 150 ns (Novembro de 2012).

No perfil 03 (Figura 6), situado na parte lateral do lixão, ao lado do campo de futebol, é observada a presença de alguns refletores em forma de hipérbolas em estado caótico, o que possivelmente estariam indicando a possível presença de algum material enterrado como também de tubulações na subsuperfície do lixão.

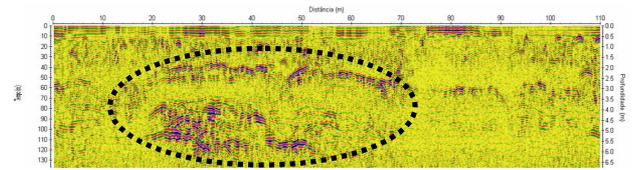


Figura 6. Radargrama do perfil 03 – antena 200 MHz, janela de tempo 150 ns (Novembro de 2012).

No perfil 04 (Figura 7) localizado na parte lateral do lixão, identificamos a presença de várias hipérbolas que poderiam indicar presença de tubulações enterradas próximas a subsuperfície.

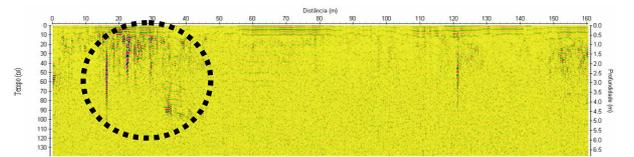


Figura 7. Radargrama do perfil 04 – antena 200 MHz, janela 150 ns (Novembro de 2012).

Na segunda coleta realizada em abril (período chuvoso) de 2013, foi utilizada uma antena de 200 MHz com janela de tempo de 200 ns (Figuras 8 a 11).

Os perfis gerados neste período em 2013 apresentam a mesma resposta apresentada pelos mesmos perfis do período não chuvoso de 2012, porém com uma qualidade de resolução menor devido à influência das chuvas da época, que deveria ter dificultado a resolução do sinal eletromagnético.

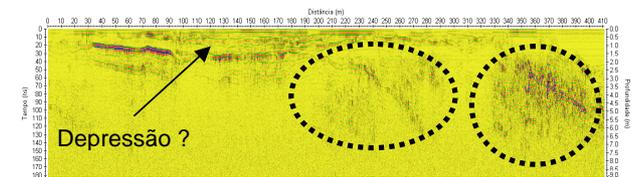


Figura 8. Radargrama do perfil 05 – antena 200 MHz, janela 200 ns (Abril de 2013).

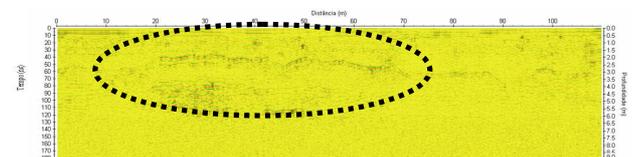


Figura 9. Radargrama do perfil 06 – antena 200 MHz, janela 200 ns (Abril de 2013)

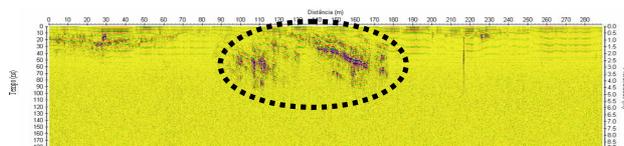


Figura 10. Radargrama do perfil 07 – antena 200 MHz, janela 200 ns (Abril de 2013)

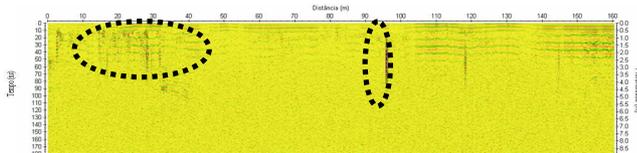


Figura 11. Radargrama do perfil 08 – antena 200 MHz, janela 200 ns (Abril de 2013)

## DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que o método geofísico utilizado, Radar de Penetração no Solo (GPR), permitiu caracterizar a área do lixão com a identificação de possíveis plumas de contaminação na subsuperfície. As possíveis zonas ou plumas de contaminação detectadas são possivelmente derivadas do chumbo proveniente dos resíduos sólidos ali depositados. Isto pode ser verificado nos radargramas onde se apresenta uma atenuação quase total do sinal. Esta possível contaminação pode ser percebida aproximadamente entre as profundidades compreendidas entre 0,5 e 6,5 metros. Também foi detectada uma possível depressão, que pode conter algum tipo de material ou resíduo sólido aterrado na subsuperfície. A maior profundidade detectada nesta depressão é de 1,5 metros aproximadamente. Nos resultados gerados não foi possível detectar a profundidade do lençol freático, pois a máxima profundidade atingida foi de 9 m aproximadamente. Segundo informações disponibilizadas pelos perfuradores de poços da cidade de Bragança, o poço artesiano que abastece a comunidade apresenta o nível do lençol freático a uma profundidade aproximada de 34 m.

## Referências

BORTOLIN J. R. M. 2009. Monitoramento temporal da pluma de contaminação do aterro controlado de Rio Claro (SP) por meio do método da eletrorresistividade. Dissertação de Mestrado em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro.

COSTA, W. D. 2004. Contaminação da água subterrânea por resíduo sólido no município de Belo Horizonte – MG. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá: ABAS, CD-ROM.

DAVIS, J. L., ANNAN, A. P., 1989. Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, Vol.37, p.531-551.

DOURADO, T. C. 2004. Aplicação de Técnicas clássicas do processamento sísmico de reflexão em dados de radar (GPR) para detecção de hidrocarbonetos em sedimentos arenosos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 132 p.

GORAYEB, A. 2008. Análise Integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté - Amazônia Oriental. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 135 p.

PORSANI, J. L.. 1999. Ground Penetrating Radar (GPR): proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado – SP. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro-SP, 145p.

SANTOS, C. B., LEAL, L. R. B., LUZ, J. A. G., MELLO, J. C. 2004. Caracterização do impacto na qualidade das águas subterrâneas causado pela disposição dos resíduos sólidos urbanos no aterro municipal da cidade de Feira de Santana – BA. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Cuiabá: ABAS, CD-ROM.

SHIRAIWA, S., LISOVSKY, S. P., ELIS, V. R., PORSANI, J. L., BORGES, W. R., 2002. Estudos geofísicos integrados no lixão de Cuiabá, MT, Brasil – resultados preliminares. *Revista Brasileira de Geofísica*, 20(3): 181-186.