

## Aplicação da geofísica em estudos de arqueologia do lixo

Márcia Hatae\*

Vagner Roberto Elis\*\*

André Wagner Oliani Andrade\*\*\*

HATAE, M., ELIS, V., ANDRADE, A. Aplicação da geofísica em estudos de arqueologia do lixo. *R. Museu Arq. Etn.* 40: 55-66, 2023.

**Resumo:** A garbologia é o ramo de pesquisa da arqueologia dedicado ao estudo analítico de resíduos deixados por uma dada população em busca de informações sobre seus costumes. Um dos desafios nesse tipo de estudo, também conhecido como arqueologia do lixo, é a necessidade de escavar lixões e aterros sanitários de estrutura desconhecida, de forma a obter a melhor amostragem com o menor custo possível. Este trabalho contribui para a solução desse problema, verificando a aplicabilidade da geofísica (métodos eletromagnéticos e elétricos) à determinação das melhores regiões a serem escavadas no Lixão de Mogi das Cruzes. A geofísica permitiu caracterizar as estruturas de subsuperfície, por meio dos parâmetros de condutividade e resistividade de diferentes materiais e estruturas, fornecendo a espessura da camada de resíduos em diferentes pontos e as respectivas profundidades do nível d'água, possibilitando a escolha das melhores regiões a serem escavadas. Posteriormente, os dados geofísicos foram comparados com as informações das escavações; verificou-se que este é um método bastante confiável, com a vantagem de ser não invasivo.

**Palavras-chave:** Garbologia; Geofísica; Lixão; Mogi das Cruzes; Resistividade.

### Introdução

O lixo sempre fez parte da história da humanidade (Andrade 2006) e pode ser utilizado como uma importante ferramenta para recontar a história de quem o gerou.

Os resíduos podem ser utilizados em estudos de diversas áreas. Permitem entender os padrões de consumo, as mudanças econômicas, políticas e culturais (Araújo 2018). Na arqueologia, esse campo de pesquisa constitui uma ciência denominada arqueologia do lixo (garbologia).

A garbologia estuda os resíduos em lixões e aterros, podendo ser classificada como uma arqueologia moderna ou contemporânea (Andrade 2006). Tem sido desenvolvida por pesquisadores americanos: o Prof. Dr. Willian Laurens Rathje é pioneiro no assunto, ao qual se dedicou desde os anos 1970, época em que desenvolveu o Tucson Garbage Project (Rathje & Murphy 1992).

\* Mestre em Ciências pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. <marciaha2001@usp.br>

\*\* Professor Associado do Departamento de Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. <vagner.elis@iag.usp.br>

\*\*\* Doutor em Arqueologia pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo. <awoa@terra.com.br>

O Tucson Garbage Project estudou padrões comportamentais, educacionais, aspectos sanitários e socioambientais por meio do lixo. Identificou níveis de desperdício e reciclagem e correlacionou suas descobertas com dados de outras fontes, concluindo que nem sempre outras metodologias de pesquisa apresentavam dados confiáveis (Waldman 2010).

O Brasil possui pouca tradição em estudos de garbologia, merecendo uma maior atenção de pesquisadores. Um dos pioneiros em estudos de arqueologia do lixo no Brasil foi o Prof. Dr. André Wagner Oliani Andrade, que elaborou, em sua tese de doutorado, um trabalho inspirado no Tucson Garbage Project. Um dos objetivos desse trabalho foi desenvolver uma metodologia de pesquisa em arqueologia do lixo para o contexto brasileiro (Andrade 2006). Um dos grandes desafios enfrentados por Andrade foi a escavação de lixões/aterros para os quais não existe nenhum controle de localização, espessura da coluna de lixo e profundidade do nível da água, de modo a obter a maior amostragem possível com o menor número de perfurações. Este trabalho mostrou como a geofísica pode resolver este problema.

Arqueólogos têm utilizado a geofísica há várias décadas para estudos preliminares, tais como mapeamento de delimitações de sítios, aprimorando o planejamento da investigação arqueológica (Brito-Schimmel *et al.*, 2002). Métodos magnéticos são utilizados para descobrir grandes quantidades de fragmentos cerâmicos. A radiação gama é utilizada para discriminar solos arenosos de argilosos (Aragão, Luiz & Lopes 2010).

A geofísica permite caracterizar diversos materiais e estruturas de forma rápida e não invasiva, aumentando a eficiência das escavações ao mesmo tempo em que reduz os custos. Os métodos mais empregados são a magnetometria, resistividade elétrica e *ground penetrating radar* (GPR) (Allen, Porsani & Poluha 2017).

Tradicionalmente, a geofísica é utilizada em estudos ambientais de lixões, aterros sanitários e aterros controlados, oferecendo boas

informações sobre a área (Elis 1998).

Com os instrumentos dessa disciplina, podemos localizar regiões onde a presença de resíduos sólidos é marcante, determinar o nível da água e estudar a migração da pluma de contaminação numa escala temporal. Partindo destes princípios, a geofísica pode contribuir com ferramentas bastante eficientes tanto para a identificação dos locais onde os resíduos estão presentes quanto para estudo da estrutura dos depósitos.

O objetivo deste trabalho foi verificar a aplicabilidade da geofísica em um dos primeiros estudos de garbologia realizados no Brasil, mapeando estruturas de subsuperfície de modo a identificar os locais com maior coluna de lixo e nível d'água mais profundo, permitindo obter a maior amostragem possível com o menor custo. Foram utilizados os métodos eletromagnético (EM-34) e de sondagem elétrica vertical (SEV), bastante tradicionais em estudos ambientais de lixões, aterros sanitários e aterros controlados (Elis 1998).

### Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Mogi das Cruzes (SP), situada a leste-sudeste da cidade de São Paulo, em que se localiza um lixão, próximo às margens do rio Tietê e do sítio de Volta Fria, por isso conhecido como Lixão Volta Fria.

Na região estudada ocorrem três unidades geológicas distintas: rochas graníticas da Fácies Cantareira, sedimentos da Formação São Paulo e aluviões recentes (Instituto de Pesquisa Tecnológica do estado de São Paulo 1981).

O Lixão Volta Fria foi uma área utilizada, no passado, para extração de argila e areia. Os resíduos sólidos foram dispostos por aproximadamente quinze anos. Entrou em atividade em 1989 e a encerrou em 2004. Durante seu funcionamento, foram depositadas, por dia, aproximadamente 220 toneladas de lixo, principalmente urbano. O lixo se encontra aterrado, porém sem nenhum tratamento específico para evitar a contaminação ambiental.

## Metodologia

Os métodos geofísicos utilizados neste trabalho foram caminhamento eletromagnético (EM-34) e sondagens elétricas verticais (SEV). O levantamento eletromagnético permitiu, de maneira bastante rápida, mapear a condutividade em subsuperfície, de modo a identificar regiões de maior interesse; posteriormente, realizou-se um estudo mais detalhado por meio das SEV, cujos levantamentos são mais demorados.

O método eletromagnético permite investigar apenas dois níveis de profundidades, porém é um método cuja coleta de dados é bastante prática e rápida. Devido à praticidade do método de caminhamento eletromagnético, optou-se por utilizá-lo para o estudo preliminar com o equipamento EM-34 da Geonics, que mede diretamente a condutividade elétrica aparente.

O equipamento EM-34 é composto por duas bobinas, uma transmissora e outra receptora. Acoplada à bobina transmissora, existe um módulo de controle e emissão de corrente alternada, alimentado por bateria. A bobina receptora é acoplada a um módulo de leitura.

O princípio de operação dos equipamentos EM-34 se baseia no estabelecimento de uma corrente alternada na bobina transmissora, que vai gerar um campo magnético primário  $H_p$ , ortogonal à disposição da bobina. Esse campo magnético primário vai induzir correntes elétricas no subsolo; passando por um condutor, essas correntes vão dar origem a um campo magnético secundário  $H_s$ , que será lido na bobina receptora, juntamente com o campo magnético primário (McNeill 1980).

Foram levantadas 11 linhas de caminhamento EM-34 com cabo de 10m, com pontos espaçados de 20m, de forma a medir a condutividade aparente em dois níveis de profundidade: 7,5m e 15m. Para cada nível de profundidade foi possível produzir um mapa de condutividade aparente. Para a construção dos mapas empregou-se o *software* Surfer 6.0. O método de interpolação utilizado foi Krigagem com modelo linear.

Para se realizar um maior detalhamento da subsuperfície da área escolhida, utilizou-se o método da eletrorresistividade integrado com polarização induzida (IP).

O método da eletrorresistividade emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno por meio de dois eletrodos cravados em superfície (denominados A e B), com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos cravados em superfície (denominados M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo, assim, o cálculo da resistividade real ou aparente em subsuperfície (Orellana 1972).

Em regiões com disposição de resíduos, em geral ocorre a formação de chorume (líquidos com alta concentração de sais), o que faz com que os valores de resistividade sejam bastante baixos. Deste modo, podem ser identificadas regiões com contaminação ambiental e/ou áreas onde ocorra a presença de resíduos (Elis 1998).

A polarização induzida (IP) é um fenômeno elétrico estimulado por corrente elétrica, observado como resposta retardada à voltagem em materiais naturais (Sumner 1976). Essa resposta está diretamente ligada à maior ou menor capacidade que os materiais geológicos têm de se polarizarem, constituindo-se, portanto, na base do método. Esta capacidade de polarização constitui a suscetibilidade IP dos materiais da terra. O parâmetro que mede a capacidade de polarização dos materiais geológicos é denominado *cargabilidade*.

Normalmente, a *cargabilidade* apresenta altos valores dentro do corpo de resíduos e baixos valores em meios porosos com alta salinidade, como é o caso da base dos depósitos de resíduos.

Neste trabalho, foi utilizada a técnica de sondagem elétrica vertical (SEV), com arranjo Schlumberger. Os levantamentos foram realizados com o resistivímetro francês da marca Iris, modelo Syscal R2. Foram feitos 11 ensaios de sondagem elétrica vertical, com o objetivo de caracterizar as estruturas de subsuperfície.

Os dados de campo foram interpretados utilizando-se o *software* IPI6. Nas SEV foram coletados simultaneamente os dados de resistividade e *cargabilidade*.

A **Fig. 1** mostra a área da região estudada, os limites da área de resíduos (contorno do lixão), as cotas topográficas e os levantamentos geofísicos realizados, bem como os pontos onde foram realizadas as escavações por parte da equipe de arqueologia.

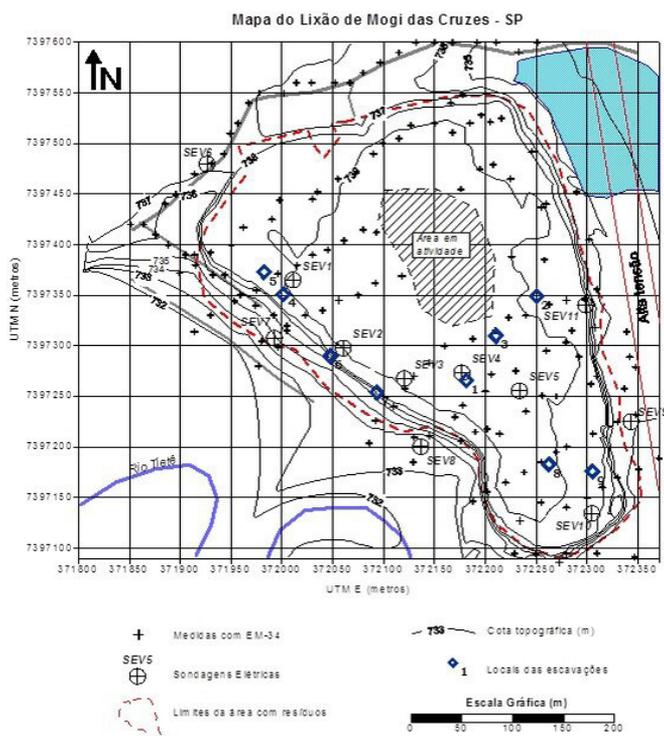
## Resultados e discussão

Com os dados de EM-34 foi possível construir mapas de condutividade aparente em dois níveis, de profundidade 7,5m e 15m, conforme **Fig. 2 e Fig. 3**. O mapa do nível 7,5m (**Fig. 2**) foi elaborado com os dados de campo medidos com as bobinas na vertical (dipolo magnético horizontal), e, para o nível de 15m (**Fig. 3**), com as bobinas na horizontal (dipolo magnético vertical).

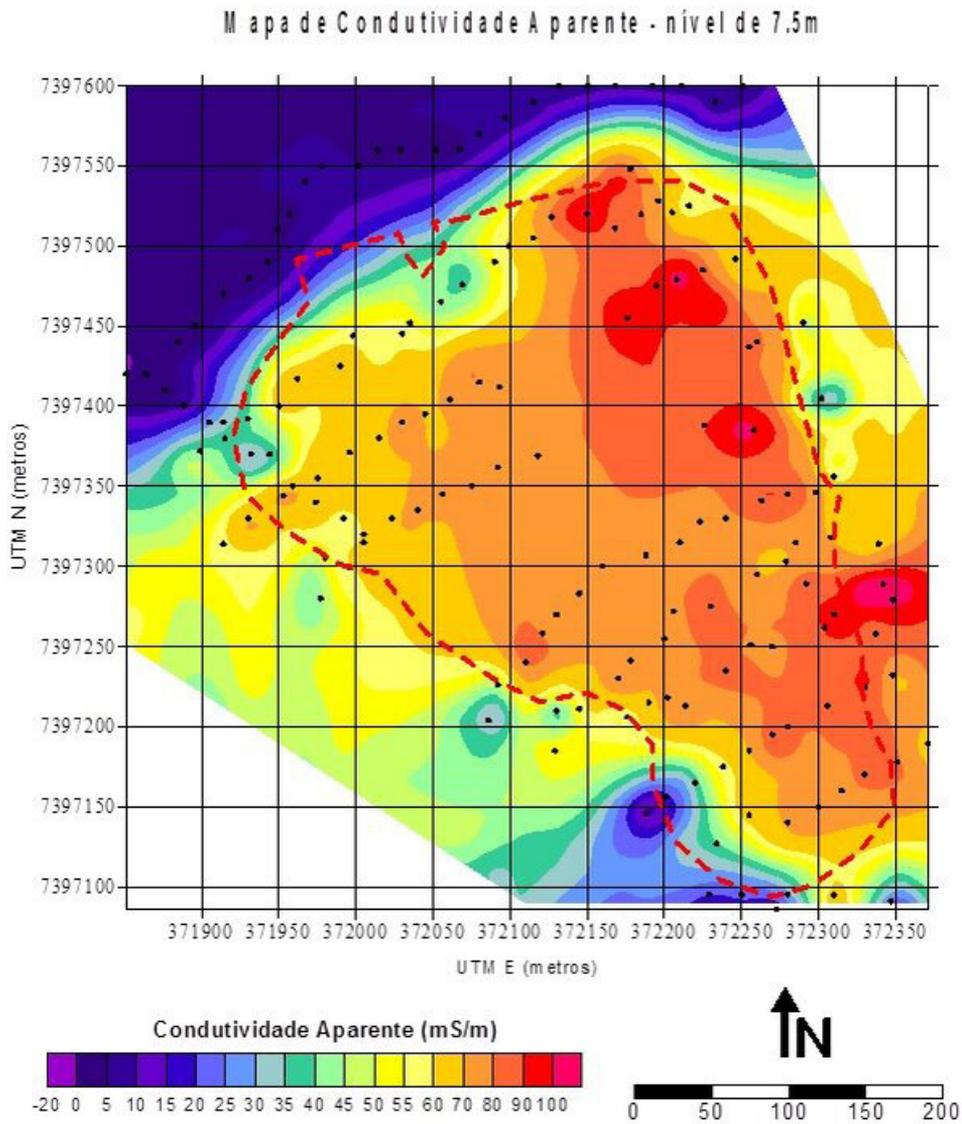
No mapa de condutividade de 7,5m foi possível observar os limites do depósito,

caracterizados pelos maiores valores de condutividade aparente; observou-se também, na borda leste, valores elevados de condutividade (acima de 90mS/m). Durante o trabalho de campo, foram observados pontos de vazamento de chorume nessas áreas, indicando que as anomalias de alta condutividade são devidas à alta concentração de chorume. Na borda oeste-sudoeste, os valores eram maiores que nos entornos, mas não tão elevados como na borda leste. Os valores eram entre 60 e 80mS/m e foram interpretados como áreas preenchidas com resíduos com menor concentração de chorume.

No mapa do nível 15m foram observados valores de condutividade relativamente menores que no mapa anterior, porém ainda altos, indicando que nesse nível se encontra a base do depósito, saturada e contaminada pelo chorume.



**Fig. 1.** Mapa da área de estudo com a localização dos ensaios geofísicos.  
**Fonte:** Hatae (2015).



**Fig. 2.** Mapa de condutividade aparente para o nível 7,5m. A área tracejada (em vermelho) mostra o limite da área de resíduos, e os pontos (em preto) indicam os locais onde foram realizados os levantamentos de EM-34.  
**Fonte:** Hatae (2015).

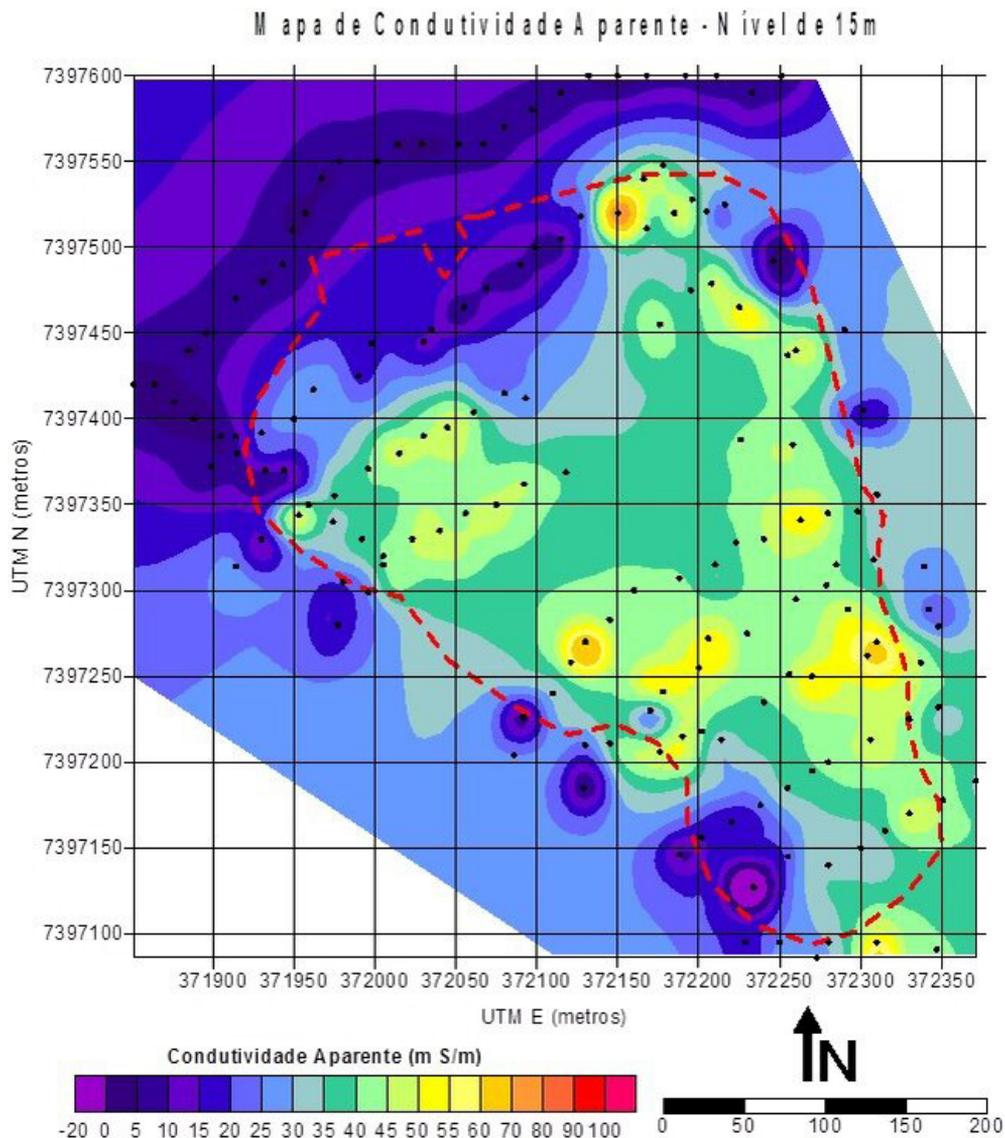


Fig. 3. Mapa de condutividade aparente para o nível 15m. a área tracejada (em vermelho) mostra o limite da área de resíduos, e os pontos (em preto) indicam os locais onde foram realizados os levantamentos de EM-34.

Fonte: Hatae (2015).

Por meio da observação dos dois mapas de condutividade aparente, foram escolhidos os melhores locais para a realização das SEV. Essa escolha foi baseada na hipótese de que os locais mais adequados para a escavação e coleta de material seriam aqueles de menor quantidade de chorume e, conseqüentemente, que a espessura da camada de resíduos

fosse maior. Dessa forma, esperava-se garantir, por um lado, a amostragem de vários anos de disposição de resíduos, e, por outro, a coleta de material mais seco – o que, além de facilitar processos posteriores, diminui os riscos de contato dos coletores com o chorume.

As quadriculas 7.397.350 a 7.397.400N – 372.000 a 372.050E e 7.397.250 a 7.397.300N –

372.150 a 372.200E eram os locais mais adequados para a execução das SEV de 1 a 4. Com o objetivo de obter um melhor detalhamento, foram realizados mais 4 levantamentos (SEV 5, 7, 10 e 11) dentro da área com resíduos, nas proximidades das SEV de 1 a 4. As SEV 6, 8 e 9 foram posicionadas fora da área de resíduos, e tiveram como objetivo fornecer informações para melhor caracterizar os valores dos parâmetros geofísicos nos entornos do lixão.

Para interpretação de dados, as SEV foram agrupadas conforme a similaridade da curva de campo e dos locais onde foram realizados os ensaios.

Os resultados das SEV foram apresentados em tabelas para cada grupo de dados. Nas tabelas são mostradas a interpretação do significado geológico da camada

e o intervalo de variação das espessuras, resistividades e cargabilidades.

A interpretação do significado dos materiais das camadas em subsuperfície baseou-se não somente nos valores de resistividade e cargabilidade, mas também em informações da geologia local e observações diretas. Os dados de cargabilidade foram utilizados com certa reserva, devido à sua baixa qualidade.

Na **Tabela 1** é mostrada a interpretação geológica das SEV 1, 2, 3 e 4, localizadas dentro da área ocupada pelos resíduos, em pontos bastante próximos, de forma que apresentaram modelos geoeletricos bastante similares com quatro camadas. A espessura da camada de resíduos (não saturados + saturados) varia entre 12,26m e 14,57m e o nível da água foi atingido em um intervalo de 6,95m a 8,31m.

Material	Espessura da camada (m)	Resistividade (ohm.m)	Cargabilidade (mV.V)
Cobertura do aterro	0,7 a 1,05	23 a 188	2,48 a 7,71
Resíduos secos	6,25 a 7,26	24,2 a 122 (445*)	2,15 a 19,7
Resíduos saturados	6,01 a 7,31	8,47 a 19,6	12,9 a 21
Base do aterro	Não determinado	48 a 293	0,14 a 5,15

\*valor encontrado em um local com grande quantidade de restos de rocha e brita.

**Tabela 1:** Interpretação geológica dos levantamentos geofísicos agrupados (SEV 1, 2, 3 e 4).

**Fonte:** Hatae (2015).

Na **Tabela 2** são representadas as SEV 5, 9, 10 e 11. As SEV 5, 10 e 11 foram posicionadas dentro da área de resíduos, e a SEV 9 localizou-se em uma região de borda do depósito, porém ainda com resíduos. A área é composta basicamente

por três camadas distintas (cobertura do depósito, resíduos e sedimentos argilo-arenosos abaixo da base do depósito). A espessura de resíduos varia entre 5,2m e 10,06m, e o nível da água é atingido em profundidades de 0,96m a 3,08m.

Material	Espessura da camada (m)	Resistividade (ohm.m)	Cargabilidade (mV.V)
Cobertura do aterro	0,96 a 3,08	18,6 a 44,8	4,43 a 11,3
Resíduos saturados	5,2 a 10,06	10,3 a 18,7	3,82 a 16,5
Base do aterro	Não determinado	47,5 a 212	0,36 a 9,1

**Tabela 2:** Interpretação geológica dos levantamentos geofísicos agrupados (SEV 5, 9, 10 e 11).

**Fonte:** Hatae (2015).

A SEV 6 é mostrada na **Tabela 3**, e se localizou fora da área do lixo, bem próximo a estrada de acesso do depósito. O fato desse levantamento geofísico ter se localizado fora do depósito e em situação geológica distinta levou a um resultado diferente das demais SEV, em que as camadas geológicas de subsuperfície

foram representadas por solo e/ou sedimento argilo-arenoso sobre granito.

A **Tabela 4** e a **Tabela 5** são referentes, respectivamente, às SEV 7 e 8, posicionadas na borda oeste do depósito, em local sem resíduos depositados. Ambas apresentaram quatro camadas mais superficiais.

Material	Espessura da camada (m)	Resistividade (ohm.m)	Cargabilidade (mV.V)
Solo/ sedimento argilo-arenoso	2,23	35,5	1,39
Granito alterado	6	308	38
Granito	Não determinado	770	9,73

**Tabela 3:** Interpretação geológica do levantamento geofísico (SEV 6).

**Fonte:** Hatae (2015).

Material	Espessura da camada (m)	Resistividade (ohm.m)	Cargabilidade (mV.V)
Solo	0,66	867	22,6
Solo/ sedimento argilo-arenoso	1,06	172	25,9
Sedimento argilo-arenoso saturado	19,5	23,2	14,6
Granito	Não determinado	604	29

**Tabela 4:** Interpretação geológica do levantamento geofísico (SEV 7).

**Fonte:** Hatae (2005).

Material	Espessura da camada (m)	Resistividade (ohm.m)	Cargabilidade (mV.V)
Solo superficial	0,54	70	1,01
Solo/ sedimento argilo-arenoso	2,31	50,4	28,8
Sedimento argilo-arenoso saturado	16,3	20,6	13
Granito	Não determinado	300	5,4

**Tabela 5:** Interpretação geológica do levantamento geofísico (SEV 8).

**Fonte:** Hatae (2005).

Com as informações obtidas com as SEV, foi possível construir um mapa com as profundidades em que o nível da água é atingido (**Fig. 4**). Esse mapa possibilitou avaliar a espessura da coluna de lixo “seco”, observando-se estas profundidades e a topografia do local. Ele permite concluir que os melhores locais

para escavação estavam na borda oeste-sudoeste, como já indicado pelos ensaios eletromagnéticos.

De posse das orientações obtidas pelos resultados dos ensaios geofísicos, a equipe de arqueologia do lixo realizou as escavações conforme a **Fig. 1**. As descrições dos pontos são apresentadas na **Tabela 6**.

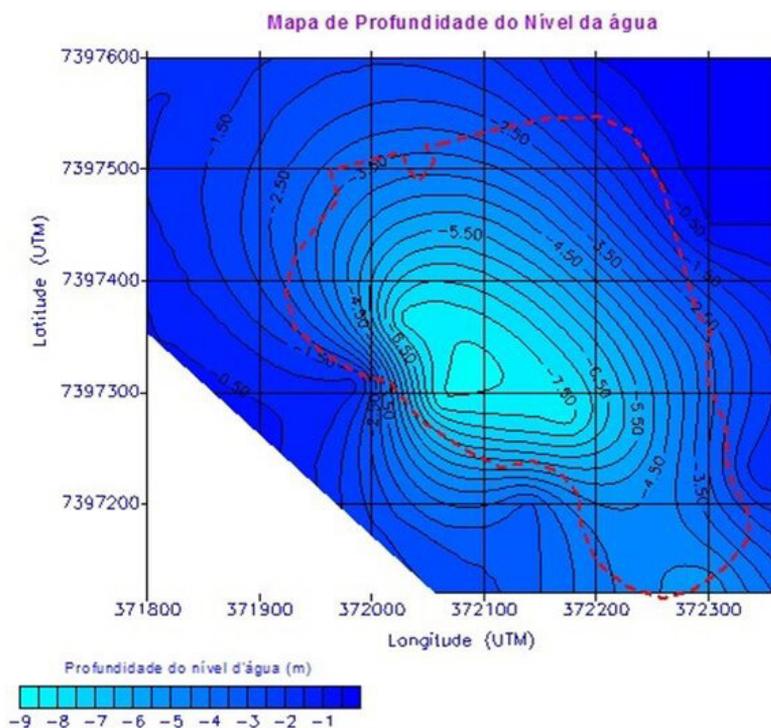


Fig. 4. Mapa de profundidade do nível da água.  
 Fonte: Hatae (2005).

Ponto	Descrição
1	Lat. 7397266 e long. 372181: Foi realizada escavação até 11m de profundidade. Aos 7 metros foi descoberto lixo com muito chorume. No décimo primeiro metro de escavação surgiu material argiloso, indicando a base do aterro; porém ainda existiam traços de lixo, irreconhecível devido ao chorume.
2	Lat. 7397349 e long. 372250: Escavou-se até 5m de profundidade, devido a uma interferência que impossibilitou prosseguir com a escavação.
3	Lat. 7397310 e long. 372210: Realizou-se a escavação até 8m de profundidade, atingindo a base do aterro.
4	Lat. 7397351 e long. 372001: Atingiu até 7m de profundidade, onde a quantidade de chorume era bastante marcante.
5	Lat. 7397373 e long. 371982: Profundidade de 10m, atingindo a base do aterro.
6	Lat. 7397290 e long. 372047: Perfurou-se 12m até a base do aterro.
7	Lat. 7397254 e long. 372093: Profundidade 11m.
8	Lat. 7397183 e long. 372262: Profundidade de 9m.
9	Lat. 7397176 e long. 372305: Profundidade de 4m, não atingiu a base do aterro (não se perfurou mais por razões econômicas).
10	Lat. 7397317 e long. 372882: Escavação utilizando retroescavadeira da prefeitura nas bordas alagadas do lixo. Em face das limitações do equipamento, chegou-se a apenas 5 m de profundidade; material obtido apresentou alto teor de umidade (água/chorume). (Fora da área estudada pela geofísica).

Tabela 6: Descrição dos resultados das escavações.  
 Fonte: Hatae (2005).

Dois pontos de escavação – os de número 1 e 4 – estão localizados muito próximos das SEV 4 e 1, respectivamente. Na **Tabela 7** e na **Tabela 8** são comparados os resultados dessas escavações com os resultados das SEV. O resultado da escavação no ponto 4, posicionada a cerca de 10m da SEV 1, mostra que a profundidade interpretada na SEV para o nível saturado é muito próxima da encontrada na escavação. Um dos aspectos mais importantes é que a grande quantidade de chorume no local, já prevista pela interpretação

geofísica (resistividade de 8,5ohm.m), inviabilizou a continuidade da escavação e, conseqüentemente, a coleta de material. Existe também uma correspondência muito interessante entre a escavação no ponto 1 e a SEV 4, principalmente no posicionamento do nível saturado por chorume: para a base do depósito parece haver uma diferença maior entre os resultados dos métodos geofísico e direto; porém, como ainda havia resíduos misturados a material argiloso, a base do depósito pode estar um pouco mais profunda que o final da escavação.

SEV 1 –camadas	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)	Escavação 4 – camadas	Profundidade (m)
1. Cobertura	0,00 a 1,05	188	1. Resíduos	0,0 a 7,0
2. Resíduos secos	1,05 a 7,62	69		
3. Resíduos saturados (chorume)	7,62 a 14,93	8,5	2 – Resíduos com grande quantidade de chorume (fim da escavação)	7,0
4. Material aluvionar saturado (base do depósito)	14.93 -	295		

**Tabela 7:** Comparação dos resultados da SEV1 com o ponto de escavação 4.

**Fonte:** Hatae (2005).

SEV 4 – camadas	Profundidade (m)	Resistividade (ohm.m)	Escavação 1 – camadas	Profundidade (m)
1. Cobertura	0,00 a 0,96	69	1. Resíduos	0,0 a 7,0
2. Resíduos secos	0,96 a 7,71	29 – 63		
3. Resíduos saturados (chorume)	7,71 a 14,00	13	2 – Resíduos com grande quantidade de chorume (fim da escavação)	7,0 a 11,0
			3 – Resíduos + material argiloso saturado c/ chorume	11,0
4. Material aluvionar saturado (base do depósito)	14,00	106		

**Tabela 8:** Comparação dos resultados da SEV4 com o ponto de escavação 1.

**Fonte:** Hatae (2005).

Os dados teóricos dos levantamentos geofísicos foram comparados com as informações reais obtidas com as escavações por parte da equipe de arqueologia. Observou-se uma correlação muito boa, ficando claro que a indicação da geofísica para proceder às escavações, preferencialmente na borda oeste-sudeste, foi acertada.

Outra vantagem da geofísica é ser um método indireto de investigação das estruturas de subsuperfície, não invasivo e não destrutivo que, portanto, não altera ou degrada os materiais de estudos. Além disso, a aquisição de dados é rápida e prática.

## Conclusões

Os métodos geofísicos utilizados apresentaram bons resultados para aplicações em estudos de arqueologia do lixo. Sua utilização permitiu determinar a profundidade do nível da água e a espessura da coluna de resíduos, de modo que a equipe de garbologia pudesse planejar melhor os locais onde seriam realizadas as escavações. Os resultados geofísicos apontaram como região de maior interesse a borda oeste-sudoeste, onde o nível saturado dentro do depósito é mais profundo, e a camada de resíduos, mais espessa.

Em geral, o nível saturado com chorume dentro da camada de resíduos apresentou os valores mais baixos de resistividade associados a valores altos de cargabilidade. Os valores para os sedimentos abaixo dos resíduos sofreram mudanças sensíveis, com aumento da resistividade e diminuição da cargabilidade.

Apesar de a área de estudo ser caracterizada por materiais muito condutores, a medição de resistividade forneceu boas respostas

para os objetivos do trabalho. O parâmetro cargabilidade não ofereceu boas respostas, pois nem sempre foram obtidos dados de campo de boa qualidade, o que dificultou o ajuste da curva de campo com o modelo matemático gerado pelo software IPI6. Isso se deve à dificuldade do equipamento em gerar o sinal necessário, pois nesse ambiente as respostas de voltagem são normalmente fracas; isto é, o equipamento utilizado não possui a potência necessária para se realizar este tipo de medida com eficiência. Mesmo assim, os valores de cargabilidade ajudaram nas interpretações das camadas (em conjunto com os parâmetros de resistividade), ainda que dentro de certos limites.

No Brasil, este trabalho foi um dos pioneiros no emprego da geofísica como ferramenta para se realizar estudos em arqueologia do lixo. Ao contrário da arqueologia tradicional, em que o papel da geofísica é encontrar pequenos artefatos dentro de um sítio arqueológico, na arqueologia do lixo o sítio arqueológico (lixão) é o próprio objeto de estudo, e cabe à geofísica determinar em que regiões desse “sítio arqueológico” pode-se encontrar maior espessura de resíduos, para que se possa estudar uma escala temporal maior. Neste contexto, a geofísica foi de grande contribuição, pois, de maneira simples e rápida, o grupo de arqueologia obteve várias informações de grande interesse, de modo a coletar maior volume de material com menor gasto em perfurações.

Além de servirem para fins arqueológicos, os dados deste trabalho também podem ser utilizados para estudos de contaminação ambiental, bastando, para isso, a realização de mais levantamentos geofísicos nas regiões com deficiência de informações, devido ao fato de não haver interesse específico.

HATAE, M. ELIS, V., ANDRADE, A. Applying geophysics in garbology. *R. Museu Arq.* *Et.* 40: 55-66, 2023.

**Abstract:** Garbology, also known as garbage archaeology, is a branch of archaeology dedicated to analyzing the waste produced by a given population in search of essential information about their habits. One of its challenges

is the need to dig garbage dumps and landfills of unknown structures to obtain the best sampling at the lowest cost possible. This study provides a solution to this problem by using geophysics (electromagnetic and electrical methods) to determine the potential regions to be excavated in the Mogi das Cruzes dump. Applying geophysics allowed to characterize the subsurface structures by the conductivity and resistivity parameters of different materials and structures, providing the thickness of the waste layer at different points and their respective water-level depths. By employing this method, potential regions to be excavated were selected and the geophysical data were subsequently compared with the information from the excavations. This demonstrates the reliability, cost-effectiveness, and non-invasiveness of the method.

**Keywords:** Garbology; Geophysics; Dump; Mogi das Cruzes; Resistivity.

### Referências bibliográficas

- Allen, S.J.; Porsani, J.L.; Poluha, B. 2017. Geofísica arqueológica no ambiente da arqueologia urbana: Proposta metodológica para projetos públicos. *Revista de arqueologia* 30: 235-254.
- Andrade, A.W.O. 2006. *Arqueologia do lixo: um estudo de caso nos depósitos de resíduos sólidos da cidade de Mogi das Cruzes em São Paulo*. Tese de doutorado. Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Aragão, R.C.; Luiz, J.G.; Lopes, P.R.C. 2010. Metodologia geofísica aplicada ao estudo arqueológico dos sítios Bittencourt e Jambuaçu, Estado do Pará. *Revista brasileira de geofísica* 28: 249-263.
- Araújo, A.R. 2018. *Boletim da Universidade Federal de Minas Gerais*. Disponível em: <https://bit.ly/3xN580E>. Acesso em: 30/09/2020.
- Brito-Schimmel, P. et al. 2002. Aplicação de métodos geofísicos em arqueologia. Primeiros resultados obtidos no Sambaqui Fluvial Capelinha, Cajati-SP, Brasil. *Revista do museu de arqueologia e etnologia* 12: 43-54.
- Elis, V.R. 1998. *Avaliação da aplicabilidade de métodos elétricos de prospecção geofísica no estudo de áreas utilizadas para disposição de resíduos*. Tese de doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- Hatae, M. 2005. *Aplicação de geofísica como subsídio para estudos de arqueologia do lixo*. Dissertação de mestrado. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Instituto de Pesquisa Tecnológica do estado de São Paulo. 1981. *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. IPT, São Paulo, 2 v.
- McNeill, J.D. 1980. *Eletromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers*. Geonics, Ontário. Nota técnica nº 6.
- Orellana, E. 1972. *Prospeccion geoelectrica en corriente continua*. Paraninfo, Madrid.
- Rathje, W.; Murphy, C. 1992. *Rubbish!: the archaeology of garbage*. HarperCollins, New York.
- Sumner, J.S. 1976. *Principles of Induced polarization for Geophysical Exploration*. Elsevier, Amsterdam.
- Waldman, M. 2010). *Lixo: cenários e desafios*. Cortez, São Paulo.