



## Identificação de aquífero fissural por meio de VLF

Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento (\*), Universidade de Brasília, Brazil.

Andréia de Almeida, Universidade de Brasília, Brazil.

Rafael Rodrigues Silva, Universidade de Brasília, Brazil.

Vanessa Xavier de Sousa Silva, Universidade de Brasília, Brazil.

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13<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 purpose of this work is to present the results of a ground geophysical survey in a murundus field, using the VLF electromagnetic method. Murundus are relief formations founded in savanna regions, such as the Brazilian Cerrado, formed by earth mounds associated with the presence of water. The study area is located in northeast quadrant of the Distrito Federal, near Águas Emendadas Ecological Station (ESECAE), an environmental conservation area. The results permitted to identify anomalies probably related with water filled fractures below the murundus field.

### Introdução

O termo murundu é usado em várias partes do Brasil para designar elevações circulares com até 1 metro de altura e de 5 a 10 metros de diâmetro, que costumam ocorrer em grande quantidade em áreas planas e inundáveis. A origem dos murundus ainda não está bem estabelecida sendo que existem duas hipóteses para explicar sua formação. A primeira é a de que os murundus seriam relevos residuais que resultam da ação erosiva diferencial das águas de escoamento superficial. A segunda hipótese é a de que os murundus seriam construções resultantes da atividade de cupins (Castro Júnior et al. 2004; Marimon et al. 2012).

O presente trabalho teve como objetivo estudar um campo de murundus localizado na borda leste da Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE), no quadrante nordeste do Distrito Federal. Nesse estudo utilizou-se o método geofísico VLF (Very Low Frequency) num perfil transversal a esse campo. O pressuposto do trabalho foi o de que sob o campo de murundus existiria um aquífero fissural, sendo que as fraturas com água desse aquífero forneceriam anomalias condutivas detectáveis por meio de métodos geofísicos eletromagnéticos, como o VLF. O campo de murundus em estudo situa-se num divisor de bacias e a

identificação de fraturas com água sob esse campo poderia indicar uma conexão entre essas bacias a exemplo do que acontece dentro da ESECAE.

### Método

A utilização de métodos geofísicos eletromagnéticos envolve a medição de campos elétricos e magnéticos. No transmissor, geralmente uma bobina percorrida por uma corrente elétrica alternada, é gerado um campo magnético primário ( $H_p$ ). O campo primário interage com condutores presentes na subsuperfície, gerando correntes elétricas, as quais por sua vez, levam ao surgimento de um campo magnético secundário ( $H_s$ ). O receptor, outra bobina, é influenciado pelos campos primário e secundário. A relação observada entre  $H_s$  e  $H_p$  é proporcional à condutividade dos materiais em subsuperfície (Telford et al. 1990).

No método geofísico VLF opera-se com ondas de rádio no intervalo de 15 a 25 kHz como campo magnético primário. Podem-se usar estações de rádio portáteis ou utilizar as ondas geradas por estações militares que operam em sua maioria no hemisfério norte. Nestes casos seleciona-se uma estação cuja localização e potência permitam boa recepção na área de estudo. Em ambos os casos, é necessário observar a orientação da propagação do sinal em relação ao alvo condutor. Para um condutor tabular e vertical, por exemplo, sua direção deve ser ortogonal ao campo magnético primário e as medidas serão obtidas em linhas ortogonais ao condutor. Realizam-se perfis na região de interesse e posteriormente as leituras são plotadas como função da distância. Os gráficos são analisados visando conhecer a localização e a profundidade dos alvos causadores das anomalias (Souza, 2005).

Alguns fatores capazes de influenciar um levantamento de VLF são o contraste entre a resistividade do meio e do alvo, a atenuação do sinal com a profundidade, o relevo, e aqueles relacionados com a atividade solar, como época do ano, hora do dia e latitude. A radiação eletromagnética gerada por equipamentos domésticos ou industriais também afeta a qualidade do sinal. Cercas de arame, dependendo de sua orientação em relação ao campo primário também influenciam. Finalmente, cabe lembrar que as estações transmissoras interrompem periodicamente suas atividades para efetuar manutenção (Nascimento, 2011).

Os aquíferos são as porções da zona saturada que podem ser aproveitadas como fontes de abastecimento de água. O estudo dos aquíferos pode ser feito por meio

de investigação direta, empregando-se estratégias de amostragem e análise da água, ou por meios indiretos, destacando-se neste caso a utilização de métodos geofísicos (Manoel Filho, 1997).

Campos (2004) classificou os aquíferos do Distrito Federal em dois grandes domínios: poroso e fraturado. Os aquíferos porosos correspondem aos solos, manto de alteração das rochas e aluviões. Suas características incluem espessura variando de 15 a 25 metros, grande extensão e continuidade lateral e maior susceptibilidade à poluição. São aquíferos freáticos cujo aproveitamento é realizado por meio de poços rasos, com vazões inferiores a 800 litros por hora. A importância destes aquíferos reside na sua função de alimentação das drenagens superficiais nos períodos de pouca precipitação e também pelo fato de representarem a interface entre a zona não saturada e os aquíferos mais profundos, inclusive aqueles do domínio fraturado.

Os aquíferos fraturados correspondem aos meios rochosos nos quais a água ocupa descontinuidades como fraturas, falhas e zonas de cisalhamento. São aquíferos livres ou confinados cuja profundidade pode chegar a 250 metros e nos quais o aproveitamento ocorre por meio de poços tubulares profundos com vazões entre 5.000 e 12.000 litros por hora.

A área de estudo situa-se no quadrante nordeste do Distrito Federal, próximo da Estação Ecológica Águas Emendadas, assim denominada pelo fato de ali existir uma nascente comum às duas maiores bacias hidrográficas sul-americanas, Amazônica e Platina. Desta nascente surgem o Córrego Vereda Grande que verte para o norte em direção ao Rio Maranhão, tributário do Tocantins (Bacia Amazônica), e o Córrego Fumal, que corre em direção oposta e alimenta o Rio Corumbá, afluente do Paranaíba (Bacia Platina) (Condé, 1998).

O campo de murundus estudado nesse trabalho tem forma elíptica medindo aproximadamente 2000 metros no sentido leste-oeste e 1000 metros no sentido norte-sul. Ele situa-se imediatamente a leste da ESECAE e é cortado no sentido do seu comprimento menor pela estrada DF-405 (Figuras 1 e 2).

Pode-se observar a predominância de solos hidromórficos no local dos murundus, circundados por latossolos vermelho-amarelos. Nesse local são desenvolvidas principalmente atividades agrícolas. Formações vegetais típicas de Cerrado podem ser encontradas na ESECAE, com poucos resquícios nas propriedades rurais. O clima local é Tropical Chuvoso (Aw), conforme a classificação de Köppen.

A existência desse campo parece ser fortemente controlada pelo relevo local, posto que ele localiza-se sobre um divisor topográfico de bacias. A altitude no campo é de 1170 metros, crescendo para sudoeste e para nordeste e diminuindo para noroeste e sudeste.

Para visualização do sentido do fluxo da água nesse local foi elaborado um modelo de elevação do terreno com base em dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) fornecidos pela Embrapa (Miranda, 2005). Esse modelo mostra que a água se desloca de nordeste e de sudoeste convergindo no campo de murundus (Figura 3).

A partir do campo a água flui em direções opostas, para noroeste, originando o córrego Tabatinga, dentro da ESECAE, e também para sudeste, originando drenagens afluentes do ribeirão Pipiripau. O modelo de elevação foi construído por meio do software Surfer (Golden Software).

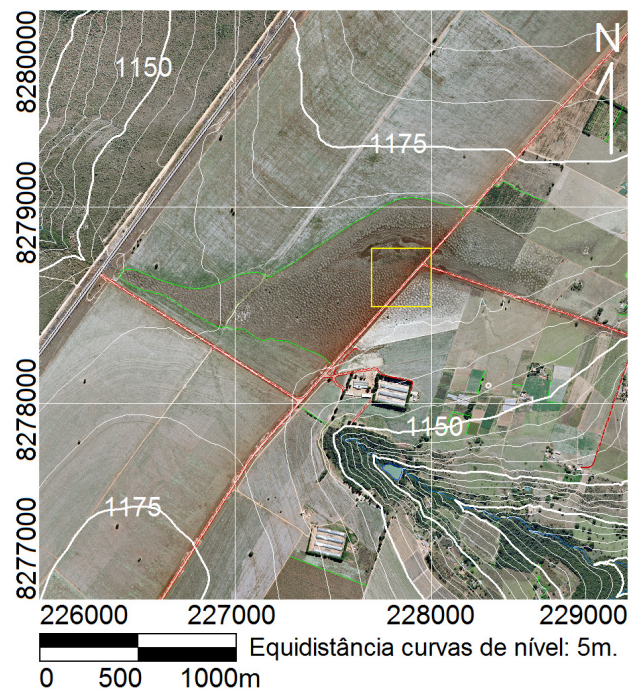


Figura 1. Fotografia aérea da área de estudo. O detalhe do centro do campo de murundus é mostrado na figura 2. As coordenadas UTM são expressas em metros e posicionadas na zona 23 L. Fonte: SEDHAB (2009).



Figura 2. Região central do campo de murundus, destacando as formas circulares de relevo com diâmetro de aproximadamente 10 metros. Fonte: SEDHAB (2009).

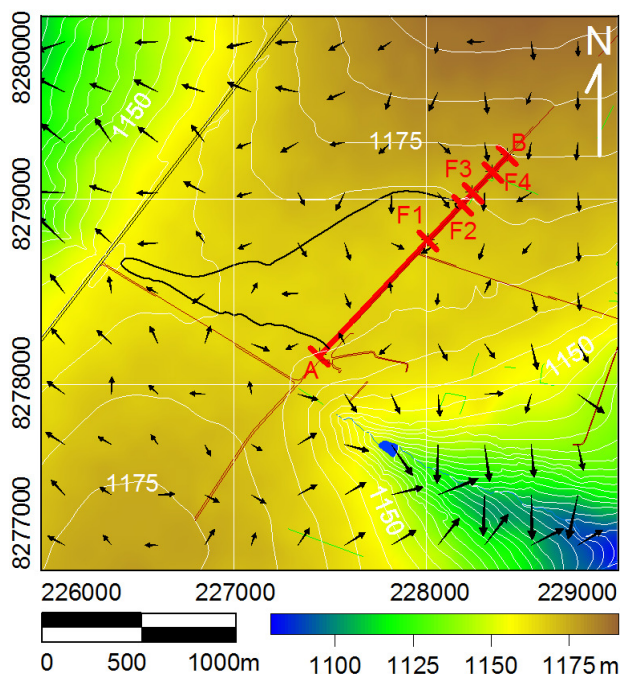


Figura 3. Modelo de elevação da área de estudo mostrando o local do levantamento geofísico (Perfil A-B), as anomalias observadas (F1, F2, F3 e F4) e as setas indicativas do sentido do fluxo da água.

## Resultados

O levantamento geofísico foi realizado na estrada DF-405, no sentido sudoeste-nordeste, e consistiu na realização do perfil A-B, de 1520 metros de comprimento, com leituras a cada 10 metros (Figura 3). O trabalho foi executado no dia 03 de janeiro de 2013, com início às 09:00 e término às 11:00.

O equipamento geofísico utilizado foi o EM-16, fabricado pela Geonics, Canadá. As leituras, no caso do EM-16, correspondem a valores entre +150% e -150%. Esses valores expressam a relação das componentes em fase e fora de fase (quadratura) do campo secundário com o campo primário. Foram utilizadas as ondas eletromagnéticas com frequência de 24 kHz, oriundas da estação NAA, localizada na costa nordeste dos EUA.

Durante os trabalhos com esse equipamento, normalmente observam-se leituras em fase crescentes ao se aproximar de um condutor e decrescentes com o afastamento desse condutor. As leituras fora de fase tendem a acompanhar aquelas em fase, exceto em casos onde existe uma cobertura condutiva. Nestes casos o comportamento das leituras fora de fase costuma ser oposto ao das leituras em fase. Em ambas as situações, o cruzamento das duas curvas tende a indicar o posicionamento do condutor na linha do levantamento geofísico (Kearey, 2009).

A figura 4 apresenta o resultado do levantamento geofísico. As leituras em fase variaram entre 50 e -150%. As leituras fora de fase variaram entre 50 e -50%. As curvas em fase e fora de fase se cruzaram em quatro

posições (F1, F2, F3 e F4), respectivamente 880, 1150, 1240 e 1400 metros, contados a partir do início do perfil. A anomalia F1 coincide com a região de maior acúmulo de água no campo de murundus. A anomalia F2 coincide com a borda norte desse campo e o início da área de plantio. As anomalias 3 e 4 situam-se a norte do campo de murundus.

Observando-se a disposição dos cursos d'água nessa região, verifica-se que a área de estudo situa-se no ponto médio do alinhamento que une duas drenagens com sentidos opostos de escoamento. Essa situação leva à suposição de que esse alinhamento corresponda a uma fratura (ou grupo de fraturas) em subsuperfície através da qual a água concentrada no campo de murundus escoaria para as bacias Pipiripau e Tabatinga. Essas fraturas seriam as causadoras das anomalias observadas no perfil de VLF.

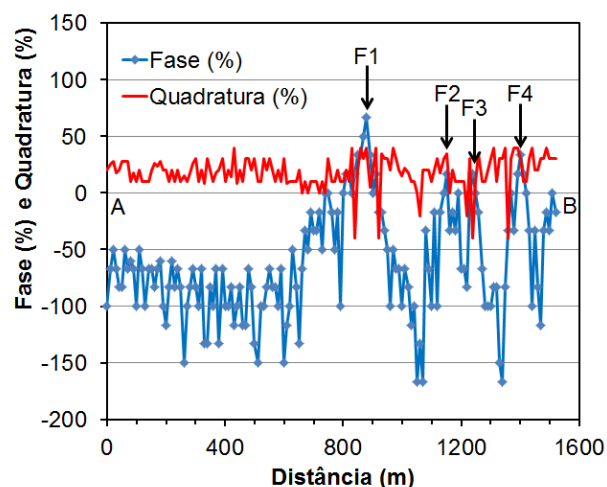


Figura 4. Resultado do perfil de VLF.

## Conclusões

Os dados obtidos por meio do método VLF possibilitaram identificar a posição de condutores associados a possíveis fraturas com água presentes na subsuperfície do campo de murundus. Desse modo, o método mostrou-se adequado para o presente levantamento. Recomenda-se neste caso, a realização de um novo perfil paralelo ao já realizado, a fim de confirmar a conexão subsuperficial entre as bacias locais através de um aquífero fraturado.

## Referências

Campos, J. E. G., 2004, Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos: Revista Brasileira de Geociências, 34(1): 41-48.

Castro Júnior, P. R., Girard, P., Cunha, C. N., 2004, Dinâmica hídrica em campos de murundus: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

Condé, R. C. C., 1998, Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal, relatório técnico, volume IV, vegetação do Distrito Federal: Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do Distrito Federal e Universidade de Brasília.

Kearey, P., 2009, Geofísica de Exploração: Oficina de Textos.

Manoel Filho, J., 1997, Água subterrânea: histórico e importância. In: Feitosa, F. A. C., Manoel Filho, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Marimon, B. S., Marimon-Junior, B. H., Mews, H. A., Jancoski, H. S., Franczak, D. D., Lima H. S., Lenza, E., Rossete, A. N., Moresco, M. C., 2012, Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil: Acta Botanica Brasilica, 26(1): 181-196.

Miranda, E. E., 2005, Brasil em Relevo Carta SD-23-Y-C: Embrapa Monitoramento por Satélite.

Nascimento, C. T. C., 2011, Localização de estrutura subterrânea empregando VLF: II Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo.

SEDHAB., 2009, Mapeamento Aerofotogramétrico do Distrito Federal Folha 41: Secretaria de Estado de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano.

Souza, N. P. R., 2005, Discussão sobre aspectos da locação de poço nos levantamentos de EM-VLF, Revista de Geologia, 18(1): 27-35.

Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., 1990, Applied Geophysics: Cambridge University Press.

## Agradecimentos

Ao Laboratório de Geofísica Aplicada da Universidade de Brasília por disponibilizar o equipamento de VLF.