



INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DE EROÇÃO UTILIZANDO MÉTODOS GEOFÍSICOS SP E GPR

Gustavo Nogueira Dias¹(UFPA), Lúcia Maria da Costa e Silva²(UFPA), Eric Sandro Ferreira da Silveira³(UFPA)

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV 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.

Resumo

O trabalho trata sobre a erosão fluvial na orla da Universidade Federal do Pará, situada na cidade de Belém, a margem do Rio Guamá, região de clima tropical úmido, onde se observa o alto grau de erosão por atrito lateral das águas fluviais, produzindo escavações e ocasionando o desabamento parcial e total do teto das regiões.

Os métodos utilizados foram: Radar de Penetração do Solo (GPR) e Potencial Espontâneo (SP). As medidas do GPR foram utilizadas para detectar regiões mais saturadas e a detecção de raízes além do efeito da ação antrópica, e o SP os níveis de potencial e a direção do fluxo de água subterrânea.

Para este trabalho foi selecionada uma região de 200m apresentando um nível extremo de erosão, onde se observa padrões de resposta diferenciados.

Introdução

Os sistemas fluviais desempenham papel importante na organização espacial, influenciando processos ligados à vida do homem nas mais diferentes escalas. Em várias localidades, o desafio é a contenção da erosão causada no caminho percorrido pelos rios.

Este trabalho faz parte de uma série de esforços dirigidos para remediar a ação do rio Guamá sobre a orla da Universidade Federal do Pará (UFPA).

A erosão ganhou especial destaque no início de 2008, quando desabou parte da pista da UFPA que margeia o rio Guamá no campus profissional impedindo o tráfego de veículos e pedestres pelo local, assim como os muros de contenção feitos há alguns anos. Para conter o efeito erosivo do rio Guamá.

A prefeitura do Campus havia usado dois tipos de contenção: concreto e malha de aço preenchido por cascalho sacos de cimento colocado em áreas mais afetadas além de refazer parte do asfalto que havia desabado com a erosão. Ainda que a força da erosão ao longo dos anos tenha aumentado, as contenções mostram-se numa investigação superficial eficazes para resolver o problema. É útil, portanto, estudar a subsuperfície próxima ao rio com métodos geofísicos, na

expectativa de compreender melhor sua interação com a ação das marés.

Área

A (figura 1) mostra parte do campus profissional, ente a ponto do igarapé Tucunduba, a SW e o Porto da Canoagem, a NE (perfil AB). Trechos da margem relativamente intacta revezam com trechos com grande erosão, como mostrado na figura 2 entre 110 a 145 m de AB (sacos de cimento aparecem entre 125 e 130 m), a despeito da contenção em concreto.

A litologia da área é constituída de:

Camada de húmus – tem em torno de 18 cm de espessura, rica em húmus (material orgânico) apresentando raízes;

Camada areno-argilosa – com 30 cm de espessura, é composta de sedimentos amarelados;

Camada de argila e seixos – possui 18 cm de espessura com concreções ferruginosas em tom vermelho-alaranjado;

Camada de silte e argila – apresenta cerca de 19 cm de espessura composta por sedimentos com coloração vermelho-amarelada.

Região Metropolitana de Belém

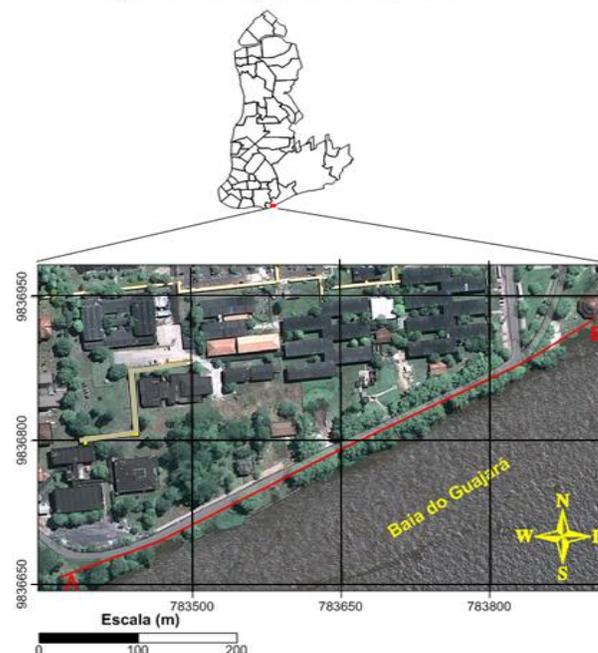


Figura 1 – Localização da região da ponte do Tucunduba e o Porto da Canoagem.



Figura 2 - Grande erosão já chegando á pista, de 110 a 145 m, com sacos de cimento, localizado entre 125 e 130 m.

Metodologias

O perfil AB de 600 m e seus arredores, assinalado em vermelho na figura 1, foi submetido à investigação geológica bem como à investigação com dois métodos geofísicos: SP e GPR.

O Método do Potencial Espontâneo ou abreviadamente SP detecta correntes naturais que fluem na subsuperfície, sendo útil para indicar movimentação das águas do lençol subterrâneo livre (fenômeno da Eletrofiltração, [GALLAS, 2005]. Uma das barreiras que se apresenta para a aplicação do SP é a topografia plana, que inibe o gradiente hidráulico. A abundância de água na região, contudo, pode explicar o motivo da aplicação do SP fornecer resultados úteis na região, a despeito da topografia plana). Por outro lado, o perfil sob estudo deve ser afetado pelas marés.

Os dados foram adquiridos nos dias 06 e 07 de junho de 2010 no período da maré baixa e nos dias 10 e 11 de junho de 2010 no período da maré alta. A movimentação das marés foi utilizada com a finalidade de observar os diferentes fluxos e afluxos de água e seus respectivos comportamentos em horários de pico da maré baixa e alta. A área foi preparada de modo a se ter pequenos orifícios da ordem de 5 cm de profundidade livrando da grama e raízes superficiais, feitos com "Draga" separados de dois em dois metros do início da ponte do Tucunduba até 30m antes do Porto de Canoagem, totalizando 212 estações.

No levantamento de potencial espontâneo na orla da UFPA, entre a ponte do Tucunduba e o Porto de Canoagem, como podemos ver com a figura 01. Foram empregados eletrodos não polarizáveis de cobre Cu em solução saturada de sulfato de cobre Cu₂SO₄, contida em um recipiente poroso sendo necessário para que se processe uma passagem lenta e suave da solução contida no pote para o solo, estabelecendo-se desta forma o contato e um voltímetro de elevada impedância de entrada (da ordem de 1014 ohms) construída pela UFPA foram realizadas com método de levantamento de dados conhecido como "Método Potencial", em que um eletrodo não polarizável permanece inerte no infinito.

O Método Eletromagnético (Ground Penetrating Radar), conhecido como Radar de Penetracao do Solo ou pela abreviatura GPR, emprega ondas eletromagnéticas emitidas por uma antena transmissora que se propagam nos materiais da subsuperfície, sofrendo reflexão, refração e difração; as ondas refletidas que retornam à superfície podem ser detectadas pela mesma antena transmissora ou em outra antena colocada próximo (AUGUSTIN, ARANHA, *et al.* 2001). O GPR permite uma investigação com alta resolução da subsuperfície, que pode revelar variações litológicas, variações na porosidade, bem como compreender o caminho da água em subsuperfície. (DANIELS. D. J., 2005) As medidas de GPR foram realizadas com uma antena de 200 MHZ. A velocidade da onda foi calculada em 0,085m/ns tendo como base a assinatura do nível hidrostático e a observação de sua profundidade enterrando um macaco de um veículo a 30 cm de profundidade, o suficiente para que as ondas eletromagnéticas do GPR façam a detecção (GRANT. F. S , 1965) .

Neste trabalho foram feitos oito perfis: 0 a 100 m, 100 a 180 m, 180 a 230 m, 280 a 380 m, 380 a 460m, 460 a 550 m e 560 a 600 m. Todos investigados em maré alta e baixa respectivamente nos dias 14 e 15 de março de 2010. As marcações foram feitas de 10 em 10 metros. Foi escolhido o perfil de 100 a 180 m , pois é a região em que a erosão mais atingiu o local. Além dos perfis contínuos foi feita 1 região paralela aos perfis anteriores, onde foi realizada a técnica em 3D, mostrando a região afetada em blocos diagramas. Foi realizado no perímetro entre 100 e 150 m , sobre a pista ao lado do perfil de 100 a 180 m . A técnica consiste em passar vários perfis paralelos, separados entre si por 50 cm de modo que o programa por meio de interpolações gere um bloco diagrama da região. Na região da fig 02 foram feitos 12 perfis paralelos na direção NE conforme o sentido amostrado.

Apresentação dos Resultados e Interpretação

POTENCIAL ESPONTÂNEO

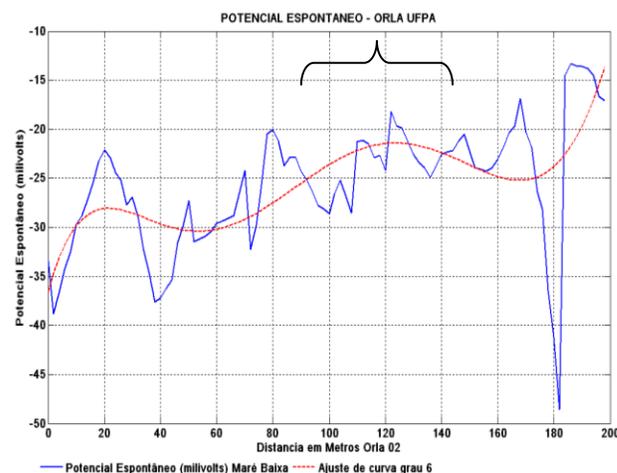


Figura 03 – Gráfico correspondente ao Potencial Espontâneo em Maré Baixa. Tracejado vermelho: curva polinomial de grau 6. Colchete: posição de erosão.

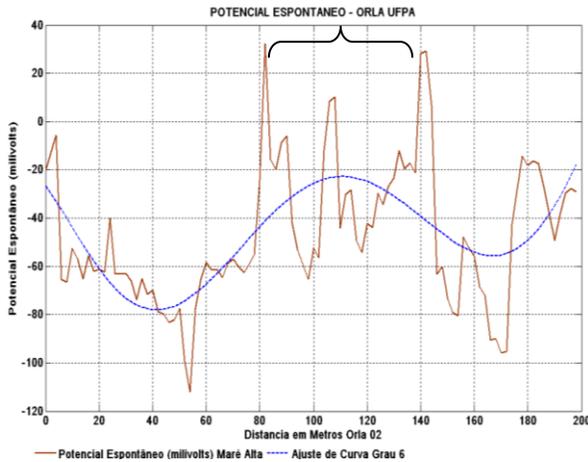


Figura 04 – Gráfico correspondente ao Potencial Espontâneo em Maré Alta. Tracejado vermelho: curva polinomial de grau 6. Colchete posição de erosão.

Os resultados de SP obtidos entre 0 e 200 m do perfil AB, obtidos na maré baixa e na maré alta são apresentados nas figuras 3 e 4, respectivamente. O eixo dos x mostra as posições ao longo do terreno, enquanto o eixo dos y, a voltagem medida em mV. Para filtrar as frequências altas espaciais foi ajustado um polinômio de grau 6 aos resultados. O colchete assinala a posição da erosão mostrada na figura 2.

Os resultados mostram muito ruído. Na maré baixa, os resultados não evidenciam a zona erodida, mas já na maré alta, observa-se que a essa zona corresponde um alto nas voltagens. No fenômeno da eletrofiltração, a água remove os cátions para as porções mais baixas, topograficamente, surgindo potencial positivo nessas porções. Os resultados mostram que a zona erodida é marcada por altos na voltagem, significando que é por essas áreas que está ocorrendo a movimentação preferencial da água.

GPR

Os dados obtidos foram processados com o programa Reflex-Win 5.2 da Sandmeier Software. A seguinte seqüência de processamento foi utilizada: Correção Estática, Interpolação das Marcas de Posicionamento, Remoção do Ganho Inicial, aplicação do ganho linear e Exponencial, aplicação dos filtros Butterworth, Dewow e Running Average. Os resultados de um trecho do perfil são apresentados sob a forma de radargramas nas figuras 05 e 06, obtidas na maré baixa e alta, respectivamente.

Os radargramas das Fig. 05 e 06 mostram várias feições entre as quais raízes e tubulações bem como, partir de cerca de 1 m e 2m de profundidade, que o sinal é absorvido pela camada de argila, atuando como um refletor as ondas do radar. Destacam-se, contudo, nos radargramas: a zona de erosão contida por sacos de cimento aos 130,5 m, observada em ambos os radargramas, como uma zona em que o sinal obtido na maré alta, é absorvido, em condições de maré baixa; aos 118 m há a presença de uma tubulação de posição perpendicular ao perfil; entre 140 e 170 m observamos a

formação da erosão já com a desestruturação da subsuperfície de 0,2 a 1 m de profundidade, observados nas duas marés.

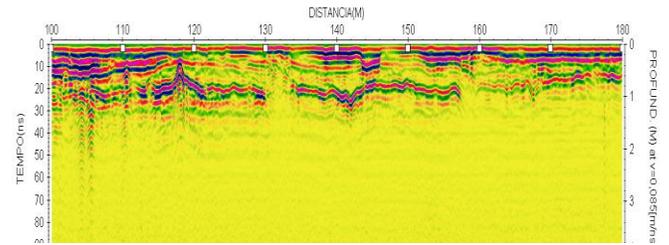


Figura 05 – Radargrama exibindo o perfil com regiões erodidas de 100 a 180m durante a Maré Baixa.

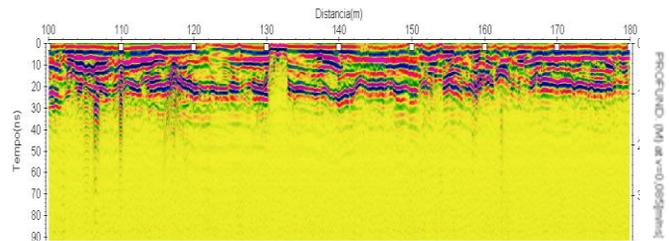


Figura 06 – Radargrama exibindo o perfil com regiões erodidas de 100 a 180 m durante a Maré Alta.

Na região de 100 a 150 m foi feito um 3D do espaço em questão, com 12 perfis paralelos ao perfil de 100 a 180 m com direção NW em relação à orla. Os dados foram gerados a cada 25 cm e foram reunidos sob a forma de blocos diagramas. As figuras 07 e 08 mostram o trecho entre 100 a 150 m, aos 25 cm nas marés altas e baixas, respectivamente. As figuras 09 e 10 mostram os mesmos blocos diagramas à profundidade de 50 cm nas mesmas condições dos anteriores.

A infiltração de água (azul) na pista aos 25 cm de profundidade, correspondente a camada areno-argilosa, composta de sedimentos amarelados, justamente na região de maior erosão entre 120 e 130m observamos uma maior concentração da região saturada Fig. 07 e 08.

A coluna lateral à direita mostra a amplitude do sinal das ondas do GEORADAR associada às cores.

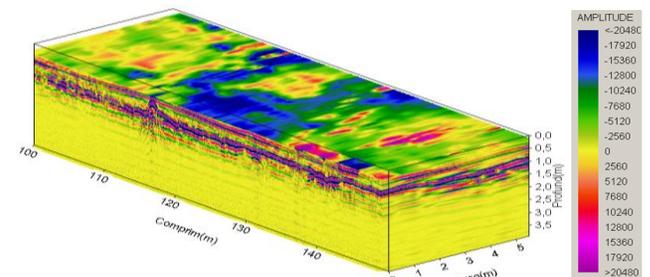


Figura 07 - Perfil Erodido Maré Baixa 100 e 150m PROFUNDIDADE: 0,25m

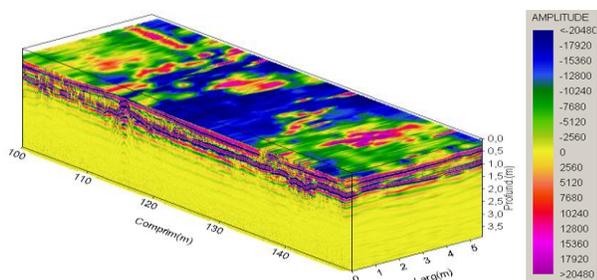


Figura 08 - Perfil Erodido Maré Alta 100 e 150m
PROFUNDIDADE: 0,25m

As figuras mostram o caminho da água (em azul) por volta de 130,5m bem como já permitem afirmar que entre a área entre 120 e 130 m deve ser remediada com urgência bem como que por volta de 105 e 147,5 m poderá haver outros desmoronamentos.

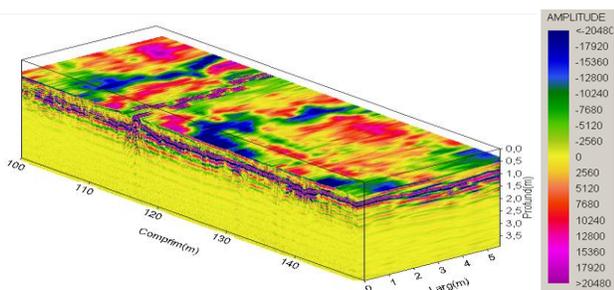


Figura 09 - Perfil Erodido Maré Baixa 100 e 150m
PROFUNDIDADE: 0,50m

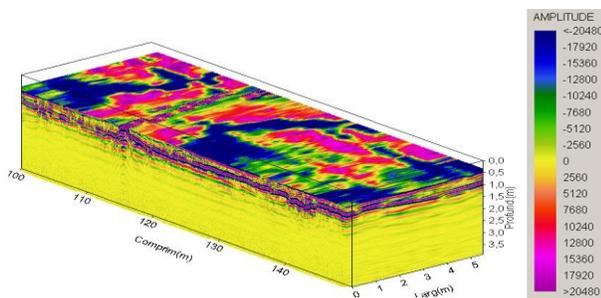


Figura 10 - Perfil Erodido Maré Alta 100 e 150m
PROFUNDIDADE: 0,50m

Conclusões e Trabalhos em Andamento

Os resultados obtidos com os dois métodos geofísicos utilizados – SP e GPR – sugerem que esses métodos podem ser usados para indicar áreas que devam receber contenção ou contenção adicional. Essas áreas são aquelas em que o efeito erosivo é mais efetivo porque a infiltração da água é facilitada. Isso pode estar associado à variações litológicas e ao caminho preferencial traçado pelas águas do rio que entram (alta

mar) e que saem (baixa mar) todos os dias, bem como escoam as águas das chuvas. A utilização do GPR permitiu dessa forma a associação das diferentes amplitudes a materiais saturados além da amostragem de raízes e da ação antrópica, como tubos, caixas de esgoto, vegetações implantadas e restos de construção.

As litologias e estruturas afetam o perfil longitudinal do Rio Guamá, promovendo anomalias na sua forma, alterando o gradiente fluvial e, conseqüentemente, as condições de transporte da carga sedimentar. Isso deu origem a trechos onde predomina entalhamento e transporte de sedimentos. A sucessão de trechos com gradientes fluviais diferentes promoveu a formação de padrões de canais distintos onde as aplicações dos métodos geofísicos puderam amostrar e discriminar alguns dos processos erosivos ocorridos no perfil relatado.

Não é conhecido o uso da Geofísica para a avaliação geotécnica de áreas a receberem contenção de erosão nas quais o controle estrutural não é relevante. Desta forma, o presente trabalho não só disponibilizou informações para a Prefeitura do Campus sobre áreas de maior probabilidade de desmoronamento devido à erosão em curso como também exemplifica uma nova aplicação da Geofísica em Geotécnica. O trabalho contará ainda com a avaliação da utilidade do Slingram (LIN) e de eletrorresistividade nesse tipo de investigação.

Agradecimentos

Ao Curso de Pós-Graduação em Geofísica e a Prefeitura do campus da Universidade Federal do Pará, pelo apoio ao trabalho.

Referências

AUGUSTIN, C.H.R.R. ARANNHA, P.R.A. Timbó-Elmiro, et al. A ocorrência de pipes descontínuos em Gouveia MG, Brasil, detectado com o auxílio do Ground Penetrating Radar (GPR), 2001.

DANIELS. D. J. Ground Penetrating Radar, 2nd Ed. London, U.K.: The Institution of Electric Engineers, IEE Radar, Sonar and Navigation Series, 2004.

GRANT. F. S.; WEST, G. F. interpretation theory in Appliel d Geophysics. New York: Mc Graw-Hill Book, 1965. 584 p.

GALLAS JDF, 2005. O Método do Potencial Espontâneo (SP) – Uma Revisão sobre suas causas, seu uso histórico e suas aplicações. Revista Brasileira de Geofísica, 2005, 23(2): 133-144.