



APLICABILIDADE DOS MÉTODOS NÃO INVASIVOS NA ENGENHARIA

Emanuely Velozo Aragão Bueno¹, Etienne Taina Damaceno Ferreira², Vinicius Carrijo Dos Santos³, Tamires Soares Ferreira⁴, Katherine Kaneda Moraes⁵, Dante Alves Medeiros Filho⁶

RESUMO: Os projetos de engenharia apresentam suas etapas para construção, porém nem todos utilizam os métodos existentes para analisar o solo em que será implantada uma obra. Essa análise necessita ser agregada em todas as empresas, pois combate grandes prejuízos futuros que possam surgir. No entanto esse método pode ser aplicado também em diversos segmentos como determinação de poluidores que se encontram submersos. Portanto essa etapa deve ser acrescentada a mentalidade de todos que possam utilizar essa ferramenta. Assim a pesquisa apresenta um método geofísico não invasivo que tem sua aplicabilidade eficaz, pois não agride o meio ambiente e não causa transtornos para populações que possam estar próximas às áreas analisadas. Sendo assim será relatado um estudo de caso, onde utilizaram o GPR (Ground Penetrating Radar) ou Georadar para averiguar a presença de minérios no solo, na qual se constatou no solo a presença de camadas de solos argilosos e de minérios cujo se faz o principal objetivo.

Palavras-chave: GPR; Métodos Geofísicos; Minérios.

1 INTRODUÇÃO

Nos projetos de engenharia a geofísica aplicada é de fundamental importância. Porém as empresas desconhecem as diversidades destes métodos, sua correta aplicação suas limitações e seus verdadeiros potenciais (Souza et.al. 2012).

Os ensaios geofísicos auxiliam na investigação geoambiental de forma detalhada das propriedades existentes na área estudada. Suprem a necessidade de conhecer o solo de forma mais rápida e com maior precisão para possíveis construções e realiza um levantamento de materiais existentes e pontos de contaminação da área analisada.

Em estudos geotécnicos o uso do GPR (Ground Penetrating Radar) pode ser utilizado, pois este teste não denigre o meio avaliado. Estes testes conhecidos como prospecção geofísica são utilizados na detecção de fraturas existentes no solo, de maciços rochosos, em estudos geotécnicos e como ensaio não destrutivo no meio ambiente (Ucha et.al. 2010).

Diversos testes demonstram amostras da área em que se deseja realizar o estudo, porém alguns destes devem ser retirados amostras. Sendo assim acabam danificando o meio de forma prejudicial. Além de causar transtornos as pessoas que circundam o local.

Segundo Uchoa et.al., 2010 No Brasil este ensaio é pouco utilizado, seja em pesquisas pedológicas e as geomorfológicas. Em outros países esse método é utilizado constantemente em diversas pesquisas. O uso do GPR pode trazer diversas contribuições para o entendimento das transições entre os tipos de solos, seja naqueles que apresentam alguma diferenciação morfológica e no acompanhamento da transformação do relevo.

Esta pesquisa apresenta um objetivo geral de demonstrar um método geofísico pouco utilizado, mas que auxiliam de forma surpreendente as engenharias. Desta forma será apresentado um estudo de caso realizado na cidade de Paragominas estado do Pará onde utilizaram o GPR (Ground Penetrating Radar) conhecido como georadar.

2 MÉTODOS NÃO INVASIVOS

Estes métodos não invasivos existentes apresentam vantagens que podem auxiliar de forma positiva o desenvolvimento de diversas pesquisas. Todas as empresas podem adquirir este equipamento, pois seu

¹Mestranda do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Urbana - PEU – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – PR. aragoemanuely@gmail.com

²Mestranda do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Urbana - PEU – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – PR. eti_tayna@hotmail.com

³Mestrando do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Urbana - PEU – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – PR. vinicius.gc@hotmail.com

⁴Mestranda do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Urbana - PEU – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – PR. tami_sf@hotmail.com

⁵Mestranda do Programa de Pós – Graduação em Engenharia Urbana - PEU – Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá – PR. katherinekaneda@hotmail.com

⁶Professor Departamento de Informática – Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – PR. Dantefilho@gmail.com



funcionamento traz inúmeros benefícios a curto e longo prazo. Souza et.al., 2012 aponta os principais destaques na utilização destes ensaios, sendo:

- A mais importante está relacionada à natureza, devido à preservação do meio ambiente ser prioridade em qualquer projeto;
- Nos estudos em áreas submersas, pelo fato do custo-benefício. Em uma semana de ensaios geofísicos significa dezenas de quilômetros de perfis adquiridos, demonstrando que uma grande parte da área já foi analisada.
- Outro fator é a amplitude dos levantamentos dos dados, pois demonstra uma maior representatividade dos resultados obtidos.
- Estes são alguns dos fatores que influenciam na utilização destes mecanismos.

3 GPR (GROUND PENETRATING RADAR)

Em 1929 na Áustria ocorreu a primeira tentativa de penetração do solo com radar onde se determinou a profundidade do gelo em uma geleira. Constatou-se que mesmo naquela época sem muitos avanços tecnológicos que através da energia eletromagnética os sinais poderiam ser transmitidos. Porém somente na Segunda Guerra Mundial utilizaram em grande escala esse método, onde os britânicos e logo após os americanos reconheceram que esse sistema serviria para detectar reflexos de impulsos entre os aviões no céu (Conyers, 2004). Este ensaio se normalizou pela ASTM D4748 de 1998 nos países estrangeiros sendo respeitada e muito utilizada (Vieira et.al., 2014).

O teste tem o intuito de detectar objetos e camadas de matérias diferentes existentes no solo. Sendo considerada uma das mais avançadas tecnologias em investigação e diagnóstico de maneira não destrutiva (Cezar, 2009).

Segundo Cesar et.al.2009 seu funcionamento consiste na utilização de impulsos eletromagnéticos de curta duração. Onde as emissão e recepção destas ondas são realizadas por antenas transmissoras e receptoras. Assim os dados são armazenados resultando em forma de traços dando origem aos radargramas como pode ser observado na figura 1 o funcionamento do GPR.

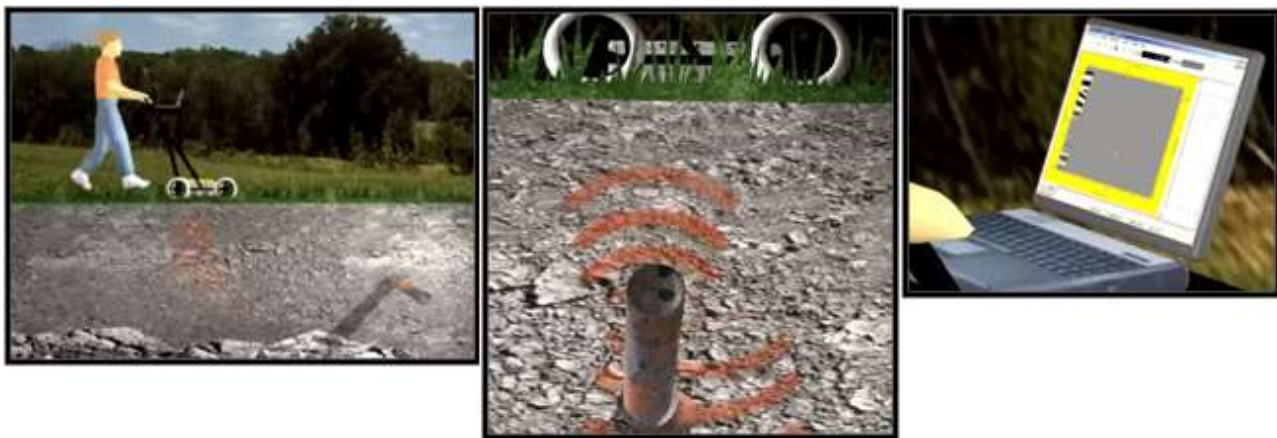
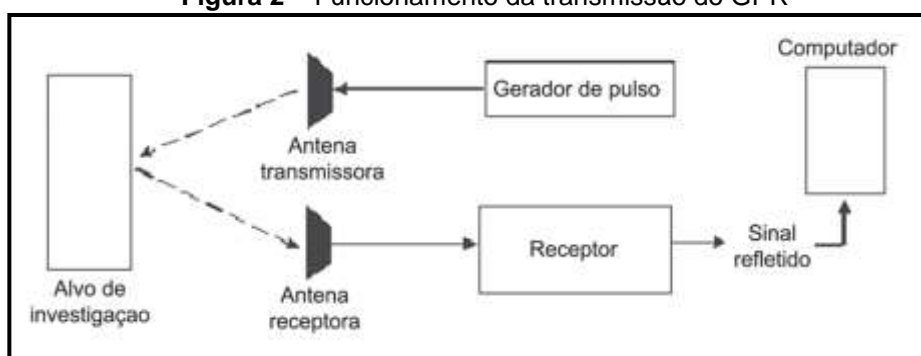


Figura 1 – Realização do Equipamento (GPR)

Fonte: Autor, 2014

Para Ucha et.al., 2010 os pulsos eletromagnéticos emitidos pelo GPR apresenta uma variação entre 10 a 1000MHz com intervalos de 10 à 100ns. A figura 2 demonstra o procedimento da transmissão. O sistema GPR ou Georadar trabalha com diferentes tipos de antenas, onde estas são blindadas. Assim são mais protegidas de fatores limitantes ao seu funcionamento, como por exemplo, rede de alta tensão e objetos metálicos (Souza, 2008).

Figura 2 – Funcionamento da transmissão do GPR





Fonte: Ucha et.al.,2012

O uso do Georadar pode ser aplicado em diversos segmentos da construção civil, entre elas pode ser os estudos em áreas subterrâneas, pois o georadar tem a capacidade de detectar as diversas alterações geoeletricas do meio geológico decorrentes de vazamentos ou outros poluentes (Santos et.al.2008).

3.1 VANTAGENS DO GPR (GROUND PENETRATING RADAR)

Diversos estudos apontam a eficácia da utilização deste equipamento, abaixo será descrito algumas vantagens de acordo com Vieira et.al., 2014:

- Rapidez na aquisição dos dados, assim permite a cobertura de extensas áreas em curto período de tempo, aumentando a produtividade;
- Preserva a integridade da estrutura avaliada seja ela pavimentada ou não dispensando a recomposição das camadas avaliadas, pois este é um método não invasivo;
- Fornecem dados sob a forma de imagem continua do perfil investigado, podendo ser complementado por informações pontuais dos locais onde as amostras forem retiradas. Assim minimiza as avaliações destrutivas poupando esforços, custos ao projeto e transtornos a população local existente.

No entanto esse equipamento apresenta um fator limitante para sua utilização, pois trabalha até 70 metros de profundidade em excelentes condições. O Georadar é um equipamento utilizado em investigações rasas ressalta (Souza, 2008).

3.2 APLICABILIDADE DO USO DO GPR (GROUND PENETRATING RADAR)

De acordo com Souza, 2008 alguns aspectos devem ser analisados antes da aplicação do GPR, sendo estes a profundidade do alvo, quantidade de energia refletida pelo lugar a ser analisado e se há presença de fatores limitantes.

- Profundidade do alvo: O principal aspecto determinante para utilizar o equipamento é a profundidade que se deseja atingir não somente atender o critério estabelecido. Assim a refletância deve ser determinada para saber realmente se o ensaio será efetivo.
- Quantidade de energia refletida: para determinar a quantidade de energia refletida pela área estudada deve se aplicar a fórmula:

$$R = \frac{\sqrt{K_1} - \sqrt{K_2}}{\sqrt{K_1} + \sqrt{K_2}}$$

Figura 3 – Fórmula para energia refletida

Fonte: Souza, 2008

- Presença de fatores limitantes: Deve ser analisada a área desejada para a realização do teste, identificando fatores que possam impedir a sua realização.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa se desenvolveu com base em estudos já realizados, onde utilizaram o GPR ou Georadar, com a finalidade de averiguar o ambiente de possíveis obstáculos que podem causar algum transtorno futuro, ou diagnosticar danos que foram causados pela ação humana ou do meio ambiente. Para isso será apresentado um estudo de caso realizado no estado do Pará na cidade de Paragominas. Apresentando como principal objetivo identificar a profundidade e espessura das zonas mineradoras existente nesta região. Assim mapeando as camadas de bauxita e laterítica e de goethita da região analisada. Se trata de uma revisão bibliográfica apontando as principais características do equipamento, na qual se destaca as principais conclusões obtidas de uma pesquisa utilizada o GPR para identificar diferentes tipos de solos.

5 ESTUDO DE CASO

Segundo Duarte et.al., 2012 o ensaio com o uso do GPR é pouco utilizado em áreas de mineração, pelo fato de sua exploração ser de no máximo 30 metros. Pois alvos de pequenas dimensões são encontrados, assim fornecendo uma imagem em alta tensão.

Para a aceitação desse método na avaliação do local, o fator predominante se refere no objetivo de mapear em detalhes as camadas de bauxita laterítica e de goethita. Pois esses minérios se localizam profundamente nos solos.



A área analisada contendo bauxita é conhecida como bloco F, local que se processa a exploração de minérios. A figura 4 demonstra a localização estudada observando a presença de bauxita.

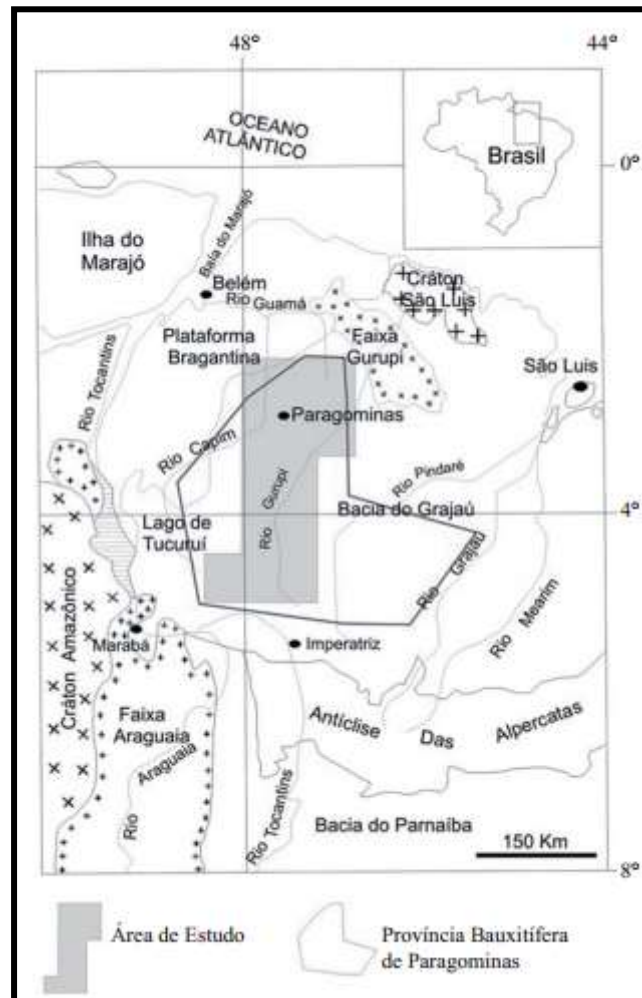


Figura 4 – Área de Estudo com GPR

Fonte: Duarte et.al., 2012

Em alguns pontos da área analisada não se observou a presença desta camada, mas se encontrou a presença de diversos tipos de argilas e em outro ponto encontraram a bauxita. Para análise utilizou-se diversos tipos de antenas desde 200 MHz até 400 MHz. Para determinar a área goethita com o uso do GPR se analisou um interior de uma fazenda localizada na BR-153 sentido Xambioá – Vanderlândia estado de Tocantins. A figura 5 demonstra a área de estudo utilizada para identificação da goethita.

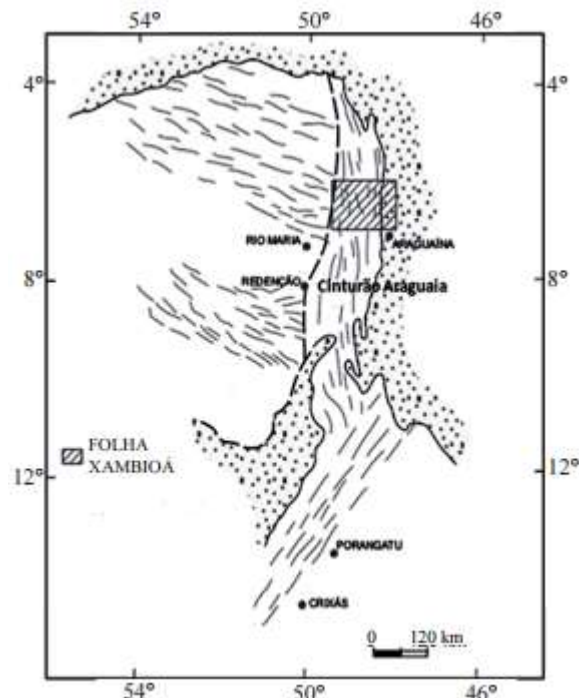


Figura 5 – Área de Estudo com GPR

Fonte: Duarte et.al., 2012

No entanto o uso do método na região levantada se demonstrou favorável, devido à área não apresentar capeamento argiloso antecedendo a zona mineralizada como foi o caso da área da bauxita. Os resultados no radargrama se mostraram legíveis, apresentando de forma precisa as camadas existentes. E a utilização das antenas se mostrou positiva, pois o maior interesse foi caracterizar a área mineralizada de goethita.

Os gráficos abaixo são chamados de radargramas, quando o técnico percorre a área analisada com o equipamento automaticamente os sinais são transmitidos através das antenas receptoras e transmissoras. Esses sinais transferem as informações para o computador acoplado no equipamento. A figura 6 e 7 demonstra resultados mais relevantes da pesquisa citada.

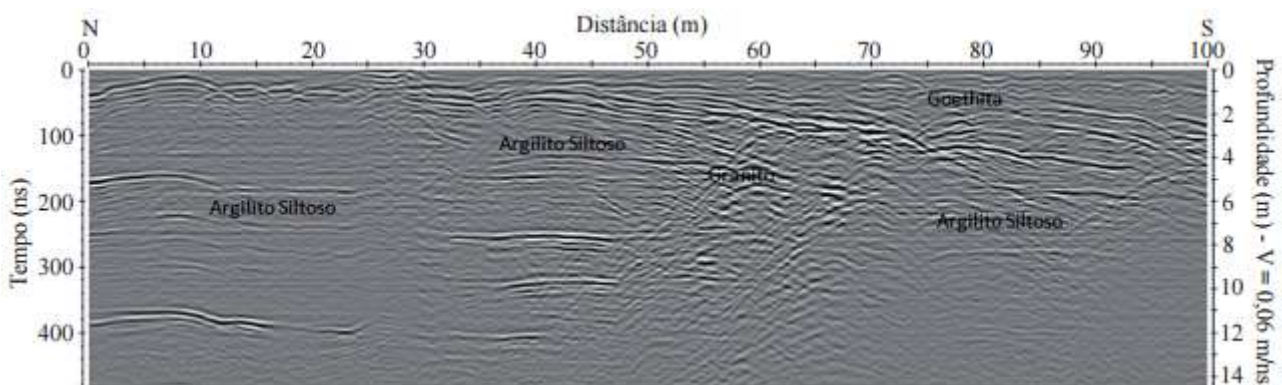


Figura 6 – Radargrama Da Goethita

Fonte: Duarte et.al., 2012

O radargrama demonstrado apresenta as camadas presentes no solo, onde pode observar a presença do argilito siltoso e do granito. Esse sistema de imagem especifica a profundidade, distância percorrida e tempo utilizado para análise e o tipo de antena. Neste caso a antena utilizada foi de 200 MHz. A figura 7 demonstra os resultados da bauxita, com presença de argila belterra, laterita pisolítica, bauxita nodular e argila. Como já mencionado relata a distância, neste caso se percorreu 20 metros e na área da goethita foi um total de 50 metros.

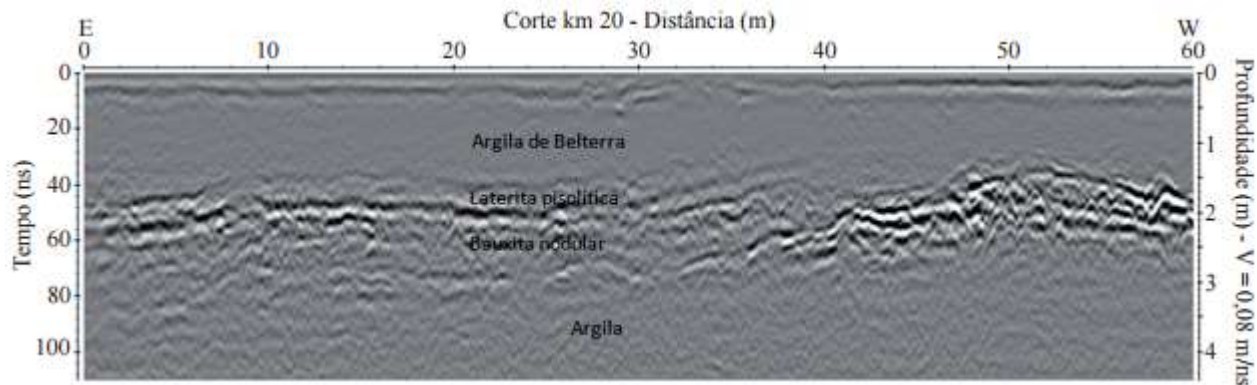


Figura 7 – Radargrama Da Bauxita

Fonte: Duarte et.al., 2012

Esses equipamentos demonstram resultados simultâneos, assim podem se observar no próprio local. Isto demonstra a eficiência deste equipamento. Deve se observar se os locais apresentam grandes movimentações ou que tenha algum tipo de construção, pois podem interferir nos resultados. A análise deve ser feita de maneira cautelosa e com o mínimo de barulho possível para não alterar os resultados.

6 CONCLUSÃO

Esta análise possibilitou conhecer as disponibilidades do uso de um ensaio não invasivo conhecido como métodos geofísicos, eficaz e que estes apresentam dados confiáveis sendo o GPR (Ground Penetrating Radar). Sua aplicabilidade pode ser em diversos segmentos da construção civil, seus resultados são simultâneos através de radargramas de acordo com a realização do ensaio. Caso deseja descobrir se um solo esteja contaminado ou apresenta voçorocas podem utilizar este método. No caso do exemplo citado seus resultados foram satisfatórios, pois foi observado a presença de minérios no local e outros tipos de solos, A utilização deste mecanismo apresenta um avanço tecnológico mesmo pouco utilizado no Brasil, onde se demonstra uma preocupação em utilizar novos equipamentos que auxilie em diversas pesquisas.

REFERÊNCIAS

- CEZAR, E.; NANNI, M.; CHICATI, M.; FABRIO, F.; HATA, F.; OLIVEIRA, R.; Uso de Sistema GPR (Ground Penetrating Radar) na Avaliação de Atributos de um Solo sob Plantio de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n. 2, p.291-297, 2010.
- CONYERS, B.; Ground Penetrating Radas For Archaeology ,Capítulo 7,2004.
- DUARTE, G.; LUIZ, J.; SILVA, M.; M. C.; Viabilidade da Aplicação do GPR para o Mapeamento de Camadas de Bauxita Laterítica e de Goethita. **Revista Brasileira de Geociências**, v.42 (2), 2012.
- SANTOS, A.; GRIEP, G.; Detecção de Plumias de Contaminação por Hidrocarbonetos no subsolo através do Método Radar de Penetração do Solo (GPR). 2008. 57f. Tese (**Trabalho de Conclusão de Curso**) – Universidade Federal do Rio Grande , Rio Grande, RS, 2008.
- SOUZA, A.; Uso do GPR na Geração de Modelos Estáticos 3D para o Planejamento de Lavra de Minerais Pesados Depositados em Dunas Eólicas. 2008. 123f. Tese (**Mestrado em Geodinâmica e Geofísica**) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- UCHA, J.; VILAS-BOAS,G.; HADLICH, G.; A Degradação dos Horizontes Duripã e Fragipã e o Processo de Transformação dos Solos Sobre os Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte Baiano. **Cadernos de Geociências**, v.9, n.1, maio 2012.
- VIEIRA, R.; GANDOLFO, O.; Investigando a Estrutura do Pavimento por Método não Destrutivo (GPR). In: REUNIÃO DE PAVIMENTAÇÃO, 42., 2013, Gramado. **Anais...** 12 p.
- SOUZA, L.; GANDOLFO, O.; Métodos Geofísicos em Geotecnia e Geologia ambiental. **Revista Brasileira de Geologia e Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 10-27, maio, 2012.