

Investigação por meio do georadar-GPR, do pavimento férreo, em um trecho da ferrovia Norte-Sul, Anápolis-GO

Antonio Lazaro Ferreira Santos

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Brasil, antoniolazaros@gmail.com

Welitom Rodrigues Borges

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, welitom@unb.br

Pedro Anízio Moreira Borges

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Brasil, paborgesvale@gmail.com

Lucas Pereira Gonçalves

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Brasil, lucaspegoncalves@hotmail.com

Gabriel Ribeiro Silvestre

Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, Brasil, gabriel.rsilvestre@gmail.com

Isabela Resende Almeida

Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, isabelaresalme@gmail.com

RESUMO: O método de radar de penetração no solo (GPR – Ground Penetrating Radar) consiste em obter uma imagem de alta resolução da subsuperfície, através da transmissão e reflexão de ondas de rádio de alta frequência (10 MHz – 2,5 GHz), visando localizar alvos no subsolo. No âmbito das estruturas ferroviárias, o método do Georadar possui várias aplicações, dentre elas: estudo do comportamento das várias camadas que compõe a base de sustentação da malha ferroviária, em relação a presença ou acúmulo de umidade, a contaminação e a variação da espessura; detecção/identificação rápida e contínua, sem interrupções de tráfego, com a anulação de processos de degradação da via permanente; priorização racional e sistemática dos problemas da via, em função da gravidade de suas incidências. Deve ser considerado, no entanto, que o resultado da análise com o GPR se refere ao diagnóstico, não sendo possível a determinação de causas/origens dos problemas na via, assim como não é possível realizar uma análise quantitativa dos fatores mapeados. Este trabalho tem o objetivo de avaliar o pavimento ferroviário de um trecho da ferrovia Norte-Sul, situada no município de Anápolis-GO. Na aquisição de dados, realizado em 240 metros de linha férrea, usou-se um sistema de GPR acoplado a uma antena blindada de 900MHz.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimento, GPR, Investigação.

1 INTRODUÇÃO

O método do Ground Penetrating Radar (GPR) é relativamente novo quando comparado com os demais métodos geofísico. Os primeiros registros do uso de sinais eletromagnéticos são de Hülsmeier (1904), que detectou a presença

de objetos de metal enterrados no solo (Hülsmeier, 1904 apud Daniels, 2004). Durante a década de 60, pesquisadores utilizaram o método GPR na identificação de espessuras de placas de gelo, com o objetivo de controlar a altitude das aeronaves de pouso com segurança, com base no tempo duplo de viagem dos pulsos

de radar, dessa vez no Ártico e na Antártida. Houve um aumento nas pesquisas, após a missão à Lua, por ocasião da nave Apollo 17 (Ulriksen, 1982).

Nas últimas três décadas vários trabalhos comprovam a utilização do GPR na investigação de pavimentos. É importante citar o trabalho de Gartin (1991) que realizou um estudo relativo à propagação da onda de GPR em pavimentos e solos.

Maser (1996) apresenta uma revisão de pesquisas realizadas com o uso do GPR na avaliação de pavimentos e em aplicações geotécnicas.

Dentre os trabalhos realizados no Brasil, Gonçalves e Cerrati (1998) desenvolveram pesquisas sobre o GPR na avaliação de pavimentos por ser um método compatível com a realidade dos órgãos brasileiros.

Carvalho e Okabe (2011) descreve a aplicação do GPR no mapeamento de via permanente em estrada férrea no Brasil, para avaliação e gestão da via. Antenas GPR foram instaladas em um veículo utilizado cotidianamente em inspeções da via. Foram avaliados qualitativamente os parâmetros de umidade, contaminação e espessura de lastro e camadas intermediárias, e os resultados foram validados com a abertura de uma trincheira em um ponto da via, classificado como prioridade número 1 para manutenção.

De acordo com Agência Nacional de Transportes terrestres-ANIT (2008), a extensão das vias principais e ramais no Brasil, é de 28.607 Km. As linhas são distribuídas em 22 estados brasileiros, e os gastos anuais com a superestrutura da via permanente são mais elevados que o previsto.

A aplicação do Ground Penetrating Radar (GPR) para identificação de aspectos e características físicas das camadas constituintes da estrutura da via permanente já esta em rotina em países da Europa e Ásia, de forma contínua e sem interrupção do tráfego, há mais de 20 anos, desde o início dos anos 90.

O método GPR, é usado no mapeamento do subsolo visando o conhecimento de suas propriedades físicas, condições ou processos de forma não destrutiva, sem a necessidade de escavação ou sondagem (Souza, 2005).

O mapeamento com GPR deve ser apoiado e verificado em sondagens do subsolo (a percussão, a trado ou trincheiras/poços), que podem ser laterais à via, não interrompendo o tráfego na via e podendo ter espaçamentos superiores aos aplicados atualmente no Brasil.

Nesse sentido, os resultados da análise com uso do GPR apresentam o comportamento das várias camadas que compõe a base de sustentação da via permanente.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A área de estudo está inserida no município de Anápolis, situada na zona rural, inserida na Folha SE-22-X-B-II do Ministério da Defesa.

A Via de acesso ao pátio de manobras da Ferrovia Norte-Sul, no Distrito Agroindustrial de Anápolis –DAIA, (Figura 1) se dá pela Br 153.



Figura 1. Via de acesso ao pátio de manobra da ferrovia Norte-Sul.

Composta por dois sentidos de faixa férrea com quadro trechos e um canteiro central, a região onde está localizada a via, possui pouca declividade.

O objetivo desse trabalho é investigar os diferentes padrões de reflexão que compõem a estrutura do pavimento férreo do trecho da ferrovia Norte-Sul, localizada em Anápolis-GO, a fim de dá subsídios a futuras pesquisas que auxiliem na análise da precisão dos resultados de espessuras obtidos a partir do método do GPR com os adquiridos por investigações diretas.

2.1 Caracterização Geológica

A área de estudo está localizada, de acordo com Geobank-CPRM (2013) e Araújo et al. (1994), sobre o Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu, formado por corpos básico-ultrabásicos diferenciados, suítes charno-enderbíticas e por componentes metassedimentares.

A região onde aflora o complexo apresenta-se extremamente arrasada, com espesso latossolo associado a coberturas detrítico-lateríticas.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O princípio de funcionamento do GPR baseia-se em pulsos eletromagnéticos de curta duração e alta frequência central (Figura 2), geralmente contemplada na faixa de 10 a 3000 MHz, que são repetidamente irradiados para o subsolo através da antena transmissora. O sistema de aquisição de dados de GPR consiste de uma unidade de controle, um conjunto de antenas transmissora e receptora, e uma unidade de armazenamento de dados (computador).

Durante o percurso dos pulsos no sentido descendente, eles vão perdendo amplitude e, à medida que atingem materiais de propriedades eletromagnéticas contrastantes entre si, sofrem reflexões, refrações e difrações, sendo, por consequência, parcialmente captados pela antena receptora (Nunes, 2002 apud Alves, 2011).

Os perfis de reflexão GPR, comumente denominados radargramas, foram obtidos através do processamento dos dados que ocorreu com o software reflexw, versão 7.5 (Sandmeier, 2014).

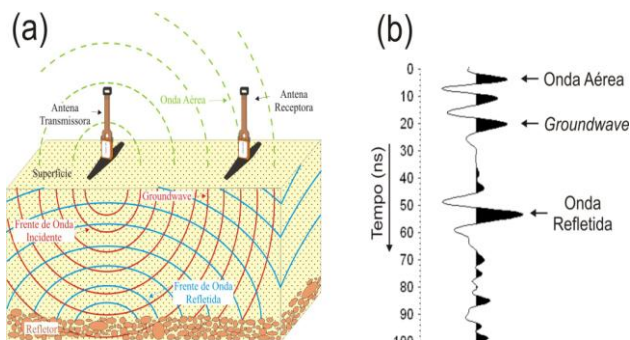


Figura 2. (a) Diagrama de antenas GPR, o comportamento das frentes de onda. (b) Traço, com a

chegadas das principais frentes de onda do GPR (Borges, 2007).

A aquisição de dados de GPR realizou-se com auxílio de técnica do perfil de afastamento constante.



Figura 3. Fotografia evidenciando a aquisição de dados de GPR com o sistema SIR3000 acoplado a uma antena blindada de 900MHz.

Para avaliação das camadas que compõem o pavimento da linha férrea, foi utilizada uma antena com frequência central de 900 MHz para as seções de GPR, visto que as profundidades a serem investigadas seriam na faixa de 1,5 m. A rotina de processamento consistiu no ajuste do tempo zero, aplicação de filtro temporal (dewow), de ganho manual (manual gain (y)), migração e conversão de tempo em profundidade (velocidade constante), conforme o fluxograma do processamento de dados (Figura 4).

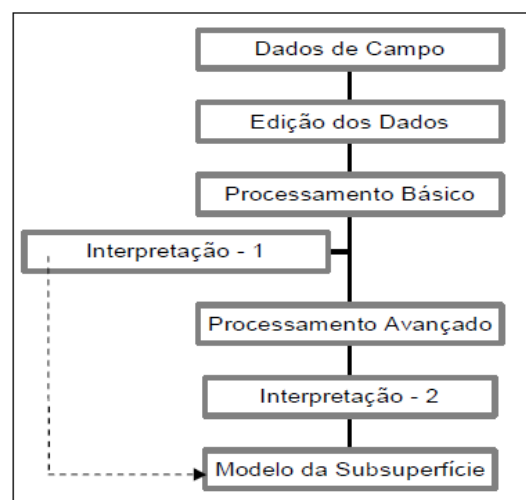


Figura 4. Fluxograma do processamento de dados do GPR.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para validação dos resultados obtidos com o mapeamento GPR, foi realizada a abertura de uma trincheira, que se apresentava visualmente em boas condições, como ilustrado na Figura 5.

A estrutura do sistema ferroviário é composta por trilhos e dormentes, assentados diretamente sobre uma camada de 30 cm de espessura de Lastro.



Figura 5. Perfil esquemático do pavimento férreo, composto de dormentes/trilhos, camadas de lastro e sublastro, situado no pátio de manobras da ferrovia.

Composta de brita variando de 1/2" a 2 1/2" polegadas e um Sublastro, executado com brita graduada simples (BGS) de espessura de 20 cm.

Considera-se que a estrutura da via férrea consiste de instalações e equipamentos que compõem a superestrutura e a subestrutura ferroviária. São elementos que constituem a primeira, o denominado armamento e o lastro, onde o armamento da via é comumente constituído pelos trilhos, dormentes e sistema de fixação dos trilhos - travessa e ainda pelos aparelhos de mudança de via (AMV). A segunda parte da via, constitui-se pelo sublastro e pela fundação, também conhecida por leito da via, conforme esquematizado na Figura 6.

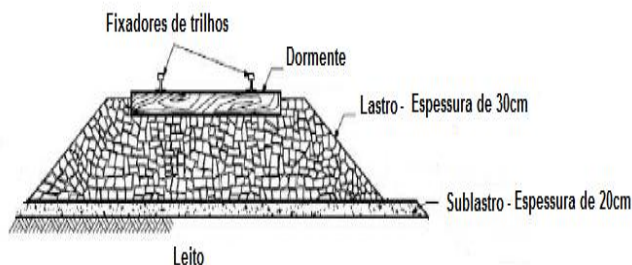


Figura 6. Perfil transversal esquemático da via permanente ferroviária, ilustrando o trecho construído com estrutura específica.

É mostrado na Figura 7, o perfil geoeletrico gerado no estudo de caso da Ferrovia Norte-Sul.

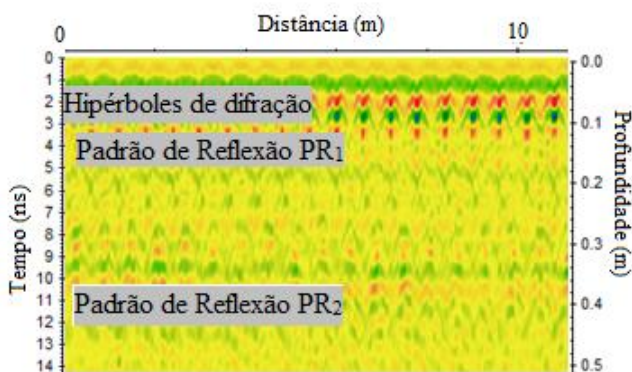


Figura 7. Seção típica da estrutura do pavimento corresponde à interface lastro/sublastro.

Os resultados obtidos com o GPR possibilitaram a identificação das principais camadas que compõem o pavimento na área investigada.

Nas investigações identificaram-se 3 principais padrões de reflexão característicos de cada camada do pavimento:

- (a) PADRÃO DE REFLEXÃO 1 (PR1) – mostra refletores de média a alta amplitude, horizontais e refletores contínuos a descontínuos. A descontinuidade de refletores, bem como de amplitude são característicos de materiais heterogêneos vertical e horizontalmente (Figura 7); e,
- (b) PADRÃO DE REFLEXÃO 2 (PR2) – caracteriza-se pela presença de refletores contínuos, refletores horizontais a inclinados, com média a alta amplitude. Em pavimentos, a presença de refletores inclinados comumente é característica

de camadas do sublastro do pavimento férreo (Figura 7).

As interpretações resultantes do trabalho realizado por Pedrosa (2009), corroboram para as avaliações realizadas na ferrovia Norte-Sul. Paralelamente a reflexão dos trilhos, o aço da armação dos dormentes e a faixa de transição entre a 1ª reflexão e a 2ª reflexão, observam-se os mesmos comportamentos reflectivos das mudanças das camadas que compõem o perfil estudado.

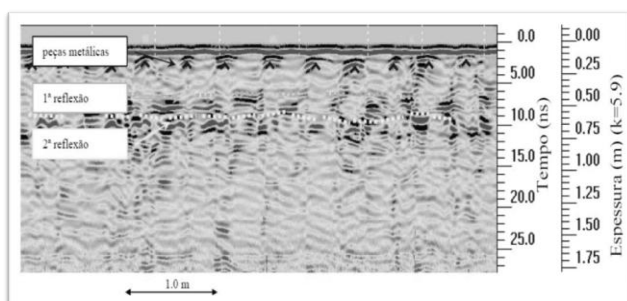


Figura 8 - Padrão reflexivo do ensaio de Pedrosa contendo a leitura de trilhos e pavimento ferroviário. (Pedrosa, 2009).

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho fez-se a apresentação dos resultados preliminares obtidos em levantamentos realizados com o GPR em estruturas do sistema férreo. Foi possível avaliar a aplicabilidade prática desse tipo de equipamento como ferramenta auxiliar à avaliação não destrutiva do sistema. Por meio da antena de 900 MHz foram determinados os padrões de reflexão das camadas do lastro, e sublastro.

Foi constatado que o uso do GPR é uma poderosa ferramenta tanto na detecção/identificação rápida e contínua, sem interrupções de tráfego, assim como, na hierarquização/priorização racional e sistemática dos problemas da via, em função da gravidade de suas incidências.

Deve salientar que o resultado da análise com o GPR se refere a sintomas, não sendo possível a determinação de causas/origens das inadequações, bem como não é possível realizar uma análise quantitativa dos fatores mapeados.

Recomenda-se que sejam realizados outros perfis, ao longo da ferrovia, para verificar se existem variações nas espessuras estratigráficas dos pavimentos. Ademais, faz-se necessário, investigar as propriedades físicas dos materiais constituintes das camadas da estrutura dos pavimentos e, conseqüentemente, as velocidades de propagação das ondas eletromagnéticas nesses meios; Pesquisar outros equipamentos geofísicos que possam contribuir para as pesquisas geotécnicas associadas a pavimentos, com o objetivo de obter as suas propriedades mecânicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem, ao Instituto de Geociências de Brasília (UnB) e ao suporte logístico do técnico Péricles.

REFERÊNCIAS

- Alves, F. D. S. *O Uso do Georradar para Estudos de Estratigrafia do Subsolo*. Rio de Janeiro: COPPE, 2011.
- ANIT, Anuário Estatístico. 2008. *Disponível em* http://201.57.54.6/InformacoesTecnicas/aett/aett_2008/principal.asp
- Araújo, V.A. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Folha SE.22-X-B-I. Nerópolis*. Goiânia: CPRM, 1994. 98p.
- Carvalho, D.S. e Okabe, R. *Aplicação de GPR para Avaliação de Via Permanente em Estrada Férrea no Brasil. Sociedade Brasileira de Geofísica .2011. pp. 01-06.*
- CPRM – GEOBANK (2013) “*Levantamento geológico*” in <http://geobank.sa.cprm.gov.br>; Último acesso: 14/04/2015.
- CPRM. Folha SE.22-X-B-I Nerópolis (1994) “*Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil: Carta geológica - escala 1:250.000*”. Min. de Minas e Energias, Brasília.
- Gartin, R.S. *An Introduction to wave propagations in pavements and soil- Theory and Praticce*. Proc. State of Alaska. Department of transportation and Public Facilities. Statewide Researc MIS. V. 2554. 1991.35p.
- GONÇALVES, F.P., CERATTI, J.A.P. (1998). “*Utilização do Ground Penetration Radar na Avaliação de Pavimentos*”. In: 31a Reunião Anual de Pavimentação. V. 1 pp. 390-404, São Paulo, SP, Brasil.
- Maser, k.R. *Condition Assessment of Transportation Infrastructure Using Ground Penatrating Radar*. Proc.

Journal of Infrastructure Systems.v.2. n. 2. 1996. pp. 94-101.

Pedrosa, M. J. *Caracterização de Fundação de Infraestruturas de Transporte com Recurso ao Georadar - Identificação das Camadas de Apoio*. Porto: Universidade do Porto, 2009.

Sandmeier K. J. (2014). *Sandmeier Scientific Software*, Sandmeier geophysical research, Karlsruhe, Germany, 598 pp.

Souza, M. M. *Uso do Georadar (GPR) em Investigações Ambientais*. Rio de Janeiro: PUC, 2005.

Ulrissen, F. F., 1982. *Application of Impulse Radar to Civil Engineering*, Lund University of Technology, Department of Engineering Geology, Sweden.