



Aplicação de GPR para Avaliação de Via Permanente em Estrada Férrea no Brasil

Debora S. Carvalho*, Geophysicist, Sollum Serviços de Mapeamento
Roberto Okabe, Geologist, Sollum Serviços de Mapeamento

Copyright 2011, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 15-18, 2011.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 12th 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

This paper presents the application of GPR on a Brazilian railway mapping, for evaluation and management of the railroad. GPR antennas were installed in a vehicle used in daily inspections of the track. The qualitative parameters mapped were moisture, contamination and thickness of ballast and intermediate layers and the results were validated with the excavation of a trench at a selected spot on the road, categorized as a priority number one for maintenance.

The use of GPR is presented as a tool for decision making in the management process of railway maintenance, through the fast and continuous detection and identification of formations of endemic degradation's processes on the track railway, even incipient and not visible from the surface, with no traffic interruption, and ranking and prioritization in a rational manner and using a systematic way for the problems according to the seriousness of its occurrences.

Resumo

O presente trabalho 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.

O uso do GPR é apresentado como ferramenta de tomadas de decisões na gestão de manutenção das vias, através da detecção e identificação rápida e contínua, sem interrupções de tráfego, de formações de processos endêmicos de degradação da via permanente ferroviária, mesmo incipientes e não visíveis na superfície; e hierarquização e priorização racional e sistemática dos problemas da via em função da gravidade de suas incidências.

Introdução

A aplicação do GPR para identificação de aspectos e características físicas das camadas constituintes da estrutura da via permanente já está em uso 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.

Segundo a ANIT (Agencia Nacional de Transportes terrestres), em seu Anuário Estatístico de 2008, (ANIT, 2008), a extensão, em quilômetros, das vias principais e ramais no Brasil, é de 28.607Km (vinte e oito mil, seiscentos e sete quilômetros). As linhas são distribuídas em 22 (vinte e dois) estados brasileiros, e segundo o Anuário estatístico da ANIT, os gastos anuais com a superestrutura da via permanente são mais elevados que o previsto. Como exemplo, no ano de 2004, os gastos previstos somavam mais de 241 milhões de Reais. O gasto realizado foi de mais de 364 milhões de Reais.

Método

As antenas GPR funcionam através da emissão e recepção de ondas eletromagnéticas, e podem ser montadas em qualquer veículo ferroviário, (autos de linha, locomotivas e trens-unidades elétricos – TUE's) e portanto, a aquisição dos dados pode ser realizada de maneira contínua, sem interrupção de tráfego.

Os resultados da análise com uso do GPR apresentam o comportamento das várias camadas que compõe a base de sustentação da via permanente, em relação a presença ou acúmulo de umidade, a contaminação e a variação da espessura, e portanto fornece ao profissional de Engenharia Ferroviária dados importantes para auxiliar no planejamento e definições de obras e/ou ações, permitindo assim otimizar recursos e tempo de manutenção da via, através da localização e hierarquização de trechos com necessidades mais urgentes de manutenção.

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.

Tipicamente, para as ferrovias, as profundidades de interesse são inferiores a 3m. O objetivo de tais sondagens é de calibrar os sinais captados pelo GPR ensejando obterem-se, adicionalmente a todo conjunto já apresentado de informações, características estratigráficas da infra-estrutura ferroviária ligadas à natureza geológica, granulométrica, permeabilidade e outras, permitindo-se assim, diagnósticos ainda mais

precisos. A aquisição de dados pode ocorrer em velocidades normais de tráfego de veículos ferroviários, sendo possível realizar a aquisição em até 300Km/h (trezentos quilômetros por hora).

A operação de campo foi realizada em uma estrada férrea brasileira, entre as estações aqui denominadas A e B, os equipamentos de aquisição foram instalados em um veículo ferroviário utilizado cotidianamente nas inspeções e manutenção da via permanente, conforme ilustrado nas Figuras 01 e 02:



Figura 01: Antenas GPR e sensor Doppler instalada em um veículo ferroviário de inspeção de via.

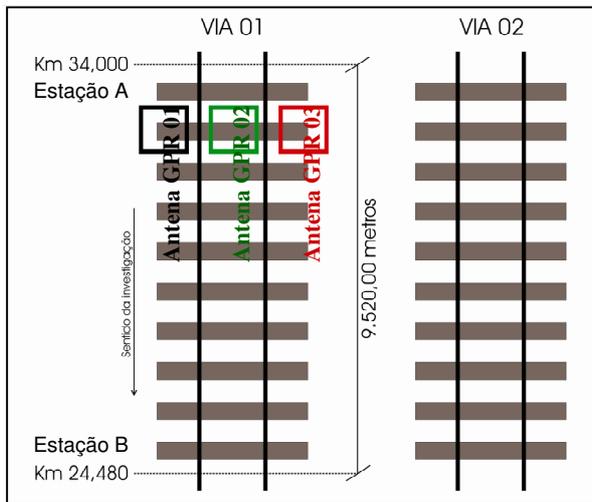


Figura 02: O posicionamento das antenas GPR.

A estrutura em camadas constituinte do sistema de suporte da grade ferroviária neste trecho foi identificada como sendo formada pela massa de lastro sobrejacente a uma camada denominada de intermediária, descarregando sobre o subleito existente (Figura 03). A existência desta camada intermediária é muito comum em linhas muito antigas (como as existentes no Brasil), e é fruto das sucessivas ações de levante, socaria e substituição de lastro, formando-se, abaixo da camada de lastro mais novo e mais limpo, uma mistura de lastro e solo, acima do subleito.

Os radargramas que resultam desta aquisição GPR (Figura 04), são transformados em figuras e gráficos de cores (com uso do *software* SafeRailSystem – SRS – da empresa Ground Control), que servirão para a avaliação do estado da via:

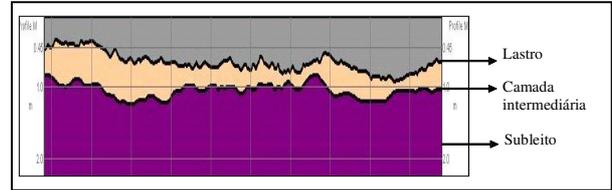


Figura 03: A estrutura em camadas que compõe o sistema de suporte da grade ferroviária.

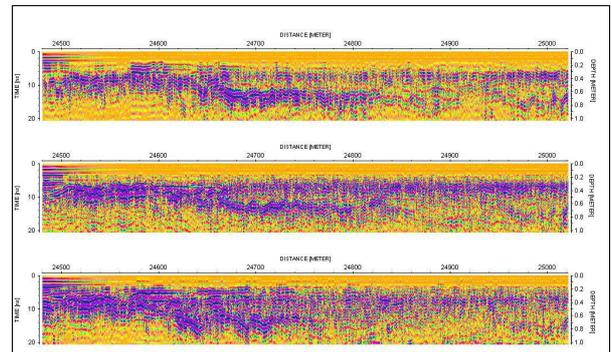


Figura 04: Radargrama que apresenta a umidade contida no lastro.

Os fatores analisados por este método são os seguintes:

- Umidade da camada de lastro
- Contaminação do lastro ('bolsões de lama')
- Ondulação da base do lastro
- Umidade da interface lastro/camada intermediária
- Ondulação da base da camada intermediária
- Umidade da camada intermediária

Cada um destes fatores é classificado qualitativamente de acordo com as seguintes definições:

Tabela 01: Classificações de camadas da grade ferroviária:

Umidade	Verde → baixa
	Amarelo → moderada
	Vermelho → alta
Contaminação	Verde → lastro limpo ou razoavelmente limpo
	Amarelo → lastro moderadamente contaminado
	Vermelho → lastro altamente contaminado
Espessura	Verde → pouca ondulação
	Amarelo → ondulação moderada
	Vermelho → ondulação acentuada

Resultados

Os resultados obtidos são apresentados em gráficos de cores verde, amarela e vermelha, de acordo com as características identificadas em cada trecho, e divididos em prioridades, classificadas entre 1 e 7.

Aqui serão apresentados sete trechos mapeados, cada um classificado com uma prioridade distinta (entre 1 e 7).

Para validação dos resultados obtidos com o mapeamento GPR, foi realizada a abertura de uma trincheira, no Km 29+600, que se apresentava visualmente em boas condições, com a lateral da linha recentemente relastreada, tal como ilustrado na Figura 05:



Figura 05: Lastro aparentemente novo no Km 29+600.

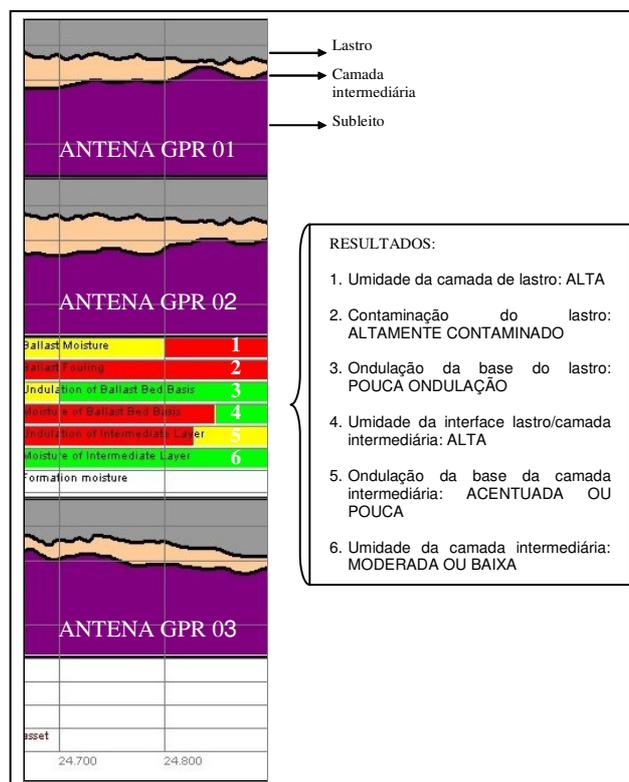


Figura 07: Trecho classificado como Prioridade 2.

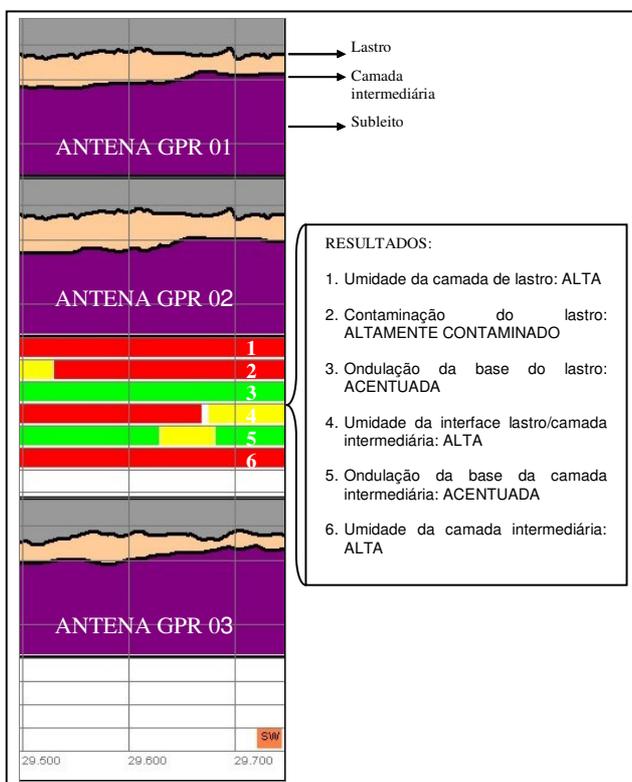


Figura 06: Trecho classificado como Prioridade 1.

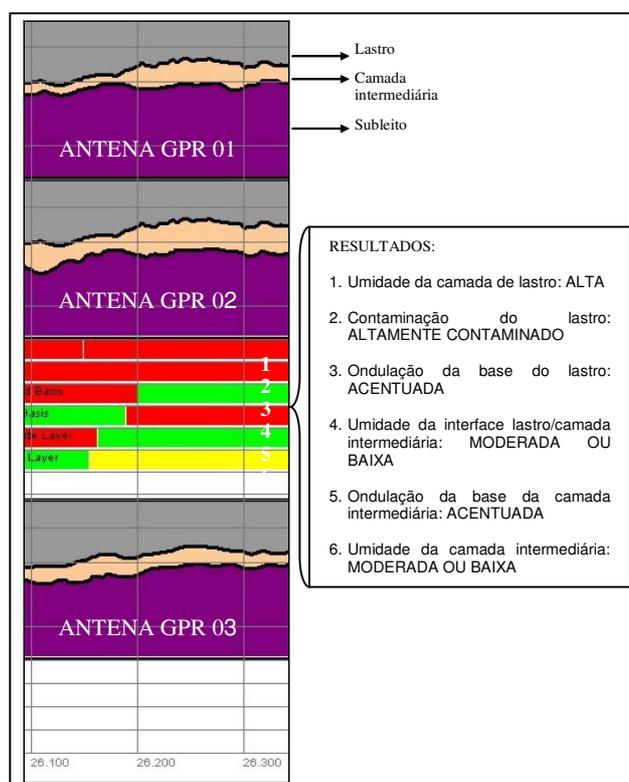


Figura 08: Trecho classificado como Prioridade 3.

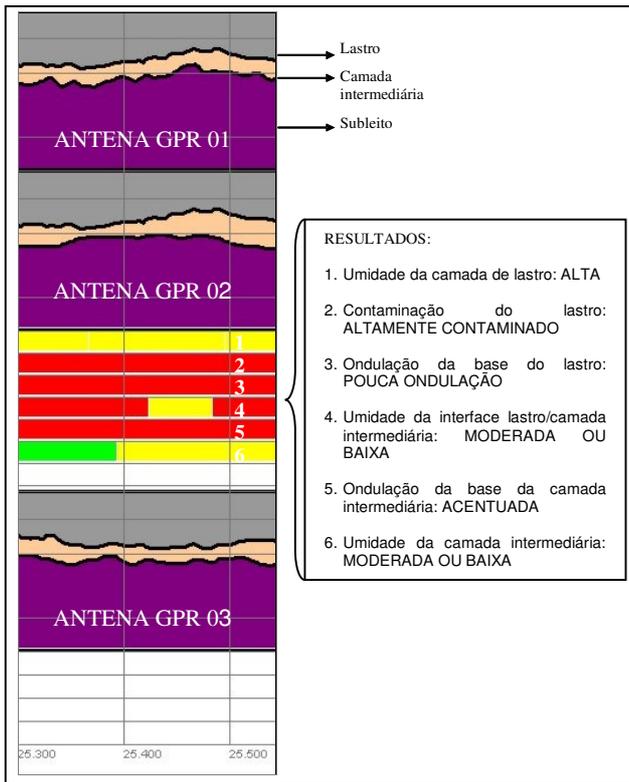


Figura 09: Trecho classificado como Prioridade 4.

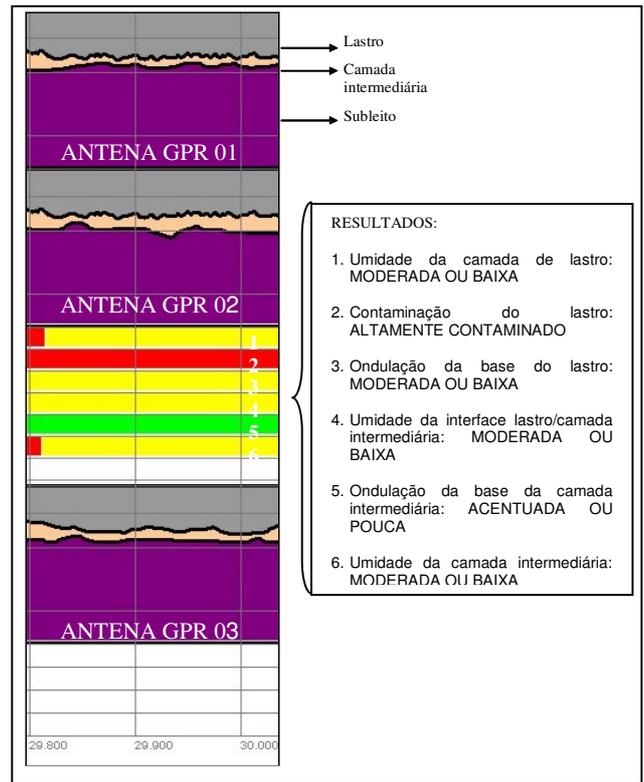


Figura 11: Trecho classificado como Prioridade 6.

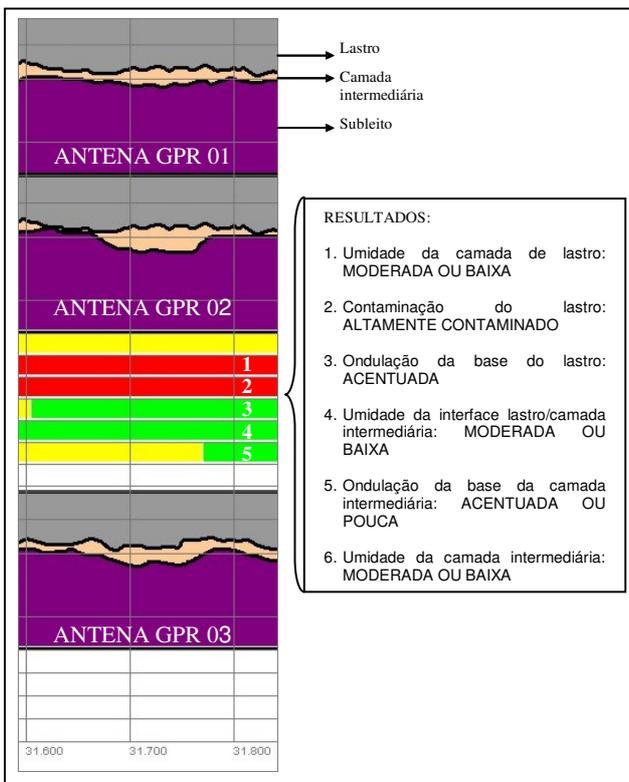


Figura 10: Trecho classificado como Prioridade 5.

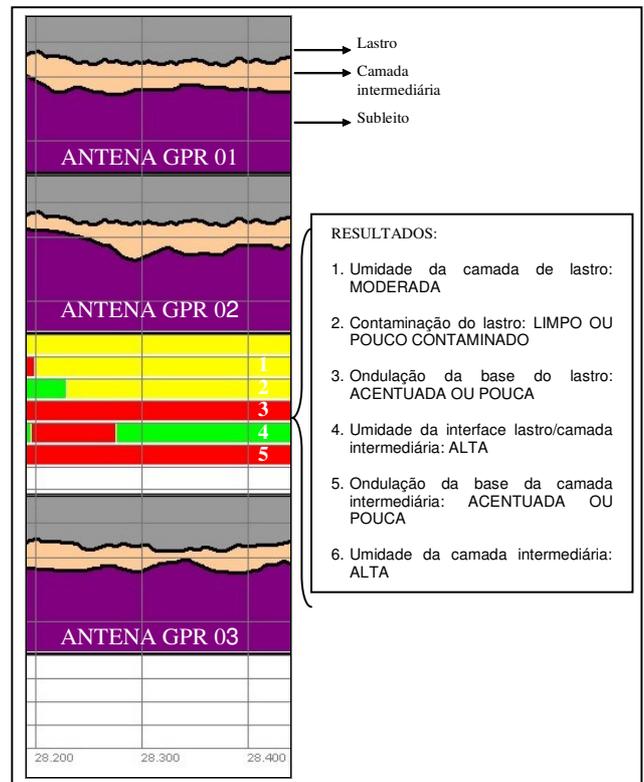


Figura 12: Trecho classificado como Prioridade 7.

Para validação dos resultados obtidos com o mapeamento GPR, foi realizada a abertura de uma trincheira, no Km 29+600, classificado como Prioridade 1, que se apresentava visualmente em boas condições, com a lateral da linha recentemente relastreada, tal como ilustrado na Figura 13:



Figura 13: Lastro aparentemente novo no Km 29+600.

Em vista da intensa presença de finos e de contaminação disseminada em praticamente toda a espessura do lastro, não foi possível identificar com clareza a superfície de separação das duas camadas: lastro e camada intermediária, sendo apenas possível a medição da espessura total destas duas camadas (espessura das duas camadas realizadas lado do trilho esquerdo – entrevista – no eixo da via e no lado do trilho direito).



Figura 14: Medição da espessura da camada de lastro e intermediária no Km 29+600.



Figura 15: Presença de finos e umidade nas camadas de lastro e intermediária no Km 29+600.

Tabela 02: Valores de espessuras medidos no Km 29+600:

TRILHO	ESPESSURA TOTAL (cm)
trilho esquerdo (entrevia)	85
eixo da via	90
trilho direito	101

Conclusões

Em resumo, o uso do GPR é uma poderosa ferramenta para duas finalidades principais:

- Detecção/identificação rápida e contínua, sem interrupções de tráfego, de formações de processos endêmicos de degradação da via permanente ferroviária, mesmo incipientes e não visíveis na superfície.
- Hierarquização/priorização racional e sistemática dos problemas da via, em função da gravidade de suas incidências.

Deve ser enfatizado, porém, 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.

Com base no que foi exposto, pode-se afirmar a existência de concordância entre os registros obtidos pelo GPR e os obtidos na inspeção de campo, particularmente referente às espessuras acumuladas das camadas (profundidade do subleito) e ao grau de contaminação do lastro.

É importante ressaltar que a aparência visual da via não denuncia o processo de contaminação existente nem a presença de umidade em seu interior, fato que poderia levar a uma não intervenção elevando-se os riscos de uma ruptura da via, aumentando os custos de recuperação e pondo-se em risco a circulação dos trens.

Agradecimentos

Agradecemos ao Geólogo Giuseppe Staccone, Geofísicos Renato de Felicis, Maximiliano Simão, Engenheiros Luiz Muniz, Candice Souza, Fernando Altenfelder, as empresas Ground Control, Sollum Serviços de Mapeamento e Muniz & Spada Engenheiros Consultores.

Referências Bibliográficas

ANNAN, A. P. **Ground Penetrating Radar – Workshop Note**. *Sensors and Software, Inc., Internal Report*. 130 p. 1992.

ANIT, **Anuário Estatístico**. 2008. Disponível em <http://201.57.54.6/InformacoesTecnicas/aett/aett_2008/principal.asp>

ERIKSEN, A., GASCOYNE ZETICA, J., AL-NUAIMY W. **Improved Productivity & Reliability of Ballast Inspection using Road-Rail Multi-Channel GPR**. In: *Railway Engineering 2004*, Commonwealth Institute, London, UK. P. 1-5. 2004.

HUGENSCHMIDT, J. **Railway track inspection using GPR**. *Journal of Applied Geophysics*, v. 43, p. 147-155, 2000.

PARRY N. S. and DAVIS J. L.: **GPR Systems for Roads and Bridges**. In: *4th International Conference on Ground Penetrating Radar*, Finland, Geological Survey of Finland Special Paper 16, p. 247-257. 1992.

SafeRailSystem. Disponível em <<http://www.saferailsystem.com/en/technology.html>>

VALE, 2010. Disponível em < <http://www.vale.com/pt-br/o-que-fazemos/logistica/ferrovias/estrada-de-ferro-vitoria-a-minas/paginas/default.aspx>>