

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Sabrina Passoni Maraviesk

(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

Sabrina Passoni Maraviesk
(Organizadora)

Estudos Interdisciplinares: Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	Estudos interdisciplinares: ciências exatas e da terra e engenharias / Organizadora Sabrina Passoni Maraviesk. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-85107-57-4 DOI 10.22533/at.ed.574181510 1. Ciências exatas e da terra. 2. Engenharia. I. Maraviesk, Sabrina Passoni. CDD 507
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Estudos Interdisciplinares Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, e neste volume, em seus 18 capítulos, apresenta uma diversidade de estudos realizados nas diversas áreas das ciências exatas, da terra e das engenharias.

As Ciências Exatas e da Terra englobam diversas áreas como: a Física, a Matemática, Probabilidade e Estatística, a Química, a Ciência da Computação, a Astronomia, a Geociências e a Oceanografia. Estas áreas têm o importante papel de fornecer a base do conhecimento para as Engenharias e por este motivo, as Ciências Exatas e da Terra, englobam alguns dos campos mais promissores em pesquisas na Ciência, Tecnologia e Inovação.

Atualmente existem mais de trinta opções de formação acadêmica em Engenharia. E as mais comuns dentre elas são: Civil, Elétrica, Agrônoma, Mecânica, Ambiental, Florestal, Sanitária, de Computação, Química, de Alimentos, de Segurança do Trabalho, de Energias, Industrial, Produção, Biomédica, entre tantas outras.

A interdisciplinaridade entre estas áreas é um processo natural e inevitável, pois a formação dos profissionais engenheiros, seja qual for a Engenharia, necessita da relação entre diversas áreas do conhecimento.

O profissional formado em qualquer uma das áreas citadas acima se destaca pela capacidade de saber inovar com base na ciência, utilizando uma ou mais tecnologias. Isso se faz possível se este profissional tiver conhecimento das áreas que envolvam as relações humanas: como gestão, comunicação, liderança, habilidade de trabalho em equipe, empreendedorismo e criatividade. Atualmente não basta apenas ser bom em matemática e física, é preciso ser multi-intelectual.

Este volume é dedicado à interdisciplinaridade nas diversas áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Engenharias, pois o mercado atual exige uma revolução tecnológica e cabe a nós pesquisadores, das diversas áreas, buscarmos conhecer as demandas atuais para promover essas inovações de forma interdisciplinar, e não isoladamente. Neste sentido, esta obra foi dividida em cinco áreas: Administração, Agronomia, Engenharia Civil somado à Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Elétrica e Ensino.

Na área de Administração, o leitor identificará a interdisciplinaridade entre gestão e planejamento ambiental de áreas urbanas destacando atividades econômicas que são potenciais poluidores, buscando assim, inovação na área de Engenharia Mecânica para minimizar danos ambientais. E ainda, que para entender o comportamento do consumidor para um determinado produto, neste caso, a carne bovina se faz necessário o conhecimento da área de Alimentos e Produção Industrial.

Na Agronomia, métodos e programas estatísticos são utilizados para mostrar que a população de nematódeos varia com propriedades físicas do solo. Em outro estudo, mostra-se a forte relação da agronomia com os conhecimentos de química quando

trata-se da eficiência de uso de Nitrogênio ou da sua remobilização no cultivo do arroz. Na quantificação da perda de solos de uma bacia Hidrográfica é possível identificar a interdisciplinaridade com a matemática e a geociências.

A interdisciplinaridade na Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo é ainda mais acentuada, principalmente no que diz respeito à utilização da matemática, química, física, geociências, tecnologias, gestão e sustentabilidade. Nos estudos, verifica-se que é possível propor soluções ambientais por meio de estudos alternativos, como por exemplo, o uso do bagaço de cana-de-açúcar incorporado à liga asfáltica de borracha, uso de radar de penetração no solo para análise de revestimentos asfálticos, manejo sustentável das águas pluvias no meio urbano, utilização de ferramentas de análise multicritério na concepção de sistemas de abastecimento de água provinda de corpos hídricos subterrâneos, qualidade da água e otimização dos projetos arquitetônicos e o crescimento populacional, planejamento e drenagem urbana.

Na Engenharia Elétrica questões bastante atuais são abordadas a fim de conduzir os pesquisadores à tecnológicas sustentáveis, como é o caso do uso do hidrogênio como combustível e a reciclagem de placas de circuito.

Por fim, a área de Ensino que, dentre todas é a mais interdisciplinar de todas as outras áreas. Nesta, são abordadas algumas questões como motivação e a importância da metodologia adotada em sala para se trabalhar o ensino-aprendizagem nas engenharias, licenciaturas e tecnologias.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes, professores e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias promovendo a interdisciplinaridade nas diferentes áreas das Ciências Exatas e da Terra e das Engenharias.

Sabrina Passoni Maravieski

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DO PERFIL POLUIDOR DAS ATIVIDADES INDUSTRIAIS INSTALADAS NOS MUNICÍPIOS DE MARINGÁ, PAIÇANDU E SARANDI NO PERÍODO DE 2000 A 2015.	
<i>Eloah Maria Machado Davantel</i>	
<i>Allan Barbeiro Modos</i>	
<i>Heloisa Helena da Silva Machado</i>	
<i>Júlio César Dainezi de Oliveira</i>	
<i>Silvia Luciana Fávaro</i>	
<i>Wagner André dos Santos Conceição</i>	
CAPÍTULO 2	15
ATRIBUTOS CONSIDERADOS POR CONSUMIDORES PARA A COMPRA DE CARNE BOVINA – ESTUDO DE CASO COM UNIVERSITÁRIOS DE CAMPO MOURÃO	
<i>Valderice Herth Junkes</i>	
<i>Andréa Machado Groff</i>	
CAPÍTULO 3	24
IMPACTO DOS CUSTOS DE TRANSAÇÃO NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DA INDÚSTRIA NAVAL: ESTUDO DE CASO EM UM ESTALEIRO CEARENSE	
<i>Carlos David Pedrosa Pinheiro</i>	
<i>Priscila Maria Barbosa Gadelha</i>	
<i>Maxweel Veras Rodrigues</i>	
CAPÍTULO 4	40
AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE NEMATÓIDES DE VIDA LIVRE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO EM CULTIVO DE ADUBOS VERDES	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Amanda Elisa Marega</i>	
<i>Nágila Maria Guimarães de Lima Santos</i>	
<i>Cássia Pereira Coelho Bucher</i>	
<i>Ricardo Luiz Louro Berbara</i>	
<i>Luiz Rodrigues Freire</i>	
CAPÍTULO 5	48
PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE REMOBILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO DE MUTANTES DE ARROZ osap18	
<i>Cássia Pereira Coelho Bucher</i>	
<i>Erinaldo Gomes Pereira</i>	
<i>Andressa Fabiane Faria de Souza</i>	
<i>Carlos Alberto Bucher</i>	
<i>Manlio Silvestre Fernandes</i>	
CAPÍTULO 6	53
QUANTIFICAÇÃO DA PERDA DE SOLOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAPÓ UTILIZANDO A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLOS	
<i>Diogo Yukio Uema</i>	
<i>Laine Milene Caraminan</i>	

CAPÍTULO 7	64
ANÁLISE COMPARATIVA DA DENSIDADE MÁXIMA TEÓRICA (DMT) DE UMA MISTURA ASFÁLTICA COM A INCORPORAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DO MÉTODO RICE	
<i>Arthur Pereira Neto</i> <i>Allan Barbeiro Modos</i> <i>Jesner Sereni Ildefonso</i> <i>Ronan Yuzo Takeda Violin</i>	
CAPÍTULO 8	74
LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COM EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO (GPR) NA RODOVIA BR-153-ANÁPOLIS-GO	
<i>Antonio Lázaro Ferreira Santos</i> <i>Welitom Rodrigues Borges</i> <i>Isabela Resende Almeida</i> <i>Lucas Pereira Gonçalves</i> <i>Rafael Pereira Lima</i> <i>Rafael Araujo Rocha</i>	
CAPÍTULO 9	82
MANEJO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS PLUVIAIS NO MEIO URBANO: O CASO DE BRASÍLIA	
<i>Tereza Cristina Esmeraldo de Oliveira</i> <i>Maria do Carmo de Lima Bezerra</i>	
CAPÍTULO 10	96
MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
<i>Daniel Cordeiro Ferreira</i>	
CAPÍTULO 11	109
OTIMIZAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO CF40–G1 DO PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO – PAC EXECUTADO PELA COHAPAR	
<i>Allan Barbeiro Modos</i> <i>Arthur Pereira Neto</i> <i>Eloah Maria Machado Davantel</i> <i>Heloisa Helena da Silva Machado</i> <i>Berna Valentina Bruit Valderrama</i> <i>Júlio César Dainezi de Oliveira</i>	
CAPÍTULO 12	122
PLANOS DIRETORES DE DRENAGEM URBANA: CONCEPÇÃO E CENÁRIO ATUAL	
<i>Bruna Forestieri Bolonhez</i> <i>Bárbara Lorrayne da Silva Motta</i> <i>Paulo Fernando Soares</i>	
CAPÍTULO 13	132
QUALIDADE DA ÁGUA NAS TRÊS BACIAS MAIORES (70%) CONTRIBUINTES DA BAÍA DE GUANABARA: GUAPI-MACACU, CACERIBU E IGUAÇU-SARAPUÍ	
<i>Ana Carolina Cupolillo Bruno Morena</i> <i>David Neves de Oliveira</i>	

Herman de Castro Lima Neto
Hélder Martins Silva
Emmanoel Vieira da Silva-Filho
Elisamara Sabadini Santos
Edison Dausacker Bidone

CAPÍTULO 14 150

O HIDROGÊNIO COMO VETOR ENERGÉTICO

Diego Rafael Laurindo
Oswaldo Hideo Ando Junior

CAPÍTULO 15 167

RECICLAGEM DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESSO: UM ESTUDO DAS CONDIÇÕES OPERACIONAIS PARA RECUPERAÇÃO DE METAIS

Maria do Socorro Bezerra da Silva
Raffael Andrade Costa de Melo
André Luis Lopes Moriyama
Carlson Pereira Souza

CAPÍTULO 16 180

ANÁLISE DO PERFIL, MOTIVAÇÃO, SATISFAÇÃO E EXPECTATIVAS DOS ACADÊMICOS DO CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIANGULO MINEIRO

Vinícius Henrique Vivas
Priscila Pereira Silva
Luciene Alves
Geoffroy Roger Pointer Malpass

CAPÍTULO 17 196

CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: IMPORTÂNCIA DA APRENDIZAGEM NO CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Jerry Gleison Salgueiro Fidanza Vasconcelos
Maria de Lourdes Silva Neta
Antônio Cícero do Vale
Erick Dieb Souza

CAPÍTULO 18 207

UMA FORMA LUDICA DE APRENDER

Anna Cristina Barbosa Dias de Carvalho

SOBRE A ORGANIZADORA..... 215

LEVANTAMENTO DE SEÇÕES COM EMPREGO DO RADAR DE PENETRAÇÃO (GPR) NA RODOVIA BR-153-ANÁPOLIS-GO

Antonio Lázaro Ferreira Santos

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
- Goiás

Welitom Rodrigues Borges

Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,
Brasília-DF

Isabela Resende Almeida

Universidade de Brasília, Instituto de Geociências,
Brasília-DF

Lucas Pereira Gonçalves

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
– Goiás

Rafael Pereira Lima

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
– Goiás

Rafael Araujo Rocha

Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis
- Goiás

RESUMO: O radar de penetração no solo – GPR - é um método consagrado na investigação de estruturas de pavimentos, normatizada desde 1998 pela ASTM D4748, de ampla aplicação em diversos países. Este trabalho apresenta resultados de investigações com GPR que objetivaram investigar as espessuras das camadas do pavimento flexível presente na BR-153, Anápolis-GO. Utilizou-se de um sistema de GPR acoplado a uma antena blindada de 900 MHz. Para a calibração das velocidades

eletromagnéticas do GPR realizou-se uma cava no pavimento, determinando-se assim as espessuras das camadas de revestimento, base e sub-base. Nas seções de GPR a interface revestimento/base possui uma elevada impedância elétrica, evidenciado pela presença de um refletor contínuo e de alta amplitude; já a interface base/subleito a impedância elétrica é menor, visto a menor variação de amplitude e a descontinuidade dos refletores. Os resultados de GPR confirmam a eficiência do método em estudos de pavimento.

PALAVRAS-CHAVE: Radar de Penetração, pavimento flexível, refletores

ABSTRACT: The Ground Penetrating Radar (GPR) is a method that has been extensively used by foreign researchers for many applications in pavement engineering. GPR survey must be carried out according to the ASTM D4748. This paper shows results of GPR with aims to investigate the thicknesses of the layers of a flexible pavement in Br-153, Anápolis, GO. Used a GPR system coupled to a shielded antenna 900MHz. The GPR sections were performed using the common offset mode. For calibration of the electromagnetic velocity of GPR some samples of pavement were drilled, thereby determining the thicknesses of some asphalt pavement layers. In GPR sections, the interface asphalt pavement and base show

high electrical impedance seen by the presence of a continuous reflector with high amplitude. The base and subgrade interface show medium electrical impedance, since the smaller amplitude variation and the discontinuity of reflectors. The GPR results confirm the efficiency of the method pavement studies.

KEYWORDS: Radar Penetration, flexible floor, reflectors

1 | INTRODUÇÃO

A avaliação de um pavimento é efetuada por meio de procedimentos estabelecidos em normatizações (DNER-PRO 011-1979), cujos resultados geram um diagnóstico sobre as condições funcionais e estruturais do pavimento. O levantamento para a identificação da estrutura de um pavimento consiste na obtenção de dados referentes às espessuras e tipos de materiais usados nas diversas camadas.

Na determinação das espessuras destas camadas, comumente, usam-se métodos destrutivos do pavimento (amostragem de núcleo de revestimento, trincheira, etc.). Entretanto diversos autores Strieder et. al. (1999); Hugenschmidt (2002); Loulizi et. al. (2003); Fauchard et. al. (2003); Jung et. al. (2004); Hugenschmidt e Mastrangelo (2006); Willett et. al. (2006); Loizos e Plati (2007); Saarenketo e Scullion (2010); Xu et. al. (2011); Solla et. al. (2013); e Liu e Sato (2014) mostram a eficiência de alguns métodos não destrutivos na determinação das camadas dos pavimentos, em especial o método geofísico do radar de penetração no solo (GPR). O método GPR utiliza ondas eletromagnéticas em altas frequências (faixa de MHz) para determinar contrastes de impedância elétrica no meio. O método trabalha no domínio do pulso radiante, onde existe a transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas refletidas, difratadas e refratadas no meio. Nas infraestruturas de transporte, em particular, o potencial destes métodos é enorme, atendendo a que se tratam de estruturas com grande desenvolvimento linear (SANTOS, 2015). Nesse sentido, o uso do GPR pode ser usado para gerar levantamentos de forma precisa e ágil em longas extensões, tornando-o uma excelente ferramenta nas atividades de fiscalização e manutenção de vias e rodovias. Este trabalho tem como propósito principal avaliar a metodologia do GPR, através dos padrões de reflexões gerados das diferentes camadas que compõem o pavimento flexível da rodovia 153, no trecho em frente ao Câmpus Henrique Santillo da Universidade Estadual de Goiás em Anápolis-GO.

2 | 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 Br-153 (Figura 1) é atualmente a única asfaltada que dá acesso ao edifício da CCET-UEG. Composta por dois sentidos de faixa de rolamento com dois trechos de pavimento com revestimento asfáltico (pavimentos flexíveis), a região onde está localizada a via, possui pouca

declividade.



Figura 1- Imagem de satélite do Câmpus CCET-UEG (Google Earth, 2014), com destaque (quadro amarelo) entrada para UEG, em frente ao trecho da rodovia BR-153.

3 | METODOLOGIA

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. A antena transmissora tem a função de modular a forma temporal do pulso de radiação, e a antena receptora mede a intensidade do sinal recebido em função do tempo. Durante o percurso dos pulsos, eles perdem amplitude e, à medida que atingem materiais de propriedades eletromagnéticas, tais como: permissividade, condutividade e permeabilidade, contrastantes entre si, sofrem reflexões, refrações e difrações, sendo, por consequência, parcialmente captados pela antena receptora (NUNES, 2002).

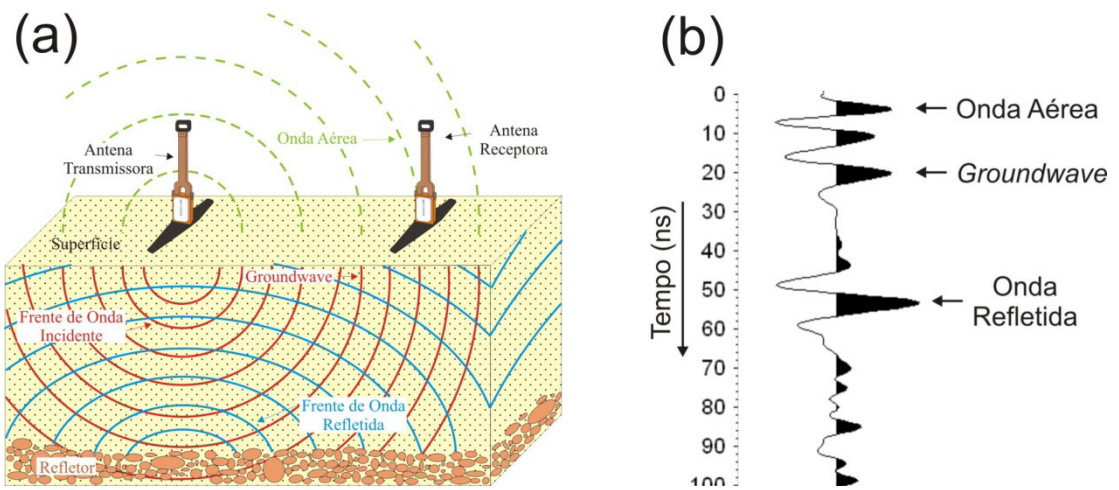


Figura 2 – (a) Diagrama de antenas GPR (modo biestático) com a ilustração do comportamento das principais frentes de onda. (b) Traço esquemático mostra as chegadas das principais frentes de onda do GPR (BORGES, 2007).

Os perfis de reflexão GPR, comumente denominados radargramas, foram obtidos em função das antenas transmissora e receptora com um intervalo de espaçamento constante. O resultado é uma imagem das variações em subsuperfície das propriedades elétricas em função do tempo duplo de percurso do pulso eletromagnético (SOUZA, 2005). Na aquisição de dados de GPR usou-se um par de antenas blindadas de 900MHz acoplado a uma roda odométrica. Na pista adquiriu-se 01 perfil, com comprimento individual de 25 metros, (Figura 3).



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

O processamento dos dados de GPR ocorreu no software REFLEX-W (SANDMEIER, 2015). As etapas do processamento aplicadas a todos os dados correspondem a: ajuste do tempo zero, remoção do ganho de campo (*remove header gain*), ganho linear, filtro passa banda trapezoidal (400-600-1200-1600), migração 2D (diffraction stack – 20 – 0,13) e conversão tempo para profundidade usando-se velocidades variáveis obtidas. Em poço de inspeção realizado no contato da faixa de

rodagem com o acostamento da BR-153, registrou-se, a espessura do revestimento na fase frontal a faixa de rodagem (concreto betuminoso usinado a quente – CBUQ) de 5 cm; uma espessura de base de 15 cm (solo laterítico) e depois o subleito (Figura 4a e 5).

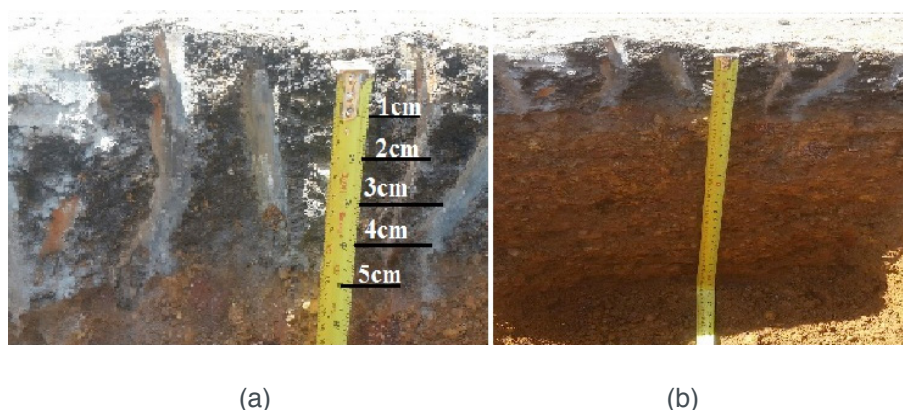


Figura 4 – Fotografias evidenciam o poço de inspeção (a) vista frontal a faixa de rodagem e (b) vista lateral ao acostamento, executado na margem da BR-153

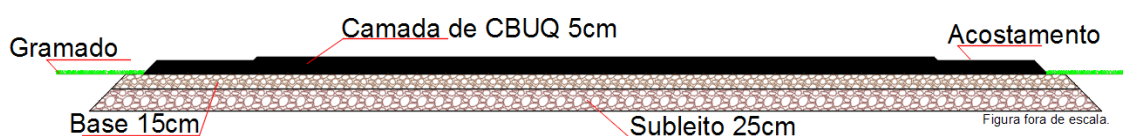


Figura 5 – Desenho da seção típica da estrutura do pavimento investigado da BR-153.

Com as informações das espessuras das camadas dos pavimentos, e a correlação com os refletores relacionados a cada interface, calcularam-se as velocidades de propagação da onda eletromagnética nos meios.

A velocidade de propagação da onda eletromagnética da camada de revestimento foi de 0,055 m/ns; já para a camada de base a velocidade calculada foi de 0,083 m/ns. Após as obtenções das velocidades do GPR optou-se pela elaboração de modelos de camadas no software Reflex-W, módulo de interpretação 2D. Neste módulo, usa-se inicialmente a rotina de *pick* para determinar a posição espacial dos refletores no domínio do tempo. Assim gera-se um arquivo ASCII onde se tem a posição em distância de cada ponto interpretado, bem como o tempo de transito que o mesmo ocorre, e posteriormente com a informação da profundidade gera-se a informação da profundidade do mesmo, ao longo de todos os traços amostrados na seção de GPR. Com estes arquivos ASCII analisa-se a variabilidade das espessuras das camadas ao longo de todo o pavimento investigado.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

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

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

- a. PADRÃO DE REFLEXÃO 1 (PR1) – este padrão possui ausência de refletores. A ausência de refletores é característica de materiais homogêneos (Figura 6);
- b. PADRÃO DE REFLEXÃO 2 (PR2) – 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 6); e,
- c. PADRÃO DE REFLEXÃO 3 (PR3) – 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 subleito do pavimento (Figura 6).

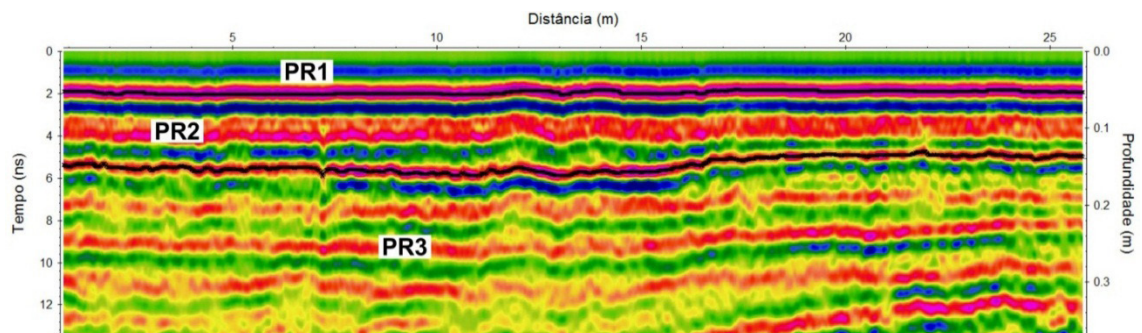


Figura 6 – Parte de uma seção de GPR que evidencia os padrões de reflexão determinados neste trabalho para as camadas geotécnicas do pavimento.

Com as informações das respectivas camadas do pavimento, obtidas com o poço de inspeção, interpretou-se o PR1 (de 0,00 a 0,05m, aproximadamente) como a camada de revestimento de CBUQ, o PR2 (de 0,05 a 0,15m aproximadamente) como a camada de material laterítico da base, e o PR3 como o material do subleito (Figura 7).

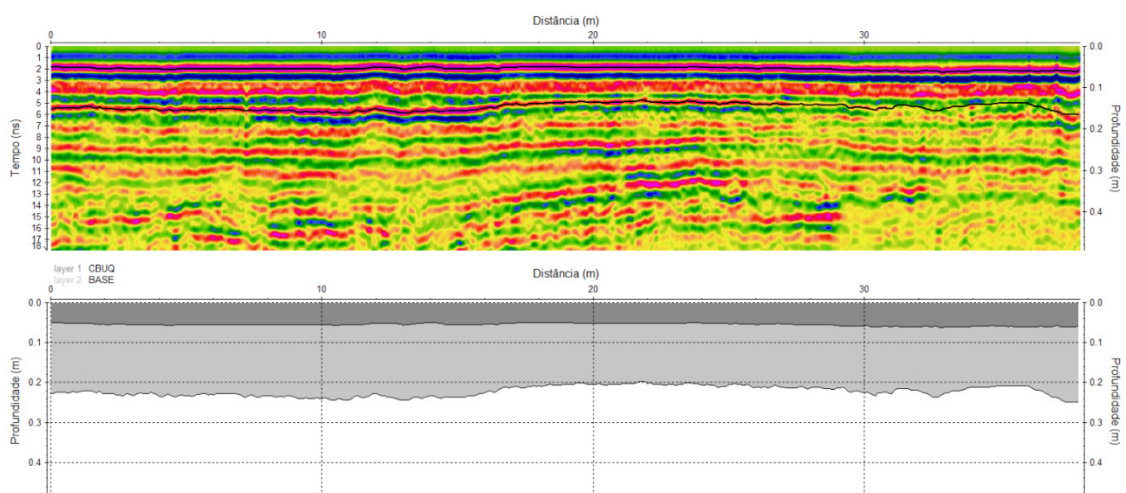


Figura 7 – Seção de GPR exemplifica a interpretação adotada neste trabalho para as camadas geotécnicas do pavimento flexível da BR-153.

A partir dos radargramas acima, consegue-se extrair os dados obtidos pelo georadar relacionados a espessura das camadas do pavimento. Nestes, tem-se evidenciado uma camada de revestimento de, em média, 5cm de espessura, o que mostra-se coerente com a amostra do poço. Além disso, o GPR também evidencia, através do contraste entre as camadas, uma base que vai de 15cm à 17cm de espessura, o que está de acordo com as amostragens obtidas nos poços.

5 | CONCLUSÕES

Neste trabalho fez-se a apresentação dos resultados preliminares obtidos em levantamentos realizados com o GPR em estruturas de pavimentos. Por meio da antena de 900 MHz foi possível diferenciar os padrões de reflexão e atestar a veracidade e eficiência do equipamento, uma vez que os dados obtidos PR1 (de 0.00 a 0.05m, aproximadamente) camada de revestimento de CBUQ. PR2 (de 0.05 a a.15m aproximadamente) camada de material laterítico da base e o PR3 material do subleito, encontram-se de acordo com o perfil de amostragens da rodovia. Recomenda-se que sejam realizados outros perfis, ao longo da Br 153, para verificar se existem variações nas espessuras estratigráficas dos pavimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geofísica Aplicada da Universidade de Brasília pelo empréstimo do equipamento GPR. Ao técnico Péricles de Brito Macedo pelo auxílio durante a etapa de aquisição de dados de GPR.

REFERÊNCIAS

FAUCHARD, C.; DEROBERT, X.; COSTA, P. GPR performances for thickness calibration on road test sites. *NDT e Internacional*, v.36, p. 67-75, set. 2003.

JUNG, G; J. JUNG; S. CHO; H. KIM. Evaluation of Road Settlements on the Soft Ground from GPR Investigations, **Proc.: Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar**, Delft, The Netherlands, 5p. , jun. 2004.

LIU, H.; SATO, M. In situ measurement of pavement thickness and dielectric permittivity by GPR using an antenna array, **NDTeE International**, v. 64, pg.65-71.

LOIZOS, A.; PLATI, C. Accuracy of pavement thicknesses estimation using different ground penetrating radar analysis approaches, **NDTeE International**, v. 40, n.2, p.147–157, 2007.

LOULIZI, A.; AL-QADI, I.L.; LAHOUAR, S. Optimization of Ground- Penetrating Radar Data to Predict Layer Thicknesses in Flexible Pavements, **J. Transp. Eng.**, pg. 93-99, 2003.

SAARENKETO, T.; SCULLION, T. Road evaluation with ground penetrating radar, **Journal of Applied Geophysics**, v. 43, pg. 119-138, 2000.

SOLLA, M.; GONZÁLEZ-JORGE, H.; VARELA, M.; LORENZO, H. Ground-Penetrating Radar for Inspection of In-Road Structures and Data Interpretation by Numerical Modeling, **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, pg.749-753, 2013.

STRIEDER, A.J.; GONÇALVES, F.P.; SALVADORETTI, P.; CERATTI, J.A.P.; KLEIN, S.L.; HIRAKATA, A.M. Aplicação de Geo-Radar em Investigações de Pavimentos Rodoviários: Estudo de Casos em Estruturação Estratigráfica e em Degradação, **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, São Pedro, São Paulo, pg. 1-13, 1999. v. CD-ROM.

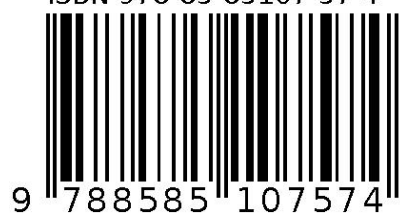
WILLET, D.A.; MAHBOUB, K.C.; RISTER, B. Accuracy of Ground-Penetrating Radar for Pavement-Layer Thickness Analysis, **Journal of Transportation Engineering**, pg. 96-103, 2006.

XU, P.; F. M.; WANG, X. L. LI, Y. C. CAI. Comparisons Between New and Traditional NDT Devices and Control Methods to Construction Quality of Highway Subgrade, **Geotechnical Special Publication**, ASCE, n. 215, pg. 83-91, 2011.

SOBRE A ORGANIZADORA

SABRINA PASSONI MARAVIESK Possui graduação em Licenciatura em Física e Mestrado em Ciências/ Física, ambos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Atualmente é doutoranda na área de Ensino de Ciências nas Engenharias e Tecnologias pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. É também professora adjunta do Centro de Ensino Superior de Campos Gerais na cidade de Ponta Grossa. Ministra as disciplinas de: Mecânica dos Fluidos, Fenômenos de Transporte, Mecânica Aplicada, Eletricidade e Magnetismo, Física Atômica e Nuclear, Física da Ressonância Magnética Nuclear, Física das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes e Física e Instrumentação Aplicada a Engenharia Biomédica; nos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia Civil, Tecnologia em Radiologia, Pós -Graduação em Segurança do Trabalho e Imagenologia. Já atuou como professora de Ensino Médio em escolas pública e particular ministrando aulas de Física e Robótica.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-57-4



9 788585 107574