

PROJETO DE PESQUISA

Avaliação de estruturas subterrâneas do complexo de furnas do Parque Estadual de Vila Velha: aplicação de georadar (GPR) à estratigrafia rasa de rochas siliciclásticas e à evolução cenozóica do relevo associado (Formação Furnas, Devoniano da Bacia do Paraná).

Objetivo: Conclusão de orientação de iniciação científica associada à formação de recursos humanos do PPRH – UFSC.

Órgão Financiador: PPRH – Programa Petrobras de Recursos Humanos.

Universidade: UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Geociências, Centro de Filosofia e Ciências Humanas

Nome do Orientador: Marcelo Accioly Teixeira de Oliveira

Nome do Orientando: César Luis Maiochi

Área: Geologia

Subárea: Geofísica Aplicada

Palavras-chave: Georadar; GPR; Estratigrafia; Furnas; Nível d'água; Arenitos; Vila Velha; Formação Furnas; Devoniano; Bacia do Paraná.

PLANO DE TRABALHO

Antecedentes:

O plano de trabalho associado a este pequeno projeto de pesquisa visa à aquisição, pós-processamento e interpretação de dados de georadar (GPR) aplicados à estratigrafia rochas sedimentares da Formação Furnas (Devoniano da Bacia do Paraná), em setores delimitados pelo Parque Estadual de Vila Velha (PR).

Este projeto é concebido para concluir estágio de iniciação científica associado ao Programa Petrobras de Recursos Humanos (PPRH), efetivado no Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina, durante o qual o bolsista, estudante de graduação do curso de Geologia, desenvolveu atividades de aquisição e processamento de imagens de georadar (GPR) associadas à prospecção e análise de sedimentos turfosos e arenosos que vinham sendo estudados no contexto de vários projetos de pesquisa em desenvolvimento, junto ao grupo de pesquisa CNPq “Estratigrafia do Quaternário, Paleoambientes e Processos Geomorfológicos”, centralizados no Laboratório de Geodinâmica Superficial (GCN-UFSC). Em função desses projetos, foram desenvolvidas no período inicial, práticas laboratoriais relacionadas à caracterização de sedimentos orgânicos (turfas), focadas na determinação do grau de humificação, do teor de cinzas, dos teores de matéria orgânica e de carbono das turfas estudadas, assim como na definição da estratigrafia das turfas e da avaliação do seu potencial energético. Ainda no primeiro ano de desenvolvimento da proposta, o orientando foi iniciado na metodologia de georadar (GPR) aplicada à estratigrafia de formações superficiais

Resumo do Plano de Trabalho:

Executadas as atividades acima, o plano de trabalho deste projeto e visa a aplicação da metodologia GPR a unidades do arenito Furnas, Devoniano da Bacia do Paraná, no entorno e no interior das furnas escavadas nessas rochas, no Parque Estadual de Vila Velha (PR), tendo como objetivo mapear estruturas de assoreamento quaternárias, eventuais estruturas de desabamento e estruturas deposicionais dos arenitos associadas às furnas.

Objetivo geral:

Aplicar a metodologia GPR (georadar) à análise da estratigrafia rasa (50 metros) do arenito Furnas, no Parque Estadual de Vila Velha (PR).

Objetivos específicos:

- Gerar informação de geofísica rasa eletromagnética (GPR) para arenitos da Formação Furnas, em perfis associados às furnas que dão nome à formação;
- Gerar informação sobre o nível do lençol d'água ao longo de transectos, abarcando as principais furnas no interior do parque;
- Buscar eventuais anomalias geofísicas que possam associar a drenagem subterrânea ao longo da furnas com cavidades subterrâneas em desenvolvimento;
- Gerar informação geofísica para sedimentos lacustres associados ao arenito Furnas;
- Disponibilizar à administração do Parque Estadual de Vila Velha, sob formato claro e sucinto, os principais resultados obtidos pelo projeto.

Justificativa:

Os projetos de pesquisa mencionados nos antecedentes deste projeto de pesquisa têm ênfase principal na associação entre estratigrafia de radar (GPR) e desenvolvimento de sedimentos turfosos em diferentes contextos geológico-geomorfológicos. Sete (7) projetos de pesquisa como financiamento público e privado foram e estão sendo desenvolvidos atualmente com essa temática, em contextos geomorfológicos distintos nos Estados de Santa Catarina; Paraná; Rio Grande do Sul; Piauí, e Pernambuco¹. Esses projetos resultam de esforço de pesquisa que foi iniciado em 2003, tendo como foco

¹ 1) Turfeiras e campos relictuais do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (PEST): adaptação climática, mapeamento e conservação. Financiamento: Fundação Grupo Boticário. Estado Atual: concluído; 2) Rede de Pesquisa Variações composicionais da vegetação em função de mudanças ambientais naturais e induzidas: estratigrafia, palinologia e sistemas de informação geográfica em áreas de campos sulinos, cerrados e caatinga. Financiamento: CNPq/FAPESC/CAPEs. Estado Atual: concluído; 3) Aplicação do georadar (GPR) à estratigrafia de depósitos coluviais e aluviais quaternários: estudos de caso associados a cambissolos e neossolos em ambientes altimontanos e planálticos brasileiros. Financiamento: CNPq. Estado Atual: em desenvolvimento.

principal a utilização e valorização de sedimentos turfosos enquanto fontes de dados representativos paleoambientais (Proxy data) variados (estratigráficos; sedimentológicos, paleoclimáticos regionais e locais).

Paralelamente, metodologia de geofísica rasa eletromagnética (GPR) passou a ser aplicada a esse objeto de estudo a partir de 2006, propiciando a identificação e o desenvolvimento de interpretação paleoambiental fundamentada nos princípios da estratigrafia de radar (radar stratigraphy) (OLIVEIRA et al., 2012; JESKE-PIERUSCHKA et al., 2013), juntamente com sua aplicação à estratigrafia de depósitos quaternários variados, no contexto da formação de pessoal de nível superior (PAULINO, 2005; DUZZIONI, 2007; BORBA, 2009; DUZZIONI, 2010; LIMA, 2010; NAU, 2010; BOCKMANN, 2012). Mais recentemente, sistema GPR de baixa frequência múltipla foi adquirido, visando aplicações estratigráficas mais profundas, de modo a analisar contatos entre coberturas superficiais e substratos rochosos, assim como estruturas pouco profundas do embasamento nos sítios estudados.

Como conseqüência desse contexto científico, e dando continuidade ao trabalho de formação contínua de estudantes em diversos níveis, aproveitamos a oportunidade oferecida pelo Programa Petrobras de Recursos Humanos (PPRH) para inserir o acadêmico nas iniciativas de pesquisa em andamento, com a proposta de estender a sua formação para objetivos que não foram inicialmente contemplados nos referidos projetos, particularmente no que toca à: 1) aplicação do GPR ao arenito Furnas, sobretudo no contexto da distribuição de eventuais estruturas subterrâneas associadas às furnas que nele ocorrem; 2) descrição de estruturas deposicionais e pós-deposicionais associadas à estratigrafia dos arenitos da Formação Furnas no interior do Parque Estadual de Vila Velha (PR); 3) aplicação do GPR em sedimentos lacustres recentes associados ao contexto geológico específico do arenito Furnas, no Parque.

Metodologia:

As atividades deste plano de trabalho serão iniciadas através da aquisição de dados GPR ao longo de linhas de caminhamento entre as furnas no entorno e no interior do Parque Estadual de Vila Velha (PR). Esse levantamento de dados será realizado com sistema de aquisição GPR da GSSI (Geophysical Survey Systems Inc.), associado a antenas GPR nas frequências de 200 MHz e antena de baixa frequência múltipla (16 MHz,

20 MHz, 35 MHz, 40 MHz e 80 MHz), também da GSSI. Esses equipamentos estão à disposição do laboratório de Geodinâmica Superficial (GCN - UFSC). O levantamento ao longo de linhas de caminhamento será acompanhado pela definição de cotas altimétricas, que será realizada através de GPS (RTK), com precisão altimétrica de alguns centímetros, de modo a possibilitar a correção topográfica dos dados GPR ao longo dos transectos obtidos. Essas atividades serão realizadas com a participação de todos os membros da equipe.

Caberá ao aluno responsável pelo projeto: 1) a aquisição de dados GPR, sob orientação deste professor; 2) o processamento básico e avançado dos dados GPR obtidos; 3) a interpretação geofísica dos resultados obtidos e sua interpretação estratigráfica.

O processamento e interpretação de dados GPR serão executados através do softwares RADAN® e Reflex View®, disponíveis no Laboratório de Geodinâmica Superficial (UFSC). Essa etapa é, basicamente, um processamento de imagens, centrado na passagem de filtros de frequência de banda alta e de banda baixa, aplicação de ganhos temporais, eliminação de ruídos de fundo, de baixa frequência e de alta frequência, e de figuras de difração eletromagnética. Seguem correções de foco associadas ao processo de migração em velocidades variável e constante, segundo as características do perfil. Finalmente, efetuam-se correções topográficas, de modo a ajustar o perfil GPR às variações topográficas do terreno prospectado (BORGES, 2002; PORSANI, 2009; JARENTCHUK JUNIOR, 2013). A etapa de interpretação é feita em seguida, avaliando-se a distribuição e geometria de refletores GPR que podem representar estruturas subterrâneas reais (NEAL, 2004) (contatos entre camadas; cavidades subterrâneas; posição do topo do lençol freático; estruturas deposicionais, etc.).

Os alvos dessa prospecção são as furnas que foram escavadas sobre arenitos da Formação Furnas, Devoniano Inferior da Bacia do Paraná. Considera-se que esses arenitos de constituição arcoseana e cimento caulínico sofreram a ação de processos de dissolução e de erosão subterrânea ao longo de estruturas sedimentares e de estruturas rúpteis nas direções NE-SW, NW-SE e E-W, contribuindo para a origem das furnas na medida em que o nível de base local ao longo do Arco de Ponta Grossa foi sendo rebaixado pelo soerguimento miocênico e pliocênico da fachada oriental da América do Sul. Esse rebaixamento de nível de base teria sido iniciado a partir da erosão diferencial de

superfície geomorfológica neogênica, hipoteticamente dissecada a partir do Plioceno (MELO et al., 1999). Pretende-se com essa iniciativa mapear estruturas de assoreamento e de desabamento de algumas dessas furnas, assim como mapear ao longo dos arenitos associados às furnas mais rasas estruturas deposicionais do arenito.

O pós-processamento dos dados geofísicos, em geral, será realizado através de licenças dos programas RADAN® e Reflex View® que estão à disposição do laboratório de execução desta proposta. A interpretação estratigráfica dos dados GPR gerados será feita após formação específica do orientando, que será fornecida pela leitura de artigos técnico-científicos e discussão associada.

Pesquisa bibliográfica será realizada pela indicação de textos selecionados sobre a Formação Furnas, Arenitos e métodos de análise.

Paralelamente, o orientando será estimulado a realizar pesquisa bibliográfica própria usando os recursos de busca e pesquisa disponibilizados pelo Portal da Capes e pelas bibliotecas da UFSC. Essa atividade deve se estender durante todo o período de desenvolvimento da proposta, sendo fundamental para o processo de redação de relatos parciais de resultados.

Cronograma de execução:

Este pequeno projeto de pesquisa está previsto para ser executado e concluído no intervalo de seis meses, a contar da data da eventual aprovação pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná) da nossa solicitação de autorização de pesquisa no interior do Parque Estadual de Vila Velha (PR). O cronograma de execução pode ser avaliado pelo quadro abaixo.

ATIVIDADE	PERÍODO					
	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6
Aquisição GPR e RTK	X	X				
Processamento de dados	X	X	X	X		
Interpretação estratigráfica			X	X	X	
Síntese analítica				X	X	
Divulgação de relatórios						X

Recursos disponíveis para a execução do projeto:

O projeto conta com toda a infraestrutura necessária à sua realização na UFSC, seja através da capacidade instalada no Laboratório de Geodinâmica Superficial (Sistemas GPR, softwares específicos e computadores), seja através do sistema de posicionamento global do tipo RTK à disposição no Laboratório de Oceanografia Costeira (LOC).

Os levantamentos de campo, no Parque Estadual de Vila Velha, serão financiados por recursos do Programa Petrobras de Recursos Humanos (PPRH) que já estão autorizados para utilização nos prazos os mais breves possíveis, entretanto. Igualmente, recursos para diárias e estadia podem ser viabilizados pelo projeto *Aplicação do georadar (GPR) à estratigrafia de depósitos coluviais e aluviais quaternários: estudos de caso associados a cambissolos e neossolos em ambientes altimontanos e planálticos brasileiros*, apoiado com recursos de Edital Universal do CNPq.

Equipe de pesquisa:

A equipe de pesquisa é composta por dois professores pesquisadores, este coordenador-orientador e o Professor Antonio Henrique da Fontoura Klein, responsável pelo RTK; pelo estudante responsável pela execução do projeto (César Luis Maiochi – Bolsista PPRH); e por dois estudantes de Pós-Graduação que deverão se intercalar em campo executando em tarefa de apoio técnico para aquisição de dados de posicionamento global e elaboração de perfis topográficos associados ao dados RTK (Michel Franco Volpato Prado e Maiara Werner Pinto).

Referências citadas:

- Bockmann, A. M. 2012. Estratigrafia de depósitos de turfeira na localidade do Campo do Ciama, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, SC. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, GCN, UFSC.
- Borba, M. R. 2009. Caracterização estratigráfica de depósitos aluviais, Localidade de Salto do Engenho, Campo Alegre-SC. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, GCN, UFSC.

- Borges, W. R., 2002. Investigações geofísicas na borda da bacia sedimentar de São Paulo, utilizando-se GPR e eletrorresistividade. Dissertação de Mestrado – IAG –USP. Capítulo 2, pp.22-37.
- Duzzioni, R. I. 2007. Feições erosivas em turfas de topo, nas montanhas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, GCN, UFSC.
- Duzzioni, R, I. 2010 Monitoramento hidrológico de turfeira nas montanhas do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. Dissertação de Mestrado, PPGG, UFSC.
- Jarentchuk Junior, O., 2013. Aplicação de georadar (GPR) na prospecção eletromagnética de solos : potencialidades e limitações. Dissertação de Mestrado, Geografia, UFPR. Cap.2 e Cap3, pp. 20-45 e pp 49-59.
- Jeske-Pieruschka, V ; Pilar, V. D. ; Oliveira, M. A. T. ; Behling. 2013. New insights into vegetation, climate and fire history of southern Brazil revealed by a 40,000 year environmental record from the State Park Serra do Tabuleiro. *Vegetation History and Archaeobotany*, v. 22, p. 299-314.
- Lima, G. L. 2010. Estratigrafia e palinologia de depósitos turfosos e colúvio-aluviais quaternários no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro e no Planalto de São Bento do Sul, SC. Tese de Doutorado, PPGG, UFSC.
- Melo, M. S.; Bosetti, E. P.; Godoy, L. C.; Pilatti, F. 1999. Vila Velha. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil (SIGEP) – 029. Acesso em: <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio029/sitio029.htm>.
- Nau, D. R. 2010. Estratigrafia de rampa colúvio-aluvial em cabeceira de vale turfosa. Campo do Ciama, Parque da Serra do Tabuleiro, SC. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, GCN, UFSC.
- Neal, A., 2004. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth-Science Reviews* 66, 261–330.
- Oliveira, M. A. T.; Porsani, J. L.; de Lima, G. L.; Jeske-Pieruschka, V.; Behling, H. 2012. Upper Pleistocene to Holocene peatland evolution in Southern Brazilian highlands as depicted by radar stratigraphy, sedimentology and palynology. *Quaternary Research*,

v. 77, p. 397-407.

Paulino, R. B. 2005. Mapeamento e caracterização de turfeiras na Serra do Tabuleiro, Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (SC). Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, GCN, UFSC.

Porsani, J. L., 2009. Contribuições do GPR em Geociências, Planejamento Urbano e Arqueologia. Tese de Livre Docência, USP, São Paulo, 186 p.