



Refração Sísmica Rasa Aplicada no Projeto Integrado “West Suriname”

Rafael Ludwig Herzig, Geotec L. G. Ltda., Martin Afonso C.M. Camargo, CNEC Engenharia Ltda.

Copyright 2004, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no I Simpósio de Geofísica da Sociedade Brasileira de Geofísica, São Paulo, 26-28 de setembro de 2004. Seu conteúdo foi revisado pela Comissão Técnico-científica do I SR-SBGf mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Foram executados levantamentos de refração sísmica em áreas de estudos de aproveitamentos hidrelétricos na região oeste do Suriname.

Os ensaios tiveram por objetivo determinar o contorno do topo da rocha sã, ao longo das seções sísmicas programadas e fornecer informações sobre as camadas sobrejacentes ao topo rochoso são, visando correlacionar dados geofísicos com as informações geológicas / geotécnicas disponíveis.

Este trabalho demandou um considerável esforço de logística, pelo isolamento geográfico e poucos recursos existentes nas áreas de estudo.

Os trabalhos de coleta dos dados de campo, foram executados utilizando-se procedimentos convencionais. Os registros sísmicos obtidos foram de excelente qualidade, não gerando dificuldades na interpretação. Integrando os resultados obtidos pela sísmica de refração com as sondagens diretas realizadas ao longo das seções sísmicas, foi encontrado um erro inferior a 10% na determinação das profundidades ao topo de rocha sã pelo método geofísico.

Introdução

O projeto do Rio Kabalebo é composto por duas Hidrelétricas, Avanavero com 255MW e Tijger com 135MW e uma série de outras barragens de derivação e diques, dispostos de forma a captar e desviar a água de outros rios para geração nas duas barragens citadas., Todo este sistema visa fornecer energia para uma unidade de fundição de alumínio pertencente a Alcoa através de sua subsidiária no Suriname, a Suralco.

A área do projeto situa-se na região oeste do Suriname (Figura 1) sendo composta por 6 sítios divididos em 3 áreas: área do Aproveitamento de Avanavero, área do Aproveitamento Tijger e área de Derivação, composta pelos sítios Corantijn, Masquita, Lucie e Sisa.

O sítio Avanavero está situado no baixo curso do rio Kabalebo, no local das corredeiras denominadas de Avanavero Falls, distando cerca de 40 km de sua confluência com o rio Corantijn.

Geologicamente, o local de implantação da Barragem de Avanavero está situado sobre rochas básicas da unidade Avanavero Dolerite, constituída por um sill de diabásio

com espessura superior a 50m, transpondo quase ortogonalmente a calha do rio Kabalebo.

Afloramentos rochosos são restritos à calha do rio, sendo que nas demais áreas quase nunca se observam exposições da rocha original. Com exceção de alguns afloramentos de metarenitos da Formação Rosebel, de modo geral a superfície do terreno encontra-se recoberta por solo, às vezes com blocos/fragmentos de material ferruginoso provenientes do processo de laterização.

O sítio Tijger está situado no médio curso do rio Kabalebo, cerca de 25 km à montante (em linha reta) do sítio Avanavero e a 1km à jusante das corredeiras Tijger val.



Figura 1 – Localização das áreas de estudo no Suriname.

Geologicamente o sítio encontra-se sobre o domínio de rochas do embasamento do Complexo Granítico-Vulcânico, estando o local do eixo implantado sobre rochas do Avanavero Dolerite que, acompanhando o “trend” regional NE-SW, ocorrem intrudidas nas rochas do embasamento, na forma de um “sill” aparentemente tabular, repousando sobre biotita granitos que afloram na porção imediatamente a jusante do eixo. Pequenos corpos de sedimentos aluvionares ocorrem condicionados à calha do Kabalebo.

De modo similar ao sítio Avanavero, o sítio Tijger também exhibe afloramentos de rocha junto à calha da drenagem, dando lugar nas ombreiras para intercalação de solo com blocos de rocha e níveis com exposição de material laterizado nas porções topograficamente mais elevadas. A presença de feições relacionadas aos processos de laterização é uma das constatações mais marcantes nessa região onde são comuns extensas áreas

laterizadas (crostas lateríticas) refletindo diretamente não só sobre a morfologia dos corpos básicos como também na diferenciação da cobertura vegetal.

O sítio Corantijn está situado no alto curso do rio Corantijn, à jusante da foz do rio Coeroeni, mais precisamente no canal direito do rio Corantijn, localizado imediatamente à jusante das corredeiras denominadas de Frederik Willem IV e King George. Nesse trecho o rio Corantijn se apresenta constituído por inúmeras ilhas entrecortadas por canais, muitos deles com nítido controle estrutural, onde é freqüente a presença de afloramentos transpondo o rio na forma de travessões, dando origem a corredeiras.

Geologicamente, situa-se em domínio geológico das rochas proterozóicas pertencentes ao Grupo Coeroeni, representadas por uma série de rochas de alto grau metamórfico incluindo sillimanita - biotita gnaisses com características migmatíticas, biotita-plagioclásio-(hornblenda)-gnaisses e anfíbolitos.

Na região do sítio Corantijn predominam rochas gnaissicas fitadas a bandeadas onde se alternam porções claras de material quartzo feldspático com porções escuras de material biotítico ou anfíbolítico com foliação preferencialmente subvertical e com trend direcional variando de N45° - 85°W.

O sítio Masquita está situado no córrego Masquita Creek, afluente direito do rio Corantijn, cuja foz dista cerca de 4 km (em linha reta) para jusante do sítio Corantijn.

A semelhança do sítio Corantijn, este sítio está situado em domínio das rochas proterozóicas do Grupo Coeroeni, representadas por rochas gnaissicas bandeadas portadoras de biotita, sillimanita e hornblenda e intercalações de material anfíbolítico. Não foram observados afloramentos rochosos no sítio.

O sítio Lucie está situado no rio Lucie, afluente direito do rio Corantijn, cuja foz encontra-se cerca de 12,5 km (em linha reta) à jusante do sítio Corantijn.

A semelhança dos sítios Corantijn e Masquita, também este sítio está assente em área de domínio das rochas proterozóicas do Grupo Coeroeni, representadas por rochas gnaissicas bandeadas portadoras de biotita, sillimanita e hornblenda e intercalações de material anfíbolítico.

O sítio Sisa está situado no córrego Sisa Creek, afluente direito do rio Corantijn, cuja foz encontra-se cerca de 43 km (em linha reta) à jusante do sítio Corantijn.

Geologicamente essa região encontra-se implantada em domínio das rochas do Complexo Granítico-Vulcânico representada por rocha de natureza granítica de granulação fina a média, localmente incorporando rochas básicas do tipo Avanavero Dolerite e do Apatoe Dolerite. Afloramentos e blocos (matacões) de rocha granítica foram observados principalmente ao longo da margem direita do córrego Sisa Creek.

O sítio Avanavero, que foi o primeiro destino da equipe geofísica, pode ser alcançado de duas maneiras a partir de Paramaribo, capital do Suriname, por avião

aproximadamente 2 horas de vôo ou por estradas vicinais onde se leva aproximadamente de 8 a 10 horas para cobrir os 300km do percurso. As estradas vicinais encontram-se em precário estado de conservação, com as travessias de rios e córregos feitas em pontes praticamente abandonadas, além da quase freqüente presença de árvores caídas nas estradas bloqueando a passagem dos carros, sendo imprescindível levar uma motoserra,.

Vencida esta etapa a parte de logística como alimentação, disponibilidade de pessoas para a realização dos trabalhos, foi a menos problemática pela existência de uma pedreira distante aproximadamente 3 horas e meia de carro do Sítio Avanavero. Na região tinha também a cidade de Apoera, localizada na margem direita do rio Corantijn na divisa com a Guiana, com cerca de 400 habitantes e distante cerca de 60km da pedreira.. Todos os ajudantes da equipe de geofísica eram provenientes desta cidade e permaneceram conosco durante a realização dos trabalhos.

Para se alcançar a área da barragem Tijger foi necessária a abertura de uma estrada em meio a floresta amazônica o que demandou tempo. Com a estrada pronta o acampamento no sítio Avanavero foi transferido para o Tijger numa operação trabalhosa, pois foi realizada em camionetes 4x4 de pequeno porte.

Terminada esta parte dos estudos, a equipe geofísica composta de 1 técnico de nível universitário, 1 técnico de nível médio e 5 ajudantes, foi aerotransportada para o acampamento no sítio de Amotopo, uma antiga pista de pouso com algumas instalações (hoje abandonadas) do governo do Suriname no sul do país. A partir deste acampamento foram realizados os trabalhos na área de Derivação. Para acesso das equipes e equipamentos aos sítios de interesse do projeto, foi inicialmente reaberta uma antiga estrada, abandonada a mais de 30 anos. Por esse caminho, reaberto manualmente, as equipes e os equipamentos eram transportados por quadriciclos (4x4) ao longo das frentes de serviço. O abastecimento do acampamento base de Amotopo de gêneros alimentícios e demais recursos foram sempre feitos por via aérea.

Metodologia/ Problema Investigado

Na execução dos levantamentos utilizou-se um sismógrafo digital de 12 canais de gravação, fabricado pela Geometrics, modelo Smartseis; geofones com freqüência natural de 10 Hz e 330 ohms de impedância e com fonte de energia, uma marreta de 12 kg com gatilho de contato sobre placa de metal.

Os parâmetros de aquisição utilizados foram: intervalo de amostragem em tempo igual 125 μ s; comprimento do registro foi fixado em 256 ms, com um delay time de 10 ms. Foram empregados filtros analógicos Notch de 60 Hz; filtro corta-alta acima de 250 Hz.

Na área da Barragem Avanavero o quantitativo executado foi de 3.780 m de seções sísmicas; 2.082 m na área da Barragem Tijger e 6.530 m na área de derivação sendo: 1.450 m no sítio Corantijn; 1.500 m no

sítio Masquita; 2.000 m no sítio Lucie e 1.100 m no sítio Sisa; perfazendo um total geral de trabalhos de 11.912 m lineares de seções sísmicas.

Foi aplicado o procedimento de campo conhecido como “arranjo convencional” para 12 canais de gravação, o espaçamento entre geofones foi de 7, 10 e 15 metros. O básico do procedimento de campo de refração consiste em efetuar 5 pontos de tiro, um central e dois em cada um dos extremos do arranjo de geofones, sendo os tiros externos distantes 30 m do primeiro e do último geofone, respectivamente (Figura 2)

Os dados (exemplificados na Figura 3) foram processados pelo pacote SIP (Seismic Refraction Interpretation Programs) da Rimrock Geophysics, que permite a aplicação de filtros de frequência (no caso não houve a necessidade da aplicação de filtros) e apresenta recursos de visualização para ampliar os sinais referentes às primeiras quebras e para efetuar a leitura dos tempos de chegada das ondas sísmicas.

A dromocrônica obtida para os dados adquiridos, os tempos de intercepção e as velocidades determinadas através da função teta (Gurvich, 1972) são apresentadas na Figura 4.

Resultados

O procedimento interpretativo aplicado, juntamente com os dados topográficos, informações geológicas e geotécnicas forneceram os elementos básicos para a elaboração das “Seções Sísmicas”, um exemplo pode ser visto na Figura 5.

Estas seções se constituíram em uma síntese das informações geofísicas e geológicas/geotécnicas da área em estudo.

Discussão e Conclusões

Devido a dificuldades logísticas, nesta etapa dos estudos foram utilizadas, além da geofísica, apenas sondagens à percussão e a trado. Este tipo de investigação direta tem suas limitações na determinação precisa da posição do topo rochoso, seja em função da presença de carapaças lateríticas e/ou blocos de rocha dispersos na camada de solo que impedem seu avanço. Deste modo, os resultados das investigações geofísicas, foram importantes na determinação do perfil do maciço rochoso de fundação na área de implantação das principais estruturas do Aproveitamento, informação essa de grande importância em projetos hidroelétricos.

Analisando-se os dados obtidos observa-se que para a maior parte das áreas obteve-se um “modelo sísmico” de 2 camadas. Tem-se uma camada de pequenas espessuras e baixas velocidades de ondas (aproximadamente 0,5 km/s), sobreposta diretamente ao maciço rochoso são; seu contorno acompanha o relevo externo e não apresenta inflexões que possam ser correlacionadas a presença de estruturas do tipo falhamentos, zonas de fraturamento e/ou alteração.

De maneira geral, os maciços rochosos por onde se desenvolveram os trabalhos, apresentam altas velocidades de propagação de ondas sísmicas (maiores que 5,0 km/s). Este fato permite inferir que as mesmas são de boa qualidade, devendo responder plenamente às solicitações mecânicas.

Destacam-se ainda nos levantamentos geofísicos, sua ampla cobertura, sua rapidez de execução e o baixo custo na obtenção de informações em grandes áreas.

Agradecimentos

A todos envolvidos no projeto, pela convivência e colaboração durante a execução dos trabalhos.

Referências

Bosma, W., 1969. An explanation to the geology of Suriname. In “Contributions to the Geology of Suriname 8” Ministerie von Natuurlijke Hulpbronnen en Energie. Geologisch Mijn bouwkundige Dienst von Suriname.

Bosma, W. et all. Geological Map of Suriname 1:500.000 (2 parts) color

Feasibility Study of Hidro-Eletric Development Western Surinam. The Kabalebo Hydroelectric Scheme. Vol. 1, Appendix A, B e II. Julho 1976. International Bank for Reconstruction and Development. Norconsult A. S. and Electro-Watt.

Gurvich, I., 1972, Seismic Prospecting: Mir Publishers, Moscow, 463 p.

Kabalebo Hydroelectric Scheme.1977. Assessment of rock foundations for Devis Falls and Lucie Dam Sites. Norconsult A/S.

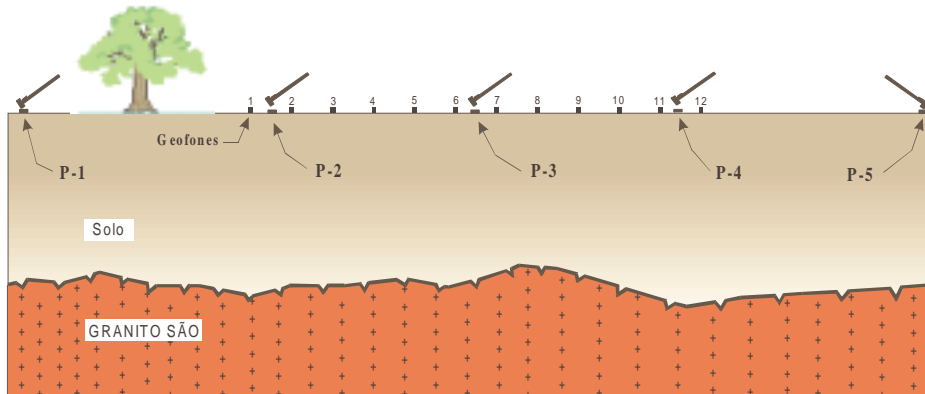
Keiswetter, D. A., Steeples, D. W., 1994, Practical modifications to improve the sledgehammer seismic source. Geophysical research letters, 21, 2203-2206.

Prade, H.O., 1965. Eerste geologisch onderzoek van de damlocaties bij de Tiggerval em de Avaneverovallen in tde Kabalebo Rivier.

Prade, H. O., 1966. Government of Surinam. Salzgitter Industriebau GMBH. Kabalebo Project. Drilling Data from the Avanavero Damsite Área.

Santos, M.V. 2001. Estudos Ambientais do Complexo Kabalebo. Avanavero – Tijger – Corantijn – Lucie. CNEC Engenharia S/A.

Sjögren, Bengt, 1984,. Shallow Refraction Seismic.



P-1, P-2, P-3, P-4 e P-5 = Pontos de Geração de Ondas Sísmicas

Figura 2.: Procedimento de campo utilizado para o "Arranjo Convencional", equipamentos de 12 canais.

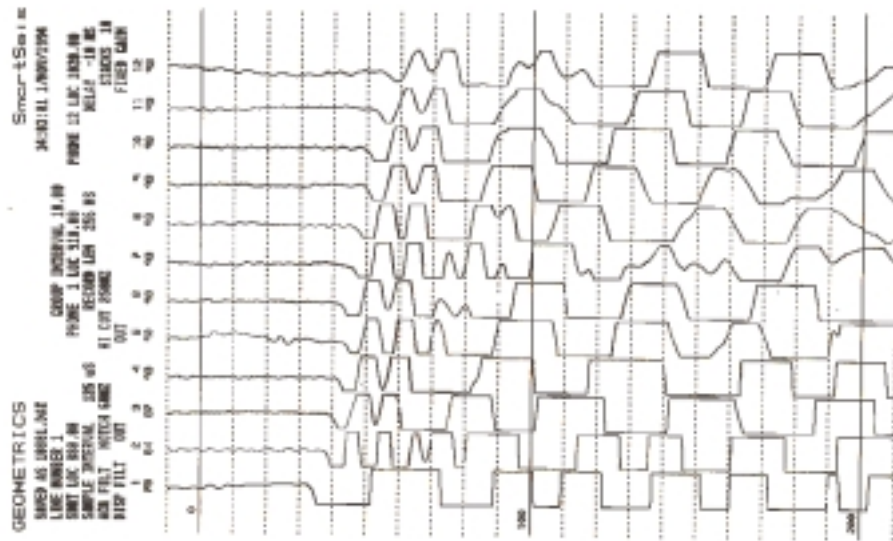


Figura 3 – Dado de Campo do Sítio Lucie, Seção Sísmica 1, Base 8, Tiro 1.

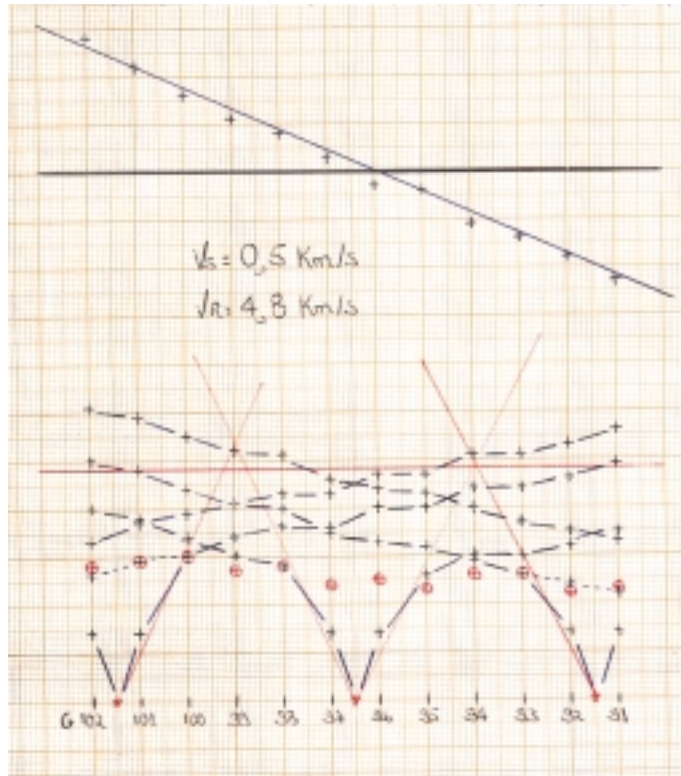


Figura 4 – Dromocrônica (gráfico tempo X Distância), contendo os tempos de interceptação e as velocidades das camadas (espaçamento entre geofones de 10 m)..

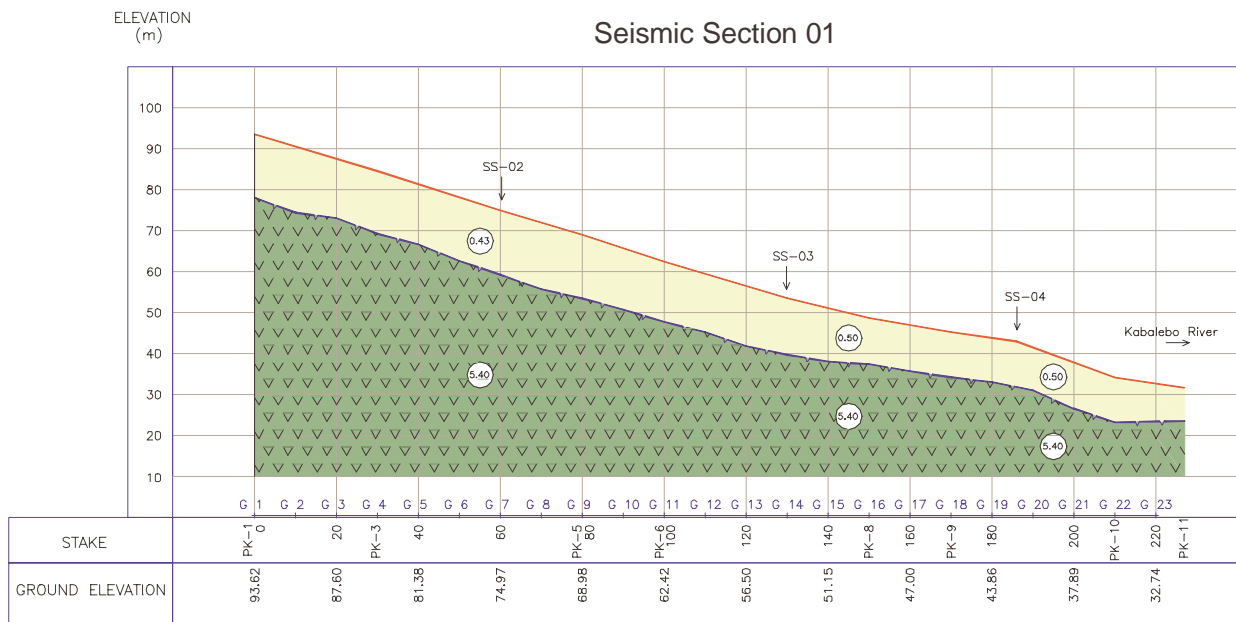


Figura 5 – Seção geológica final obtida da interpretação dos dados de refração sísmica.