

MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DA CAVERNA BURACO DO INFERNO NA RODOVIA BR-135 NO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO – BA

D. C. Mlenek¹, F. C. Arenas¹, F. J. F. Ferreira², R. Canata², R. C. Moro¹ R. Stevanato²

¹Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura ITTI-UFPR, Brasil

²Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada LPGA-UFPR, Brasil

Comissão III - Cartografia

RESUMO

O objetivo desse estudo é tomar conhecimento a respeito da localização e das dimensões da caverna denominada Buraco do Inferno, no município de São Desidério no estado a Bahia, a cavidade intercepta o eixo da rodovia BR-135, qual está em processo de pavimentação. Foram realizadas campanhas de levantamentos gravimétricos, GPR e eletrorresistividade com a finalidade de identificar a localização da cavidade sobre o eixo da rodovia. Para a percepção espacial da ocorrência foi desenvolvido modelos tridimensionais utilizando como base principalmente as campanhas de eletrorresistividade, analisando principalmente a sua posição e dimensões, podendo assim os estudos serem conduzidos com maior clareza, auxiliando na tomada de decisões para as próximas etapas do projeto.

Palavras chave: Modelagem Tridimensional, Eletrorresistividade, Cartografia Espeleológica.

ABSTRACT

The objective of this study is to learn about the location and dimensions of the cave named Buraco do Inferno, in the municipality of São Desidério in the state of Bahia, the cavity intersects the axis of the BR-135 highway, which is in the process of paving. Gravimetric surveys, GPR and electroresistivity campaigns were carried out with the purpose of identifying the location of the cavity on the axis of the highway. For the spatial perception of the occurrence, three-dimensional models were developed using mainly the electroresistive campaigns, mainly analyzing their position and dimensions, so that the studies could be conducted with greater clarity, helping in the decision making for the next stages of the project.

Keywords: 3D Modeling, Electroresistivity, Speleological Cartography.

1- INTRODUÇÃO

O desenvolvimento social e econômico de determinadas regiões, na maioria das vezes está diretamente correlacionado a infraestrutura existente. Obras de infraestrutura rodoviária são essenciais para o desenvolvimento assim como para a subsistência de muitas regiões do Brasil.

Por sua vez, o desenvolvimento econômico e obras de infraestrutura conflitam com questões ambientais, onde estudos ambientais e propostas de mitigação de riscos são essenciais. Principalmente em condições consideradas ambientalmente frágeis, classificação atribuída constantemente a relevos cársticos, onde na área de estudo há ocorrência de cavidades que se prolongam ao eixo projetado da rodovia.

Estudos da dimensão e localização do prolongamento da cavidade são de importância considerável na tomada de decisões, a representação tridimensional tem como objetivo simplificar a compreensão da ocorrência.

2- ÁREA DE ESTUDO

O traçado da rodovia BR-135, nas proximidades quilômetro 218,40/BA, no município de São Desidério no estado da Bahia, cruza com o relevo cárstico na região do Cráton de São Francisco que apresenta a ocorrência de feições típicas como rios subterrâneos, sumidouros, dolinas e cavernas.

A cavidade mais conhecida e estudada na região é a caverna denominada de Buraco do Inferno, com extensão de 4,8 km, a qual prolonga-se até o traçado projetado da rodovia BR-135/BA. A cavidade dá acesso ao maior lago subterrâneo do Brasil.

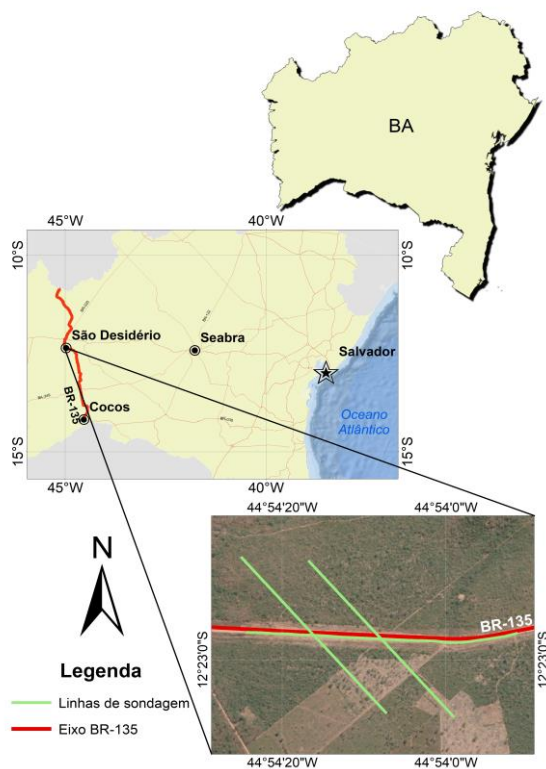


Figura 1 - Localização da área de estudo.

3- METODOLOGIA

As obras de pavimentação foram interrompidas até a conclusão dos estudos e avaliação das possíveis consequências que a obra poderá causar a caverna, a modelagem tridimensional da ocorrência auxiliará na tomada de decisões e na formulação de propostas técnicas.

Para a modelagem tridimensional da ocorrência da caverna Buraco do Inferno, no eixo da rodovia BR135/BA, utilizou-se dados provenientes de estudos geofísicos, onde os tópicos a seguir apresentam a metodologia empregada.

3.1- PLANEJAMENTO DO LEVANTAMENTO

O planejamento da nova campanha deu-se após a análise prévia dados de campanhas anteriores, todas elas utilizando métodos não invasivos como: georadar (GPR), gravimetria e eletrorresistividade.

As linhas foram projetadas sobre a região caracterizada como baixo gravimétrico, característica de locais com a ocorrência de cavidades, informação esta proveniente do levantamento gravimétrico e em faixas com ocorrências significativas de cavidades interpretadas do estudo de eletrorresistividade da primeira campanha, realizada na margem da rodovia na proximidade do prolongamento da cavidade. Com o objetivo de densificar os estudos e aplicar o método de eletrorresistividade, foram planejadas duas linhas, com dimensões de 950 metros de comprimento e espaçamento de 50 metros entre as estações a serem ocupadas.

3.2- LOCAÇÃO DAS LINHAS

Para a locação, foi empregado o método de posicionamento geodésico em tempo real (RTK), onde existe a demanda da materialização de um marco, para posteriormente ser utilizado como estação base para o levantamento, a este aplicado o método de posicionamento relativo estático para determinação das coordenadas, atingindo precisões centimétricas.

As altitudes elipsoidais, obtidas pelo posicionamento geodésico, foram reduzidas ao geóide por meio do sistema de interpolação de ondulação geoidal MAPGEO2015.

Foi utilizado um par de receptores GNSS da marca FOIF modelo A30, com observação as constelações GPS e GLONASS com envio de correções em tempo real por intermédio de sinal de rádio (Figura 2).



Figura 2 - Execução da locação das linhas.

3.3- MÉTODO DE ELETORRESISTIVIDADE

A eletrorresistividade aplica o princípio básico dos métodos elétricos de prospecção, que consiste na injeção, no terreno, de uma corrente conhecida por meio de dois eletrodos ativos e mensurado a diferença de potencial em outros dois eletrodos passivos. Para isto foram utilizados: um receptor multicanal espectral ELRECPPro (Figura 3) e um transmissor de alta potência modelo VIP3000W (Figura 4)



Figura 3 – Receptor multicanal espectral.



Figura 4 - Transmissor de alta potência.

Os eletrodos foram instalados com espaçamentos previamente definidos (50 metros) e de acordo com a disposição dos eletrodos sobre o terreno foi obtida a mensuração da resistividade em diferentes níveis de profundidade. Os níveis de profundidade são definidos de acordo com a distância que o par ativo se encontra do par passivo, caracterizando um pseudoseção. Na figura 5 o par AB representa o par ativo enquanto os pares MNn os pares passivos e Qnn o ponto em que é mensurado a grandeza elétrica, representando ainda 4 níveis de profundidade.

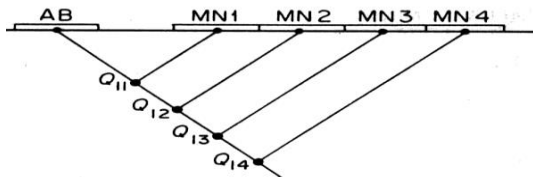


Figura 5 – Pseudoseção
Fonte: Robinson & Corun 1988

Neste estudo os níveis de profundidade avançaram até o 7º nível, possibilitando a interpretação da resistividade na área de estudo desde a superfície física terrestre e abaixo dela no semi-espaço definido, até atingir uma profundidade aproximada de 187 metros. Sendo o processamento dos dados foi realizado com o auxílio do software Geosoft Oasis Montaj.

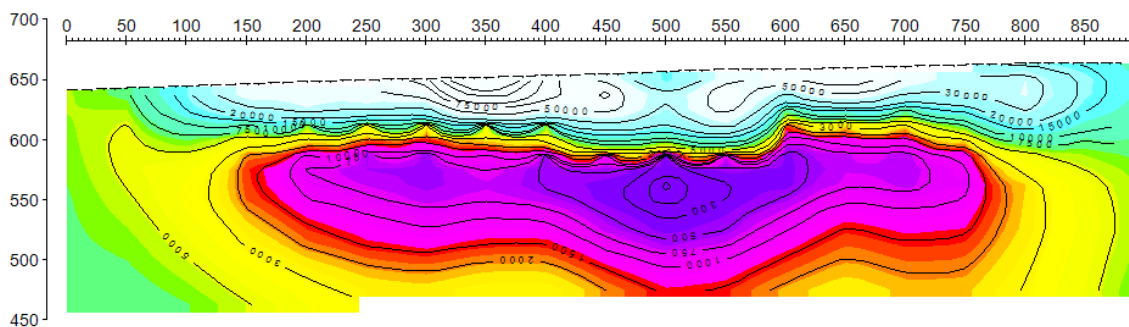


Figura 6 – Perfil da linha de sondagem

3.4- DEFINIÇÃO DE CLASSES

Com o pré-processamento foram criados perfis das linhas de sondagem (Figura 6) e mapas de níveis. Utilizando a interpolação de vizinhança natural, diretamente aplicada aos valores obtidos da eletrorresistividade, foi possível interpretar e classificar previamente os valores correspondentes as cavidades, e confirmar a predominância da formação geológica calcária com cobertura de solo e arenitos.

A necessidade de uma classificação previa, existiu devido ao conjunto numérico apresentar amplitudes discrepantes em relação aos fatores a serem analisados, sendo classes de baixa amplitude compreendidas a valores considerados pequenos e classes com alta amplitude composta de valores altos dentro do intervalo total.

Foram definidas três classes (Tabela 1), onde cada uma é referente a comportamentos distintos, são elas: Classe de cavidades, classe de predominância de calcário e zona saturada e a classe referente a cobertura de solo e composição arenítica. As classes foram ajustadas para um novo conjunto de valores, com o objetivo de minimizar as influencias causadas pelas classes com valores e amplitudes elevados.

Tabela 1- Classificação.

Classes	Intervalos (Ohm.m)
Cavidades	0 a 300
Calcário + zona saturada	301 a 3.000
Solo + composição arenítica	3.001 a 1.000.000

Realizado o ajuste numérico das classes, aplicou-se novamente a interpolação utilizando o método de vizinhança natural, assim gerando novos perfis para as linhas de sondagem. Esse novo ajuste possibilitou verificar a minimização das influencias causadas pelo conjunto numérico original, o que tornou possível obter as coordenadas planimétricas e altitudes ortométrica dos limites (teto e piso) das cavidades e da camada de contato entre o calcário e a cobertura de solo.

3.5- MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

Com as coordenadas tridimensionais foi possível gerar de superfícies correspondentes ao piso

da cavidade, teto da cavidade e a superfície de contato entre o calcário e a camada superficial de solo. Inicialmente foram geradas as curvas de nível correspondentes a cada superfície de interesse no software Esri ArcGIS, e posteriormente importadas para o software Trimble Sketchup onde foram geradas as superfícies, realizados todos os tratamentos visuais e aplicação de texturas, transparências e elementos textuais. Além da facilidade em visualização do modelo tridimensional o software possibilita a mensuração de grandezas tanto nos eixos ordenados quanto fora deles possibilitando análises detalhadas de acordo com a demanda do estudo a ser realizado.

4- RESULTADOS

A modelagem tridimensional proveniente da interpretação dos dados dos levantamentos da eletrorresistividade, proporcionou a estimativa das dimensões da cavidade, assim como a distância do teto da cavidade até a superfície terrestre. Sobre o eixo da rodovia temos um salão com 52 metros de largura por 30 metros de altura, e uma camada de cobertura de 80 metros contando do teto da cavidade até a superfície terrestre, destes 80 metros, 45 metros são a composição de solo e arenito e 35 metros de formação calcária.

As figuras 7, 8, 9 e 10 são alguns exemplos do modelo tridimensional desenvolvido.

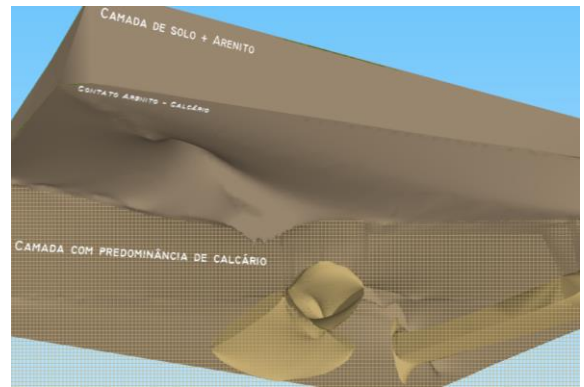


Figura 7 - Vista posterior, com detalhes da formação do solo.

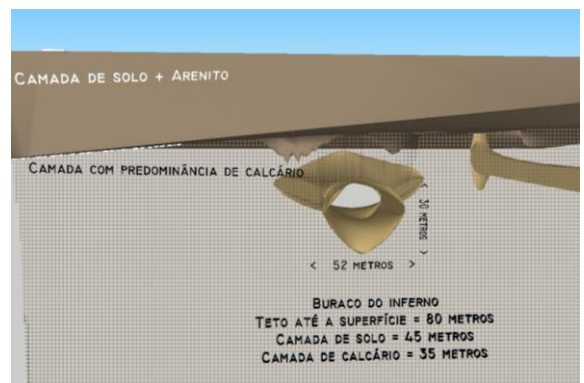


Figura 8 - Vista lateral do modelo tridimensional, com indicações de dimensões.

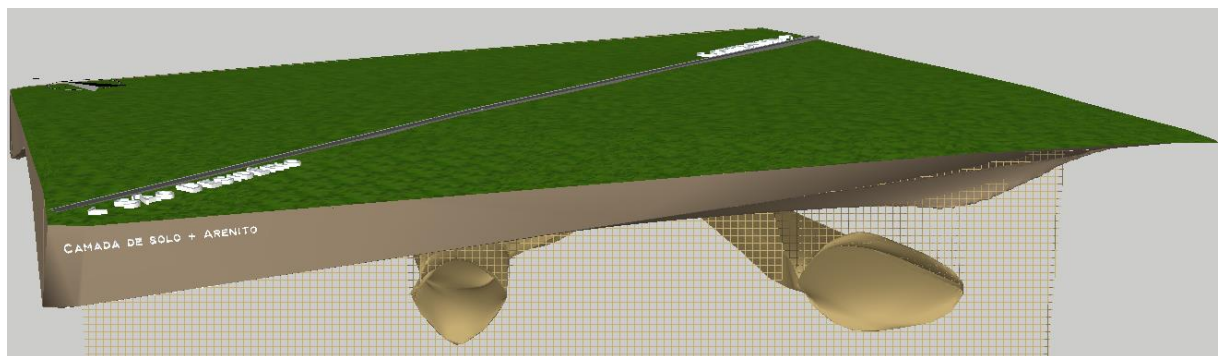


Figura 9 - Vista lateral, com detalhe da superfície física terrestre.

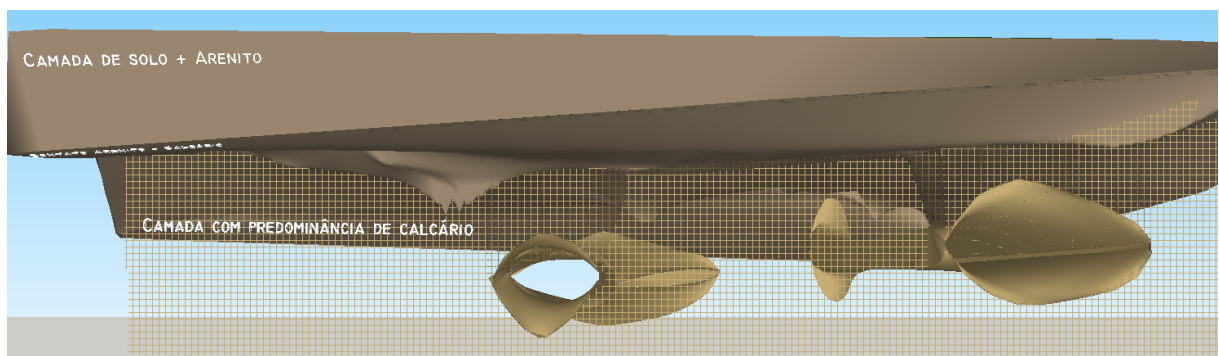


Figura 10 - Vista lateral do modelo tridimensional.

5- CONCLUSÃO

Com a modelagem tridimensional dos dados referentes a eletrorresistividade foi possível ter uma percepção apurada, com referência a posição e dimensões das cavidades que cruzam o eixo projetado da BR-135, podendo assim os estudos serem conduzidos com maior clareza, auxiliando na tomada de decisões para as próximas etapas do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Robinson, E. e Corun, C. 1988. Basic Exploration Geophysics. John Wiley & Sons, New York, EUA, 576 páginas.

Stevanato R. e Canata R. E. 2016. Projeto BR135 – São Desidério e Correntina – BA. Polarização Induzida e Resistividade na detecção de cavidades LPGA & ITTI, Curitiba, Brasil, 24 páginas.