

Introdução de métodos geofísicos no auxílio de mapeamento de áreas de risco

Érika Damazio da Silva¹; Manoel Isidro de Miranda Neto²; Vitor Souza Pontes³

¹ Geóloga, mestranda, ² Engenheiro Civil, Professor ³ Engenheiro Civil, mestrando

^{1,2,3} Universidade Federal Fluminense,

¹erikadamaziogeologa@gmail.com; ²manoel.isidro@gmail.com, ³vitorsouzapontes@gmail.com

Resumo - Este artigo tem como proposta apresentar um trabalho de pesquisa de natureza bibliográfica, através de análise sobre a adoção de medidas preventivas que possam contribuir ao mapeamento de risco a nível municipal, que é um fator fundamental para a redução de riscos de desastres, principalmente no que tange a desastres associados a movimentos de massa. A identificação e setorização de áreas suscetíveis a tais ocorrências contribuem para o município na prevenção, mitigação e preparação, por meio de ações que visem evitar ou minimizar o desastre, mitigando os impactos humanos, ambientais e materiais, além de contribuir para a resiliência local. O município de São Gonçalo, localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro, será usado como exemplo devido apresentar um registro significativo de ocorrências de deslizamentos, em especial na localidade conhecida como morro do Feijão – Bairro Paraíso/Patronato, e por ser alvo de diversos estudos já realizados no local. Neste contexto, a necessidade de ampliação de meios que possam contribuir na identificação de locais suscetíveis a deslizamentos, introduz-se então os métodos geofísicos aos meios já utilizados, em grande maioria, pelas defesas civis municipais, mostrando a importância da análise detalhada da subsuperfície como auxílio no cruzamento de informações ao método de mapeamento de risco no âmbito da Defesa Civil. Os métodos geofísicos tais como, Radar de Penetração do Solo (GPR) e Eletrorresistividade, são instrumentos que podem fornecer informações relevantes sobre subsuperfície, levando-se em consideração suas limitações, vantagens e desvantagens, e a importância do seu uso com o cruzamento de informações com outros métodos no detalhamento de determinada área.

(Palavras-chave: Geofísica, Movimento de Massa, Mapeamento de Risco.)

Abstract - This article proposes to present a research work of a bibliographic nature, through an analysis of the adoption of preventive measures that can contribute to the mapping of risk at the municipal level, which is a fundamental factor for the reduction of disaster risks, especially in what concerns with respect to disasters associated with mass movements. The identification and sectoring of areas susceptible to such occurrences contribute to the municipality in the prevention, mitigation and preparation, through actions aimed at avoiding or minimizing the disaster, mitigating human, environmental and material impacts, in addition to contributing to local resilience. The municipality of São Gonçalo, located in the metropolitan region of Rio de Janeiro, will be used as an example because it has a significant record of landslides, especially in the locality known as Morro do Feijão – Bairro Paraíso/Patronato, and for being the target of several studies already carried out in the place. In this context, the need to expand means that can contribute to the identification of sites susceptible to landslides, then geophysical methods are introduced to the means already used, in large majority, by municipal civil defenses, showing the importance of detailed analysis of the subsurface as assistance in crossing information to the risk mapping method within the scope of Civil Defense. Geophysical methods such as Ground Penetration Radar (GPR) and Electroresistivity are instruments that can provide relevant information on the subsurface, taking into account their limitations, advantages and disadvantages, and the importance of their use with the crossing of information with other methods in detailing a given area.

(Keywords: Geophysics, Mass Movement, Hazard Mapping.)

1 Introdução

O município de São Gonçalo, localizado no Estado do Rio de Janeiro, pode ser

destacado como um município marcado com eventos relacionados a movimento de massa que causaram grandes perdas. Segundo os dados da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Gonçalo (COMDEC-SG), o município apresenta em decorrência de suas características geomorfológicas, associado ao crescimento desordenado ao longo das encostas, influenciado também pelas ações antrópicas, registros de ocorrências significativas de desastres relacionados a deslizamentos, especialmente em dias de regime pluviométrico intenso, tendo como evidência o morro do Feijão – Bairro Paraíso/Patronato.

Os movimentos gravitacionais de massa têm sido objeto de amplos estudos nas mais diversas regiões, não apenas por sua importância como os agentes atuantes na evolução das formas de relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico (GUIDICINI e NIEBLE, 1984).

A ocupação de encostas íngremes constitui grandes problemas para o município, devido aos riscos dos movimentos de massas como os ocorridos nos anos de 1982, 1987 e 2010 (LEMES, M. W, 2011). Sendo alvo de estudos diversos devido as suas características, como por exemplo um levantamento em forma de inventário realizado por SILVA, J.A (2006) das regiões suscetíveis a movimentos de massa no município, através da observação direta em campo, em que se constatou alguns indicadores de instabilidade, tais como: cicatrizes de escorregamento, descontinuidades, trincas, blocos de rochas instáveis, concentração de águas servidas e pluviais, presença de bananeiras e concentração de lixo.

A gestão do desastre em situações de emergências requer ações que envolvam o governo, organizações não governamentais, órgãos privados e a própria comunidade. Cabendo à Defesa Civil, fazer a interligação desses arranjos de forma a minimizar a redução das consequências decorrentes de eventos adversos, diminuindo com isso a vulnerabilidade das comunidades (OLIVEIRA, 2010).

O Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), segundo o Art. 8º da Lei nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012), estabelece que, compete à União expedir normas para implementação e execução da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC); apoiar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios no mapeamento das áreas de risco, nos estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre e nas demais ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação; fomentar a pesquisa sobre os eventos deflagradores de desastres, mitigando os impactos humanos, ambientais e materiais, além de contribuir para a resiliência local.

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), criado em 2019, atualmente é a pasta do governo federal com competência, dentre outras, sobre a Defesa Civil a nível nacional. Dentro de sua estrutura existe a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC, representante do órgão central do SINPDEC previsto na PNPDEC como responsável por formular a PNPDEC, coordenar as ações de proteção e defesa civil em todo o território nacional, orientar o trabalho das Defesas Civis locais e incentivar a cooperação entre os diversos níveis de atuação.

A partir daí, é mister ponderar sobre quais ferramentas preventivas existem no

contexto de mapeamento de riscos, a fim de prevenir e minimizar os desastres predominantes que assolam um município, e buscar o aperfeiçoamento através de métodos que possam contribuir num maior detalhamento de áreas.

Este trabalho tem como proposta apresentar uma pesquisa de natureza bibliográfica, que visa mostrar os métodos geofísicos, em especial o Radar de Penetração no Solo (GPR) e Eletrorresistividade, suas principais aplicações, limitações e as potencialidades e características, técnicas e procedimentos adotados na aquisição e apresentação dos seus resultados.

Este artigo utiliza como exemplo o município de São Gonçalo devido ao seu histórico de ocorrência de deslizamento e o método de mapeamento já utilizado pela COMDEC-SG na classificação das áreas quanto ao grau de risco iminente a deslizamentos. Apresenta ainda os resultados obtidos através do uso dos métodos geofísicos em estudos de caso, mostrando o resultado de cruzamento de informações a outros métodos na investigação e detalhamento de uma determinada área.

2 Metodologia

A pesquisa teve como, base principal metodológica, a ampla consulta bibliográfica e documental, dos dados da Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Gonçalo (COMDEC-SG), por meio de análise dos relatórios da COMDEC-SG de locais mais suscetíveis a movimentos de massa e de seus condicionantes, bem como dados das instituições responsáveis pela gestão de deslizamentos, o Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro (DRM-RJ), e ainda estudos realizados pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Faculdade de Formação de Professores (FFP). A partir do levantamento dos dados de ocorrências no município, a área que abrange os bairros do Paraíso/Patronato, na localidade do morro do Feijão, foi a área com o maior número de ocorrências deste seguimento, sendo utilizada neste artigo.

O objetivo deste artigo é analisar os métodos de mapeamento geofísicos existentes e verificar sua aplicabilidade como ferramenta de auxílio nas ações de prevenção na Coordenadoria Municipal de São Gonçalo, destacando a necessidade de novas propostas de mapeamento que possam contribuir nas ações da Defesa Civil quanto a delimitação de áreas com risco de deslizamentos.

1.1 Breve caracterização do município

O município de São Gonçalo localizado na região metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, conta com uma área total de aproximadamente 248,160 km² (IBGE, 2019), apresenta uma população estimada em 1.038.031 habitantes (IBGE, 2019). Tem como limite, a Norte e a Leste, o município de Itaboraí, a Sudeste, o município de Maricá, ao Sul o município de Niterói e a Oeste a Baía de Guanabara (Figura 1). Atualmente São Gonçalo é constituído por cinco distritos municipais, sendo divididos num total de 90 bairros.

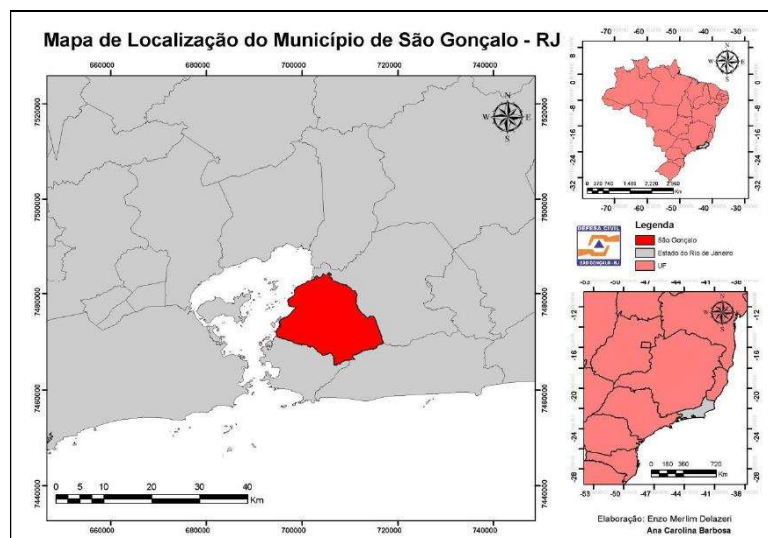


Figura 1 - Mapa de Localização do Município de São Gonçalo, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de São Gonçalo, 2019.

O clima do município de São Gonçalo é tropical, com chuvas características de verão e invernos secos, assim como toda a região da Baía de Guanabara o município possui microclima típico de região litorânea, sendo influenciado por sua proximidade com o mar, a topografia e cobertura vegetal.

Localizado da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH-V), o município foi caracterizado segundo Plano Municipal de Redução de Risco (PMRR), em dez bacias hidrográficas, dividido em 8 bacias e 2 sub-bacias, dentre as quais são as bacias dos rios: Alcântara, Imboaçu, Aldeia, Canal do Porto do Rosa, Bomba, Pedrinhas, Brandoas, Marimbondó e as sub-bacias dos rios Goiana e Guaxindiba.

O município apresenta relevo constituído de cinco unidades principais distintas: Serras Escarpadas e Serras Isoladas, Morros, Colinas, Planícies Fluviais e Planícies Flúvio-Marinhas. Além de ser composto por maciços, tabuleiros e planícies costeiras, cerca de 35% da área total do município é formado por colinas. As declividades das encostas são superiores a 30% na parte de serras e morros (BERTOLINO L. C. et al., 2015).

O processo de urbanização e o desmatamento acarretam um desequilíbrio no ambiente, tendo como resultado o aumento do escoamento superficial das águas, assoreamento dos rios, a erosão do solo e a diminuição da evapotranspiração. A distribuição da cobertura vegetal compreende dois tipos distintos de formação: as áreas das formações pioneiras, com influência flúvio-marinha (manguezais) e as áreas de vegetação secundária, originalmente ocupada pela Mata Atlântica (floresta ombrófila).

O contexto geológico baseado no mapeamento realizado pelo DRM-RJ (GEOSOL/DRM-RJ, 1980), o município está inserido na Folha Baía de Guanabara, e é constituído pelas Unidades Pré-cambrianas, Gnaiss Facoidal, Cassorotiba, Santo Eduardo e São Fidelis, pela Unidade Terciária, Formação Barreiras, e pelas Unidades Sedimentares Quaternárias.

Já o contexto geológico-geotécnico apresenta o tipo mais comum a deslizamentos de solo em taludes escavados ou naturais, relacionados à erosão hídrica, ocupando 81% das ocorrências e apenas 8% são representados por queda de blocos ou deslocamento de lascas rochosas. Os deslizamentos em solo residual têm um controle estrutural bem nítido em alguns morrotes ondulados com perfil espesso de intemperismo. Segundo resultados das cartas geotécnicas e de aptidão urbana elaborada pelo DRM- RJ para o município de São Gonçalo, são identificados afloramentos rochosos indistintos, solos rasos sobre rocha, solos residuais espessos e depósitos de tálus.

1.2 Gestão de risco de desastres

As classificações de gestão de desastres diferenciam sua origem quanto em sua causa, dividindo-se em duas categorias: “desastres naturais”, que têm como causa um fenômeno natural, na maioria das vezes de grande intensidade, agravado ou não pela atividade humana, e “desastres humanos ou antropogênicos”, que resultam de ações ou omissões humanas, estando associados às ações do homem, como agente ou autor (TOMINAGA, SANTORO e AMARAL, 2009).

Quando há um adensamento destas áreas por moradias precárias, os desastres associados aos escorregamentos e inundações assumem proporções catastróficas causando grandes perdas econômicas e sociais (FERNANDES et al, 2001; CARVALHO E GALVÃO, 2006; TOMINAGA, 2007). Este fato é também corroborado por Maffra e Mazzola (2007) que observaram que no Brasil há uma estreita relação entre o avanço da degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres e o aumento da vulnerabilidade humana.

O Sistema de Proteção e Defesa Civil define que compete aos municípios executar a PNPDEC, deste modo, foi estabelecido ao município de São Gonçalo, instituída pela Lei Municipal nº 054/2007, publicada em 06 de julho de 2007 e regulamentada pelo Decreto Municipal nº 247/2008, publicado em 29 de agosto de 2008, medidas que visassem a redução do risco de desastres. Neste contexto, o mapeamento torna-se essencial e imprescindível, a referida lei preceitua ser “dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre” (Art. 2º, caput).

O Ministério das Cidades instituiu em 2003 o Plano Municipal de Redução de Risco – PMRR, a fim de ser uma ferramenta de diagnóstico e mapeamento das áreas de risco, além de propor medidas estruturais para a redução de desastres, com a respectiva estimativa de custos e os critérios de priorização. O PMRR é um instrumento de planejamento que visa promover o diagnóstico quanto ao risco de desastre, bem como propor ações para reduzi-lo, sendo um importante aliado na política municipal de gestão de risco.

Em efeito para tal, o Ministério das Cidades em 2007, através do IPT, adaptou a metodologia adotada pela UNDRO – United Nations Disaster Relief Organization (Organização das Nações Unidas para o Socorro em Desastres), instituição integrante da ONU, sendo elaborado o manual de Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios, tendo como objetivo de estimular o desenvolvimento de um diagnóstico simples, comum e

unificado na identificação das áreas de risco.

O manual tem como proposta hierarquizar graus de probabilidade de risco voltados para áreas geológico-geotécnicas ou hidrológicas, em R1 – Baixo ou sem risco, R2 – Médio, R3 – Alto e R4 – Muito Alto. As hierarquizações são baseadas nos condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes, tais como sinal/feição/evidência(s) de instabilidade, e se são mantidas as condições existentes, a provável ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas. Além de descrever três importantes tipos de mapeamentos como o mapa de inventário, o mapa de suscetibilidade e o mapa de risco.

1.2.1 Medidas Preventivas: monitoramento e mapeamento

O processo de urbanização traz como uma de suas características negativas um aumento real de quantidade de pessoas que vivem em áreas consideradas de risco de movimentos de massa, especialmente, deslizamentos, situação mais frequente em áreas metropolitanas (BRASIL, 2007, SCHÄFFER et al., 2011; ALVES, 2016).

A COMDEC-SG dispõe de uma gestão baseada em ações não estruturais cujo objetivo é a prevenção de desastres, mobilizando a população a partir de intervenções de caráter informativo e educacional, promovendo o diagnóstico quanto ao risco de desastre, bem como propondo ações para reduzi-lo, através de ações de minimização de desastres, tais como projetos de Formação de Voluntários, Defesa Civil na Praça, Defesa Civil nas Escolas, NUDEC (Núcleo Comunitário de Defesa Civil), levando informações, e instruções gerais a população.

O município conta ainda com monitoramento meteorológico, e Sistema IDAP (Sistema de Interface de Divulgação de Alertas Públicos), coordenado pelo Ministério da Integração, com informações de alerta via SMS (Serviço de Mensagens Curtas) pelo número 40199, com o intuito de alertar a população sobre as condições meteorológicas, prevenindo e orientando quanto aos procedimentos que devem ser adotados diante do risco de inundações, alagamentos, temporais ou deslizamentos de terra, entre outras ocorrências.

O sistema de alerta e alarme no município é contemplado por 10 pluviômetros automáticos do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), e outros 11 instalados no município, totalizando 21 pluviômetros, além de 25 sirenes em locais sujeitos a deslizamento, sendo 8 com pluviômetros acoplados. Ainda contam com 3 estações hidrometeorológicas do INEA (Instituto Estadual do Meio Ambiente) que fazem o monitoramento das chuvas e dos níveis dos rios críticos.

O mapeamento é realizado a partir de etapas de pré-campo, campo, pós-campo. Sendo caracterizada pelo reconhecido histórico de atendimentos/ocorrências de movimentos gravitacionais de massa, existência de relatórios de área; utilização de bases cartográficas e topográficas que permitem uma interpretação prévia das características geomorfológicas, definição das estratégias durante o campo e escolha das áreas a serem mapeadas, tendo como base o manual de Mapeamento de Riscos de Encostas e Margem de Rio disponibilizado pelo Ministério das Cidades no ano de 2007.

1.3 Métodos geofísicos

Os métodos geofísicos são amplamente utilizados na geologia de engenharia por serem ensaios de rápida execução, de maior amplitude da cobertura dos levantamentos e sem a

perturbação do meio físico (KEAREY et al., 2002). A relação de diferentes métodos geofísicos, combinado com a geologia e geotecnia, bem como a chamada interpretação conjunta de técnicas são de importância essencial para o reconhecimento da subsuperfície (FOTI, 2013).

No entanto, toda a inclusão de ensaios geofísicos, deve ser precedida de análise quanto à natureza do problema, relação custo/benefício, topografia e dados pré-existentes, para que possa ser utilizada como complementação de outras atividades de investigações ou caracterização de uma determinada área.

A aplicação dos métodos de geofísica como o Radar de Penetração no Solo (Ground Penetrating Radar – GPR) e Eletrorresistividade sob o ponto de vista de mapeamento de risco podem ser favoráveis ao conhecimento e delimitação detalhada de determinado local.

1.4 Método radar de penetração no solo ou ground penetrating radar (GPR)

Os métodos geofísicos de GPR, chamado ainda de Georadar (Figura 2), baseia-se na propagação de ondas eletromagnéticas, muito usado na geofísica rasa, trabalha com altas frequências (10-2500 MHz). Utilizado para a caracterização de propriedades das rochas e estruturas a pequenas profundidades com uma grande resolução, são bastante usados em geofísica, geologia, hidrogeologia, mineração, engenharia civil e arqueologia. Estas ondas sofrem reflexão, refração e difração de fenômenos quando em contato com interfaces entre materiais ou objetos com diferentes propriedades eletromagnéticas, fornecendo informações detalhadas sobre a composição das estruturas em estudo. Esse método tem aplicação na engenharia geotécnica na localização de fraturas e cavidades, localização de objetos enterrados; localização e delimitação de plumas de contaminação e corrosão.

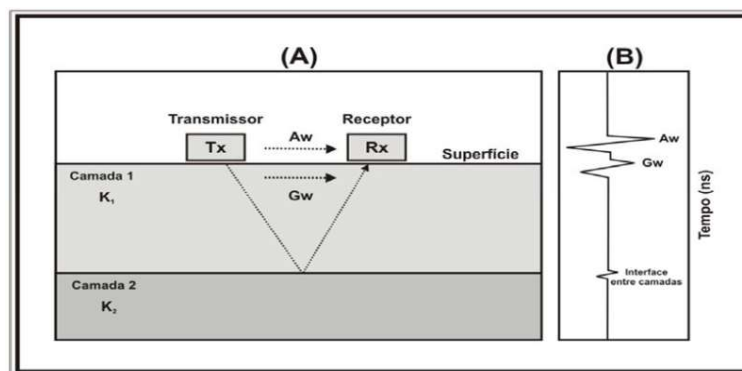


Figura 2 - (A) Princípio do funcionamento do método GPR considerando um ambiente composto por duas camadas. (B) Traço contendo os registros Fonte: Vieira, 2014.

1.4.1 Método de Eletrorresistividade

No método eletrorresistivo quando ocorre a excitação num substrato rochoso através de campos elétricos artificiais criados pela injeção no solo de uma corrente elétrica contínua ou de

frequência muito baixa, é realizada a medida da diferença de potencial entre dois pontos. Os parâmetros elétricos de solos e rochas, como condutividade, resistividade, potencial espontâneo e polarização, auxiliam na investigação geológica de subsuperfície.

A resistividade de uma rocha é medida a partir da dificuldade de transporte de cargas livres pelo meio, que corresponde ao inverso da condutividade. É um parâmetro aplicável para a caracterização dos materiais geológicos, em termos de alteração, fraturamento, saturação, contatos litológicos, espessura dos estratos, profundidade do embasamento e profundidade do nível d'água. Os solos e rochas que possuem condutividade elétrica são indicativos de decrescente quantidade de água, da natureza dos sais dissolvidos e da porosidade total comunicante. Praticamente, todas as rochas possuem poros em proporção maior ou menor, os quais podem estar ocupados, totais ou parcialmente, por eletrólitos, sendo um dos principais o cloreto de sódio (NaCl). Essas rochas em conjunto se comportam como condutores iônicos, de resistividades muito variáveis (BRAGA, 2006).

O uso do método da eletrorresistividade irá efetuar medições sobre um meio homogêneo e sobre um meio heterogêneo (Figura 3), pois o campo elétrico deverá sofrer modificações em função desta heterogeneidade dos materiais geológicos.

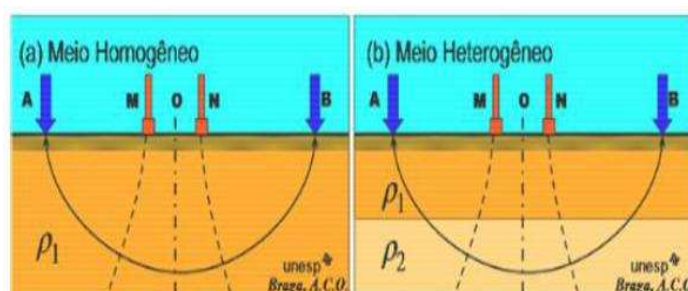


Figura 3 - (a) Meio Homogêneo. (b) Meio Heterogêneo. Fonte: Braga 2016.

O solo por ser um meio não homogêneo apresentará uma resistividade aparente, que é definida como a resistividade elétrica de um meio homogêneo que, substituindo um meio heterogêneo, provocaria as mesmas reações elétricas observadas nas mesmas condições geométricas dos eletrodos (SATO, 2002).

Os alvos das pesquisas geofísicas são justamente as variações nas distribuições de resistividade do substrato, e assim o fluxo de corrente faz um caminho pelo subsolo no qual atravessa diversas camadas geoeletricas com resistividades diferentes. O potencial medido não é devido à passagem da corrente por um único meio de resistividade, mas sim é equivalente a passagem da corrente por um meio da resistividade, que não está diretamente ligada a uma camada, mas sim ao conjunto de camadas no caminho da corrente injetada, por isso o termo resistividade aparente.

Segundo Sato (2002), a forma como os eletrodos de corrente (A e B) e os eletrodos de potencial (M e N) são dispostos nos ensaios geoeletricos, tem-se o nome de arranjo. Os arranjos de eletrodos mais utilizados são: Wenner, Schlumberger e Dipolo-Dipolo. No entanto, neste artigo serão descritos apenas os arranjos Schlumberger e o Dipolo-Dipolo.

As duas técnicas são básicas para aplicação do método, sendo destinada a exploração horizontal/lateral, o Caminhamento Elétrico – CE, e a Dipolo-Dipolo e outra, destinada a investigação vertical, a Sondagem Elétrica Vertical – SEV, Schlumberger.

Os dois métodos permitem determinar as camadas de cobertura, presença de blocos, posição da rocha, planos preferenciais para escorregamentos, o nível do lençol freático e o sentido preferencial do fluxo subterrâneo.

O arranjo Dipolo- Dipolo (figura 4 (a)) é certamente o de uso mais difundido dentre os diversos arranjos existentes, sendo largamente utilizado para diversos fins como a mineração, prospecção de água subterrânea, estudos ambientais e geologia de engenharia, (GANDOLFO, 2007).

Segundo Gallas (2000), a grande vantagem da utilização do Arranjo dipolo-dipolo é o fato de se tratar de um arranjo simétrico, sendo mais fácil a interpretação de uma pseudo-seção, principalmente para se determinar com segurança a posição de uma anomalia. Outra vantagem em termos práticos é a facilidade operacional em campo, além de apresentar uma boa resolução lateral (horizontal).

Entretanto, uma grande desvantagem do dipolo-dipolo é a baixa razão sinal/ruído verificada principalmente quando se torna grande a separação entre os pares de dipolos, ou seja, valores elevados da separação constante. Zhou e Dahlin (2003) concluíram que o dipolo-dipolo é o arranjo mais sensível a erros quanto à separação entre eletrodos, pois o fator geométrico devido a esse tipo de erro é proporcional.

A sondagem elétrica vertical (SEV) é aplicada quando se deseja uma informação pontual da variação vertical da resistividade. O arranjo de campo denominado Schlumberger (figura 4 (b)) disponibiliza os eletrodos de corrente de forma regular e simetricamente expandidos com relação ao ponto investigado, Apparao (1991). Os valores de resistividade aparente são calculados fornecendo a curva de resistividade aparente, onde resultados possibilitam a associação das camadas geoeletricas à estratos geológicos – variação do perfil litológico.

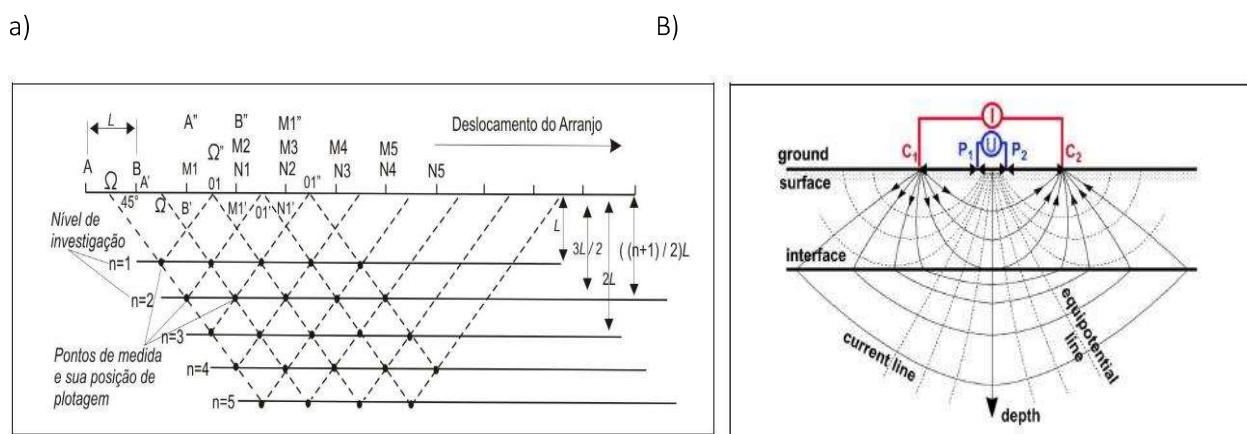


Figura 4 – (a) Arranjo Dipolo-Dipolo com diferentes profundidades de investigação. (b) Modelo de Schlumberger. Fonte: Gallas, 2000 e Modificado Elis

2 Resultados

2.1 Ameaças Naturais no morro do Feijão

O morro do Feijão, localizado nos bairros Paraíso/Patronato, apresenta um histórico de ocorrência de deslizamentos bastante significativo nos arquivos da COMDEC-SG. Caracterizado por uma área de ocupação consolidada, com imóveis assentes no topo, meio é base da encosta (Figura 5). A ocupação de encostas íngremes constitui grandes problemas para o município, devido aos riscos dos movimentos de massas como os ocorridos em 1982, 1987, 2010 e o mais recente em 2020.

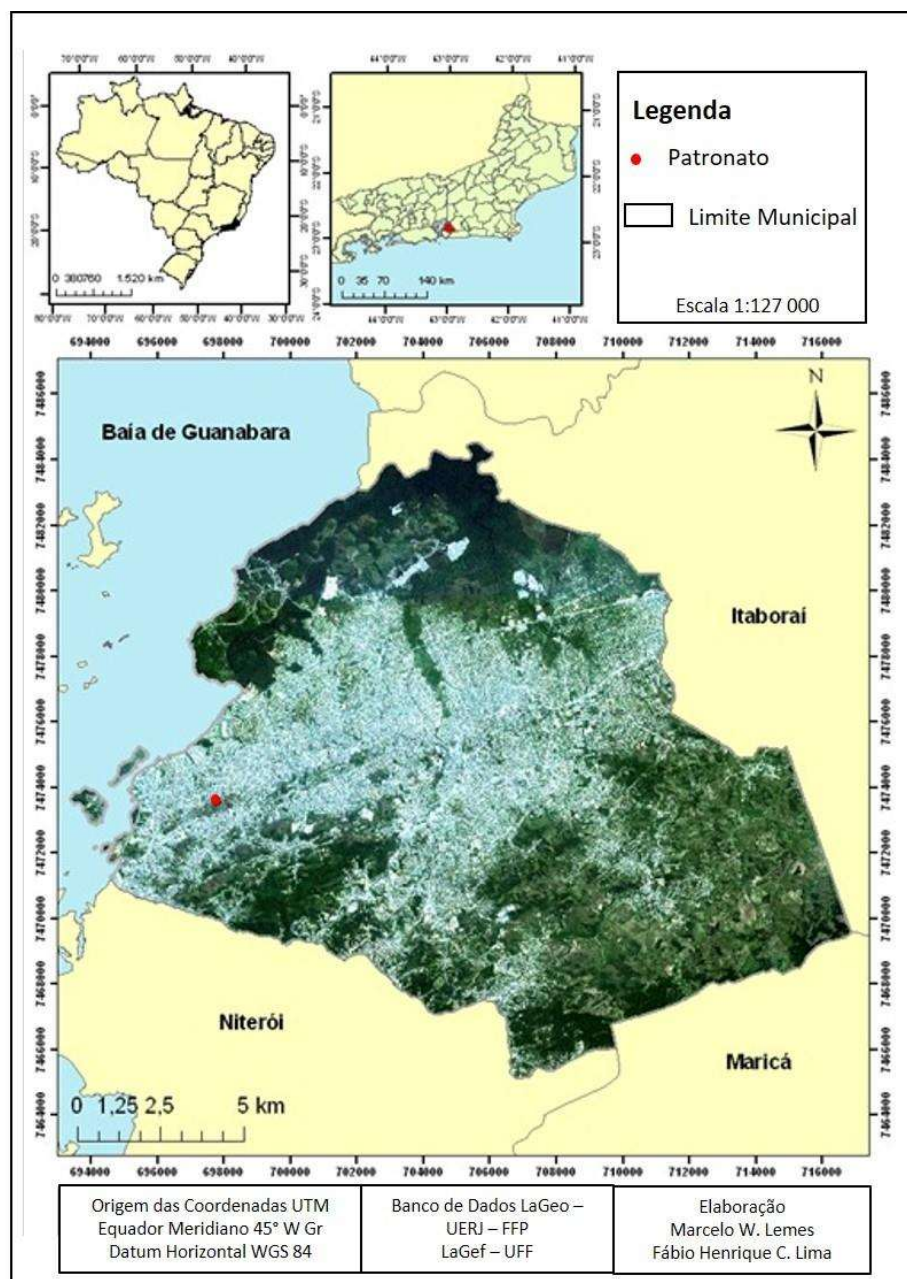


Figura 5 - Mapa de localização do morro do Feijão (Bairro Paraíso/ Patronato). Fonte: Lemes, M.W, 2011

Segundo Bertolino, L. C. et al., (2015), foi feito um estudo de levantamento e análise dos dados de boletins de ocorrência da Defesa Civil de São Gonçalo sobre os movimentos de massa entre o

período de 1995 a 2010 em todo município. Tal estudo foi realizado pelo Laboratório de Geociências da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), por, e a partir de trabalhos de campo e levantamento na imprensa, conseguiram georreferenciar e registrar 474 eventos, os quais foram classificados como: deslizamento de encosta (342) e deslizamento de blocos (132), e constatou-se que grande parte dos deslizamentos de encosta estavam relacionados a solos residuais e em menor proporção a depósitos de tálus/colúvio (Figura 6). Destaca-se que a motivação para os estudos foi devida o município ser alvo de constantes ocorrências ao longo dos anos.

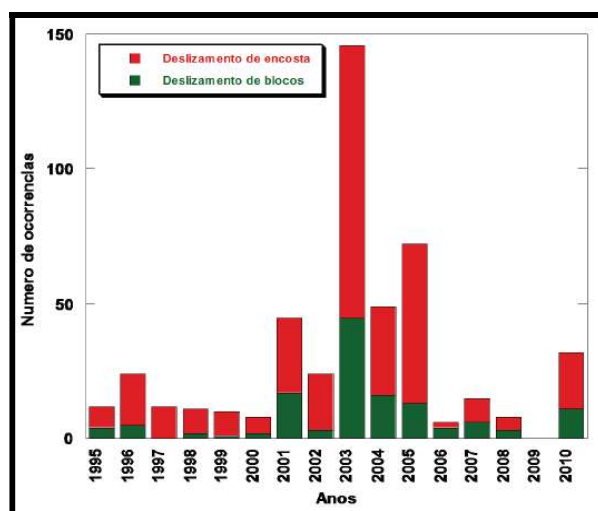


Figura 6 - Distribuição dos deslizamentos de encosta e dos deslizamentos de blocos no município de São Gonçalo durante o período de 1995 a 2010. Fonte: Bertolino, L. C. et al., (2015)

No ano de 2010, em chuvas que ocorreram nos meses de janeiro e abril, a área do morro do Feijão ficou caracterizada por desastres resultantes de deslizamentos que trouxeram grandes danos aos moradores locais, como perdas de bens materiais e óbitos. Segundo os dados da COMDEC, devido ao ocorrido foram interditados mais de 100 imóveis, deixando 134 pessoas desalojadas, 200 pessoas desabrigadas e registrando 16 óbitos.

Os eventos em 2010 desencadearam estudos realizados pelo corpo técnico do DRM-RJ, TWG e professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) para melhor caracterização do tipo de deslizamento e detalhamento das feições geológicas na cicatriz (Figura 7). Entre os estudos, destaca-se uma vistoria culminou na identificação de três setores afetados e com risco remanescente a novos processos desse seguimento (Figura 8). As áreas foram classificadas em duas categorias: área de alto risco de deslizamento e área de risco da ocorrência.



Figura 7 - Detalhamento das feições geológicas na cicatriz do deslizamento e da delimitação de área de risco iminente. Foto enviada à Defesa Civil Municipal de São Gonçalo, como delimitação das áreas de interdição imediata e urgente, em 05.05.2010. Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ) - Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2010

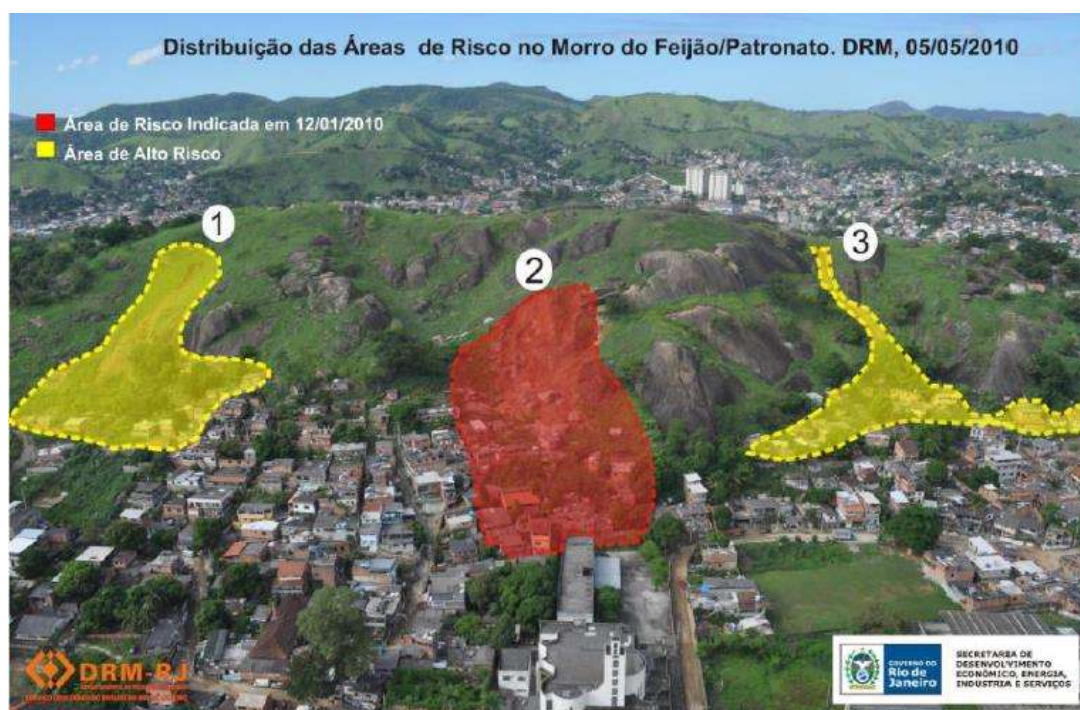


Figura 8 - Delimitação dos setores de risco no morro do Feijão. Foto enviada à Defesa Civil Municipal de São Gonçalo, como delimitação das áreas de interdição imediata e urgente, em 05.05.2010. Foto enviada à Defesa Civil Municipal de São Gonçalo, como delimitação das áreas de interdição imediata e urgente, em 05.05.2010. Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ) - Governo do Estado do Rio de Janeiro, 2010.

No bairro Paraíso, no mês de novembro de 2020, ocorreu um deslizamento de solo da encosta, cuja massa mobilizada atingiu os fundos de 3 imóveis, causando o desabamento total e parcial, tendo como consequência 1 óbito (Figura 9), segundo dados da COMDEC-SG, 2020.



Figura 9 – Fotos do deslizamento no bairro Paraíso 2020. Fonte: Coordenadoria Municipal de Defesa Civil.

2.2 Utilização dos métodos GPR e Eletorresistividade

Os métodos geofísicos constituem-se como um excelente instrumento de diagnóstico, principalmente se combinados a outros métodos de investigação e a um conhecimento prévio da geologia regional. A análise de estudos de caso da aplicação dos métodos de geofísica como o Radar de Penetração no Solo (Ground Penetrating Radar – GPR) e Eletorresistividade podem ajudar sob o ponto de vista de sua aplicação quando o mesmo for utilizado em algum tipo de investigação.

O mapeamento prévio do local para a aplicação do método geofísico contribui para cruzar informações detalhadas que facilitarão na interpretação dos dados obtidos pela escolha e uso do método. Essa prática acaba diluindo informações na interpretação geológica e geotécnica, servindo como suporte ainda confecção de um produto final, como um relatório descritivo da área, que contenha informações detalhadas visando melhorar o processo de caracterização do local.

Através de pesquisas bibliográficas, foi feito uma análise dos resultados de estudo de caso da aplicação do método de GPR na estabilidade de dois taludes localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG, denominados de Planetóides e Rio Acima; e o estudo de caso do método de Eletorresistividade aplicado no talude situado na Rua Barão de Geremoabo, entre a Escola Politécnica no bairro da Federação e o Campus Universitário de Ondina da Universidade Federal da Bahia. Ambos os levantamentos, por meio de conhecimento prévio da geologia regional, juntamente com informações de outras investigações geológicas e geotécnicas realizadas, permitiram uma boa integração dos dados geológicos e geofísicos dos locais escolhidos. Tal integração possibilitou na identificação dos principais fatores de condicionantes e mecanismos de ruptura atuantes, quando possível, em cada um dos taludes estudados.

Na aplicação do método de GPR para analisar a estabilidade de dois taludes localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG, foram realizados estudos geotécnicos antes da utilização do método, sendo descrito a litologia e as descontinuidades, que contribuíram e orientaram na definição do tipo de estrutura, traçado das linhas e o tipo de material a ser investigado. Na investigação com o uso do método foi possível determinar a geometria, espessura e traçado das superfícies de rupturas (superfícies planares ou circulares) nos depósitos de tálus e maciços rochosos; sendo identificada a intensidade, profundidade e definição da geometria dos blocos fraturados, e a influência das descontinuidades que pudessem favorecer na percolação da água e a degradação do maciço rochoso.

O método da eletrorresistividade foi utilizado para analisar a estabilidade de um talude situado na Rua Barão de Geremoabo, da cidade de Ondina – Bahia, tal estudo permitiu identificar os principais parâmetros dos processos de formação dos movimentos de massa, a espessura da cobertura e nível da zona saturada, sendo possível realizar o cruzamento de informações, com os dados de investigação através do método de Sondagem a Percussão (SPT) realizado no local. Destaca-se que o método apresentou limitações que devido à falta de refinamento das informações, impediu que pudesse ser sugerido um plano superficial de deslizamento nos caminhos elétricos percorridos, e a quantidade de dados do SPT não foram suficientes para tal delimitação.

Desta forma, embora os dois métodos tenham utilizado ferramentas de cruzamento para auxiliar na interpretação dos dados, como o ensaio de SPT na eletrorresistividade e a descrição litológica e das discontinuidades no método de GPR, o estudo de caso com o uso do GPR, se mostrou mais eficiente nesta análise, salientando assim que os métodos geofísicos apresentam limitações, possuindo suas vantagens e desvantagens, sendo necessária uma análise prévia da área, identificando as possíveis limitações. Desta forma, torna-se imprescindível todo o planejamento adequado na aplicação de qualquer método escolhido, que podem influenciar a obtenção de dados durante um levantamento.

A adaptação de uma planilha do livro Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1998) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011) contendo algumas aplicações do método de Eletrorresistividade (Caminhamento Elétrico e Sondagem Elétrica Vertical) e Radar de Penetração (GPR), contribuiu na análise dos tipos de levantamentos geofísicos, mostrando o seu principal uso em determinadas situações, bem como a utilizados para diversos fins (Tabela 1).

De acordo com o tipo de investigação, a planilha apresenta os métodos mais aplicáveis, suas limitações e potencialidades, sendo caracterizados como: 0 - Não aplicável; 1 - Uso restrito; 2 - Usado, porém com algumas limitações; 3 - Excelente potencial, com algumas limitações; 4 - Larga aplicação.

PRINCIPAIS APLICAÇÕES DOS MÉTODOS GEOFÍSICOS			
APLICAÇÃO	SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL (SEV)	CAMINHAMENTO ELÉTRICO (CE)	RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO (GPR)
Estratificação de materiais geológicos	3	3	4
Profundidade do topo rochoso	4	2	4
Profundidade do nível d'água	4	4	3
Identificação de zonas de falhas	2	4	3
Identificação de zonas de fraturas	2	4	3
Detecção de cavidades	2	4	3
Sentido de fluxo de água subterrânea	2	3	1
Análise de escorregamento	0	1	2
Caracterização de litologias	4	3	3
Integridade da estrutura e zoneamento do maciço	0	1	4
Detecção de poluentes	0	1	3
Localização de objetos enterrados, cabos, dutos etc.	1	2	4
Localização de paleocanais	1	2	3
Mapeamento de contato geológico	4	3	2
Mapeamento de diques	3	4	2

Tabela 1 - Algumas aplicações do método de Eletorresistividade (Caminhamento Elétrico e Sondagem Elétrica Vertical) e Radar de Penetração (GPR). Adaptação do livro Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1998) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011). Fonte: Adaptação do livro Associação Brasileira de Geologia de Engenharia – ABGE (1998) e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011)

O GPR apresenta vantagem sobre outros métodos geofísicos devido à rapidez com que ele fornece resultados, preserva a integridade da estrutura avaliada, fornece dados sob a forma de imagem continua do perfil investigado. A sua aquisição é simples e rápida, podendo detectar corpos enterrados em tempo real direto em campo e em processamentos mais completos. O seu fator limitante é a capacidade de alcançar grandes profundidades atingindo no máximo até 70 metros em boas condições, outros fatores limitantes são as características da região como relevo e mata fechada, fontes e ruídos eletromagnéticos tais como poste de iluminação, torres de alta tensão, cercas metálicas, antenas de rádio, etc. Destaca-se que alguns aspectos devem ser analisados antes da aplicação do GPR, como se o ensaio realmente será efetivo na identificação dos objetivos e se há fatores limitantes que possam impedir a sua realização. Há também evidências de que alguns fatores possam limitar o uso do radar, como a profundidade, a presença de argila e também a rugosidade da superfície de aquisição, fatores estes que interferem nos resultados de uma forma indesejada (ARANHA et al., 1999).

No caso da sondagem elétrica vertical, entre suas vantagens destaca-se a precisão satisfatória dos dados, custos reduzidos, ausência da necessidade de perfuração do subsolo em termos de profundidade de investigação, impactos ambientais reduzidos e pouca sensibilidade a ruídos provocados por instalações elétricas. No entanto, para que os resultados obtidos apresentem uma boa qualidade, se faz necessário que as investigações sejam realizadas em terrenos compostos por camadas lateralmente homogêneas em relação ao parâmetro físico estudado, e limitado por planos paralelos à superfície do terreno, ou seja, um meio estratificado.

De acordo com (LOKE, 1999), a grande limitação da técnica de sondagem elétrica vertical é que esta não leva em consideração as variações laterais da resistividade em subsuperfície. Podendo com isso ocasionar em erros, gerando resistividades ou espessuras diferentes no modelo de resistividade interpretada. Entre as desvantagens estão as limitações para o desenvolvimento do arranjo (AB), devido aos espaços disponíveis dos locais de ensaios, as fugas de corrente no circuito (AB) e perda de resolução de camadas poucas espessas que não serão identificadas em grandes profundidades.

3 Conclusões

Em se tratando de movimentos de massa, a busca por estudos para fornecer um maior detalhamento das superfícies e subsuperfícies, é algo cada vez mais necessário, principalmente diante de desastres deste seguimento, o que pode se ver como no município de São Gonçalo, caracterizada por eventos que trouxeram grandes consequências negativas para a população. A escolha da área serve como gatilho, diante do histórico de deslizamento no morro do Feijão e aos estudos realizados no local por outros órgãos e universidade, que indicam a necessidade de se buscar novos meios que possam contribuir numa melhor caracterização do local.

O trabalho abordou dois métodos geofísicos através de estudos de casos, os resultados obtidos e suas limitações. Discutiu-se as limitações e as potencialidades de cada um dos métodos apresentados, Radar de Penetração no Solo (GPR) e Eletorresistividade, as principais características dos equipamentos comumente empregados, assim como as técnicas e procedimentos adotados na aquisição e apresentação dos seus resultados.

Este artigo teve como proposta apresentar um trabalho de pesquisa de natureza bibliográfica, cujo objetivo era mostrar de maneira simplificada o diagnóstico do subsolo através dos métodos geofísicos, como forma de agregar dados aos métodos de mapeamento de risco existentes, cruzando informações obtidas em qualquer tipo de investigação, cujo propósito é identificar e mapear as áreas de risco de desastres, no intuito de reduzir consequentemente o risco de desastres, contribuindo para a resiliência local, e buscando a conformidade com o Sistema de Proteção e Defesa Civil, segundo o Art. 8º da Lei nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012), tendo como exemplo o mapeamento de risco utilizado pela COMDEC-SG.

Diante desta perspectiva, sugerem-se trabalhos futuros com a aplicação de um dos métodos geofísicos (GPR ou Eletrorrestividade), devendo ser levantado todas as possíveis limitações que poderiam prejudicar o objetivo da investigação; assim como um mapeamento prévio da área, que podem auxiliar na escolha do método e na interpretação pós levantamento do método escolhido. Vide exemplo o que foi identificado no estudo de caso do método de GPR, bem como o uso de outros métodos de investigação, como foi o caso da eletrorrestividade com o cruzamento de informações através de método de Sondagem a Percussão (SPT).

Vale lembrar, que o método de mapeamento atualmente utilizado pela COMDEC-SG é baseado somente na confecção dos mapas de risco a partir dos estudos de mapeamento das áreas, levando-se em conta a suscetibilidade do terreno e a vulnerabilidade apresentada, que permitem elaborar um produto final de uma carta de risco a deslizamento, delimitando e classificando-as através de polígonos quanto ao grau de risco.

Em linhas gerais, conclui-se que os dados obtidos nos métodos geofísicos são essenciais para a investigação da subsuperfície no reconhecimento da área, no entanto, a sua necessidade de cruzamento com informações adicionais são fatores primordiais num determinado estudo, pois possibilitarão uma melhor definição de grandes feições, como contatos geológicos, zonas de fratura e profundidade do topo rochoso, identificação de presença de blocos, nível freático, que são aspectos fundamentais no detalhamento e interpretação das características de uma determinada área e que seriam essenciais nas ações de prevenção quanto ao risco de movimento de massa.

Sugere-se ainda que, devido à falta de viabilidade financeira da Defesa Civil de São Gonçalo, o que impossibilitaria o avanço para tal estudo, uma parceria com as Universidades Públicas locais, como a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) que já realizou estudos anteriormente, e verificar ainda em outras universidades e órgãos que apresentam equipamentos, laboratórios técnicos, locais adequados ao armazenamento dos equipamentos e processamento dos dados pós campo, e que normalmente conta com corpo técnico qualificado para manuseio e que possa contribuir na interpretação dos dados.

Por fim, o trabalho apresenta a importância do estudo da possível viabilidade do uso dos métodos geofísicos, pois resultarão dados mais detalhados das áreas mapeadas contribuindo a Defesa Civil na identificação de setores de risco, como contribuir também no planejamento de projetos aos demais órgãos envolvidos, na realização de obras de contenção e/ou estabilidade e drenagem, e na orientação do planejamento urbano do município, através de um conhecimento mais amplo das áreas quanto ao risco de deslizamento. Destaca-se que o levantamento geofísico não dispensa a necessidade de outras ferramentas auxiliares, e seu uso serve como forma de agregar informações no aperfeiçoamento dos dados obtidas em qualquer outro estudo.

4. Referências

ABGE Livro: Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. Cap.9, p.131 -152.

ALVES, H.R. A gestão de riscos naturais no Brasil: face as mudanças sociais e ambientais desencadeadas pelo processo de urbanização. 1.ed. Curitiba: Editora Prismas, 2016, 223 p.

APPARO, A. (1991) Geoelectric Profiling. Geoexploration. Elsevier Science Publishers B.V. Vol. 27, Amsterdam, 351-389.

ARANHA, P.R.A.; Augustin, C.H.R.R. e Botelho, M.A.B. (1999). The use of Ground Penetrating Radar (GPR) to Access Subsurface Structures near a Hollow with a Gully, Gouveia, MG-Minas Gerais. Regional Conference on Geomorphology (IAG-UGB), p.67, Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT – Norma Técnica Brasileira - NBR 15935, 2011)

BERTOLINO, A. V. F. A., et.al., 2007. Análise da Dinâmica Climatológica no Município de São Gonçalo/RJ: Triênio 2004-2007. Ano IV, nº. 2.

BERTOLINO, L.C.; Bertolino, A.V.F.A.; Lemes, M.W.; Merat, G.S. Análise dos deslizamentos em São Gonçalo – Rio de Janeiro: uma abordagem multi-escalar. Geografias, Belo Horizonte, Edição Especial, 2º/2015,2015.

BRAGA, A. C. d. O. (2006) Métodos da eletrorresistividade e polarização induzida aplicados nos estudos da captação e contaminação de águas subterrâneas: uma abordagem metodológica e prática.

CARVALHO, C. S. E Galvão, T. 2006. Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários. In: BRASIL. Carvalho, C. S. e Galvão, T. (orgs.). Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, p. 10-17.

CASTRO, A. L. C. Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998.

ELIS, V.R. (2002) Geofísica aplicada ao estudo de poluição de solos e águas subterrâneas. Aplicação de métodos geofísicos na caracterização de áreas poluídas. IAG – Instituto de Astronomia e Geofísica da USP, Curso de Verão, São Paulo.

FERNANDES, N. F., Amaral, C. P. 1996. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: Guerra, A. J. T. e Cunha, S. B. (org.) Geomorfologia e Meio Ambiente. Bertrand, Rio de Janeiro, 123-194.

FERNANDES, N. F.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T.; Vieira, B. C.; Montgomery, D. R.; Greenberg, H. 2001. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. Revista brasileira de Geomorfologia, UGB, 2001. Vol. 2, Nº 1. p 51-71.

FOTI, S., 2013. Combined use of geophysical methods in site characterization. Proceedings Geotechnical and Geophysical Site Characterization Coutinho & Mayne.

GALLAS, J. D. F. (2000) Principais métodos geoeletricos e suas aplicações em prospecção mineral, hidrogeologia, geologia de engenharia e geologia ambiental. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, 259p.

GANDOLFO, O. C. B. e Gallas, J. D. F. (2007). O arranjo pólo-dipolo como alternativa ao dipolo-dipolo em levantamentos 2d de eletrorresistividade. Revista Brasileira de Geofísica, 25(3):227235.

GEOSOL/ DRM-RJ. 1980. Relatório Final da Folha Baía de Guanabara 1:50.000. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.

GUIDICINI, G. & Nieble, C. M. 1984. Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: 2ª ed. EdgardBlücher, 194p.

KEAREY, P.; Brooks, M.; Hill, I., 2009. Geofísica de Exploração. Traduzido por Maria Cristina Moreira Coelho, Oficina de Textos. São Paulo.

LEMES, M. W. - Análise físico-química, mineralógica e petrográfica de um Cambissolo Háplico em área de movimentos de massa: estudo de caso do Morro do Patronato – São Gonçalo/RJ. 2011 Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FFP.

Loke, M. H. (1999) Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys.

Mafrá, C.Q.T. & Mazzola, N. 2007. As razões dos desastres em território brasileiro.

Ministério da Justiça. BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 10 de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394.

CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. (Org.). Brasília, 2007. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf>. Acesso em 16 de junho de 2016. pelos entes federativos e dá outras providências.

O Manual de Deslizamento – Um Guia para a Compreensão de Deslizamentos Por Lynn M. Highland, Serviço Geológico dos Estados Unidos e Peter Obrowsky, Serviço Geológico do Canadá. Contribuição e tradução para o Brasil por Paulo R. Rogério, Engenheiro Civil e Geotécnico, MSc em engenharia na University of California at Los Angeles e PE (Professional Engineer) licenciado nos estados de Washington, Oregon, California e Colorado, E.U.A. e Juarês José Aumond, Geólogo/Dr. em Engenharia Civil.

OLIVEIRA, A. C. B. e Delazeri, E.M. Inventário dos movimentos de massa e enchentes – 1995 a 2015 Defesa Civil – São Gonçalo (RJ) – 2016. Autores: Ana Carolina Barbosa de Oliveira e Enzo Merlim Delazeri.

OLIVEIRA, M. Gerenciamento de Desastres: Sistema de Comando em Operações. Florianópolis: Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2010.

REGEA - Geologia e Estudos Ambientais / DRM- Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos. 2011. Relatório Técnico 1560-R-10: Cartografia de risco a Escorregamentos em Encostas no Município de São Gonçalo, RJ - Setor 04. São Paulo.

Resolução CERHI-RJ nº 18 de 08 de novembro de 2006 aprova a definição das regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/Res_CERHI-RJ_18_2006.pdf>.

Sato, H. K. (2002) Notas de Aula: Métodos Elétricos. Universidade Federal Bahia- Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia Instituto de Geociências <<http://www.cpgg.ufba.br/sato/cursos/metodos-eletricos/notas-aula.pdf>>

SCHÄFFER, W.B; Rosa, M.R.; Aquino, L.C.S.; Medeiros, J.D. Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011,96p. <https://fld.com.br/wp-content/uploads/2019/07/relatoriotragediarj_182.pdf>

SEDEIS Departamento de Recursos Minerais – DRM-RJ, 2010.Relatório Geotécnico - Laudo de vistoria de emergência sobre o escorregamento e o risco de novos acidentes no Morro do Patronato, São Gonçalo. Governo do Estado do Rio de Janeiro.

SILVA, Jociana Alves da. Inventário de deslizamento no Município de São Gonçalo como subsídio ao mapeamento de áreas de risco. Monografia (Graduação). Rio de Janeiro: UERJ/FFP – DGEO, 2006. 50p.

TOMINAGA, L. K. 2007. Avaliação de Metodologias de Análise de Risco a Escorregamentos: Aplicação de um Ensaio em Ubatuba, SP. Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo. Tese de Doutorado 220 p + Mapas.

TOMINAGA, L. K., Santoro, J. & do amaral, R., 2009 – Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. In: Instituto Geológico de São Paulo. 1a edição.

UNISDR - United International Stratgey for Dissater Redution. Terminoloy. Terminology on Disaster Risk. Reduction 2009. Disponível em: <http://www.preventionweb.net/drr-framework/sendai-framework/terminology> Acesso em julho de 2020 b.

VIEIRA, C.V. Universidade Federal da Bahia Mestrado em Engenharia Ambiental e Urbana Integração dos métodos GPR e Eletrorresistividade com vista à detecção de Fraturas em rochas carbonáticas inseridas na microrregião de Irecê, semiárido da Bahia. Discente: Caroline Alves Vieira Orientador: Dr. Sandro M. Lemos Co-orientador: Dr. Marco Antônio B. Botelh.

ZHOU, B. e Dahlin, T. (2003) Properties and effects of measurement errors on 2d resistivity imaging surveying, Near Surface Geophysics, 1(3):105117.