

Risco Geológico: Uma Abordagem Integrada entre Métodos de Mapeamento Geotécnico Analisados em Nova Friburgo, RJ

Geological Risk: An Integrated Approach Between Methods of Geotechnical Mapping Analyzed in Nova Friburgo, RJ

Lucas Pinheiro Rocha¹ , Francisco Dourado¹ , Aline Freitas da Silva² ,
& Thiago Dutra dos Santos³ 

¹Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

²Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro, Niterói, RJ, Brasil

³Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: lucasrocha7geo@gmail.com; fdourado@cepedes.uerj.br; alinegeotecnia@gmail.com; thiago.santos@cprm.gov.br

Resumo

O município de Nova Friburgo se insere entre as 821 cidades cadastradas no Brasil como mais suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa (MGM's). Esta cidade foi mapeada em três métodos brasileiros de mapeamento geotécnico. Este estudo tem por objetivo analisar os métodos de mapeamento geotécnico da carta de Suscetibilidade, carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização e cartas de Perigo/Risco e estabelecer diretrizes de aplicação para os critérios de mapeamento em questão. O estudo de caso ocorreu em uma área estratégica do distrito Sede adicionado a áreas piloto do projeto GIDES. Nesta área deslizamentos pretéritos foram avaliados utilizando modelagens 3D e imagens de alta resolução. O estudo permitiu a delimitação georreferenciada das edificações destruídas pelo evento extremo associado aos MGM's do tipo deslizamento planar, em janeiro de 2011, e demonstram uma melhor delimitação dos danos ocorridos e rupturas de deslizamento nas cartas de Perigo/Risco. O conjunto de dados levantados demonstram que o emprego dos conceitos metodológicos das cartas de Suscetibilidade e carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização auxiliam diretamente no diagnóstico dos graus de perigo do método de Perigo/Risco. Esta integração de metodologias pode orientar áreas prioritárias para ações preventivas de gerenciamento de riscos, tais como, monitoramento e alerta da população em risco e o perigo iminente para a execução de obras preventivas de mitigação do risco geológico.

Palavras-chave: Suscetibilidade; Aptidão Urbana; Perigo

Abstract

The municipality of Nova Friburgo is one of the 821 cities registered in Brazil as most susceptible to mass gravitational movements (MGM's). This city was mapped in three Brazilian methods of geotechnical mapping. This paper aims to analyze the methods of geotechnical mapping of the Susceptibility letter, the Geotechnical letter of Aptitude to Urbanization and Hazard/Risk letters and establishment of application guidelines for the mapping criteria in question. The case study took place in a strategic area in the Headquarters district in addition to pilot areas of the GIDES project. In this area, landslides were evaluated using 3D models and high-resolution images. The study allowed the georeferenced delimitation of the buildings destroyed by the extreme event associated with the planar landslide type MGM's, in January 2011, and demonstrates a better delimitation of the damage occurred and landslides in the Hazard/Risk charts. The set of data collected shows that the use of the methodological concepts of the Susceptibility charts and the Geotechnical Aptitude for Urbanization chart directly assist in the diagnosis of the Hazard/Risk levels of danger. This integration of methodologies can guide priority areas for preventive risk management actions, such as monitoring and alerting the population at risk about and the imminent danger for the execution of preventive works of mitigation of geological risk.

Keywords: Susceptibility; Urban Aptitude; Hazard

1 Introdução

O município de Nova Friburgo pertence a região serrana fluminense que possui uma configuração de relevo com vertentes de grandes amplitudes e alta declividade. A configuração física deste território atrelado a elevados índices pluviométricos resultou entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na ocorrência de milhares de movimentos gravitacionais de massa (MGM's) (GEGEO/PMNF, 2011), que gerou 838 pontos de edificações destruídas (Rocha, 2017) e milhares de desabrigados no município de Nova Friburgo. Este evento culminou em um estado de calamidade pública ao município e motivou o governo federal a criar a lei 12.608/2012 (Brasil, 2012), que Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Esta lei estabelece um cadastro nacional de áreas suscetíveis para os municípios que deverão junto ao estado e a união identificar e mapear áreas de riscos a desastres.

De acordo com o plano de contingência de 2013 do Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (NADE/DRM-RJ), o município de Nova Friburgo está em um domínio com mais de 100 setores em risco iminente. De acordo com a lei 12.608/2012 os municípios definidos no cadastro nacional de áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos deverão elaborar a carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização, com diretrizes urbanísticas de segurança para os novos parcelamentos do solo. O município de Nova Friburgo se insere entre as 821 cidades cadastradas no Brasil como mais suscetíveis a MGM's (Brasil, 2014), portanto, a aprovação de novos projetos construtivos neste município se vincula ao atendimento dos requisitos constantes das cartas geotécnicas confeccionadas a partir de mapeamentos geotécnicos atualizados.

As cartas geotécnicas foram inicialmente confeccionadas no Brasil no ano de 1970 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, órgão este atrelado a Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo. De acordo com o IPT a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC fixou um conjunto de cinco requisitos básicos que dispõe sobre a transferência de recursos da União para que os estados e municípios a fim de que os mesmos possam atuar na prevenção de desastres naturais. Neste contexto destaca-se como um dos requisitos a produção de cartas geotécnicas.

Os gestores públicos da Prefeitura Municipal de Nova Friburgo – PMNF receberam em 2014 a carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e inundações, executada pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, em uma escala 1: 25.000. No ano de 2015 os gestores desta cidade também receberam a carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização executada pelo NADE/DRM-RJ

em uma escala 1: 10.000. As duas cartas com metodologias e escalas distintas se aplicam a MGM's do tipo deslizamento planar.

As cartas de risco geológico devem ser desenvolvidas em escalas maiores ou iguais a 1: 2.000 (Bitar, 2014). Estas possuem a finalidade de resguardar vidas humanas e bens materiais a partir de ações orientativas que direcionam o crescimento das cidades para locais seguros a MGM's. Estes são também conhecidos popularmente como desmoronamento ou desbarrancamento e inserem-se no grupo de risco geológico (CPRM, 2018). De acordo com Tominaga (2011), os MGM's são deslocamentos de solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente sob ação direta da gravidade.

A cooperação técnica do governo brasileiro e japonês, no projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos e Desastres – GIDES (2013-2017) resultou na capacitação da Gerência de Geomática (GEGEO), setor da Prefeitura Municipal de Nova Friburgo responsável pelo gerenciamento de dados espaciais necessários como parte de operações científicas, administrativas, legais e técnicas. Entre 2016 e 2017, a GEGEO/PMNF, no âmbito do projeto GIDES produziu cartas na metodologia de Perigo/Risco, em escalas maiores ou iguais a 1: 5.000 para os MGM's do tipo deslizamentos planares, deslizamentos rotacionais, fluxo de detritos e queda de blocos.

O enfoque deste artigo é analisar os métodos de mapeamento geotécnico da carta de Suscetibilidade, carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização e cartas de Perigo/Risco e estabelecer diretrizes de aplicação aos critérios discutidos em cada metodologia. As cartas em questão são aplicadas a deslizamentos planares. O estudo de casos de risco geológico de Nova Friburgo foi desenvolvido a partir de ocorrências pretéritas desta tipologia de MGM's. De acordo com Fernandes & Amaral (1996), estes são a forma mais frequente entre todos os MGM's, com capa de solo rasa entre 0,5 e 5 metros. O local escolhido para análise dos referidos métodos situa-se no município de Nova Friburgo nos bairros Vilage e Centro sendo o mesmo dimensionado em uma área de 1 km² (Figura 1). Esta pesquisa busca verificar de forma individual, correlacionada e integrada às três metodologias de mapeamento usando materiais específicos para análise retrógrada dos deslizamentos planares ocorridos em 2011.

2 Métodos

No Brasil destacam-se entidades do governo como o Serviço Geológico do Brasil – CPRM, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e o Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos – NADE/ DRM-RJ. Estes órgãos são responsáveis pelo desenvolvimento e

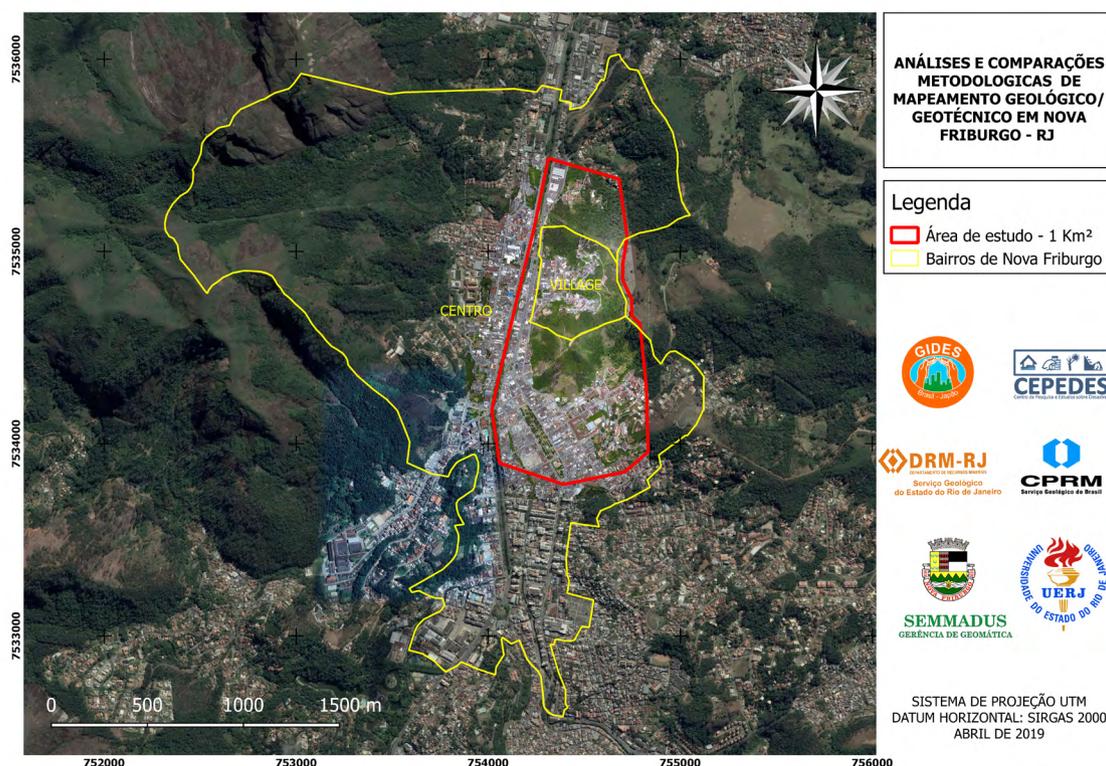


Figura 1 Área escolhida para análise dos métodos de mapeamento geotécnico. Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

aprimoramento dos métodos brasileiros de mapeamento geotécnico. A nota técnica explicativa de Bitar (2014) descreve o método da carta de Suscetibilidade – CPRM, 2014 em parceria ao IPT. O relatório técnico de Nova Friburgo da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização descreve o método desenvolvido pelo NADE/ DRM-RJ (2015) e o Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa (CPRM, 2018), descreve o método de Perigo/Risco.

Nos métodos de Suscetibilidade e Geotécnico de Aptidão à Urbanização são analisados multicritérios do meio físico para definir as classes de predisposição a ocorrências de deslizamentos planares. A metodologia da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização diferindo dos demais métodos considera indireta e subjetivamente a influência antrópica como um fator potencializador a deflagração de movimentos planares. O método de mapeamento do Perigo/Risco é embasado em condicionantes topográficas (CPRM, 2018), para definir áreas de deflagração, trajetória e atingimento de deslizamentos planares. As premissas adotadas no manual foram baseadas em análise estatística dos históricos de ocorrência de deslizamentos planares, do Japão e do Brasil.

2.1 Metodologia da Carta de Suscetibilidade

A metodologia aplicada para o mapeamento da Suscetibilidade proposta por Bitar (2014) utiliza como critério fatores geomorfológicos tais como delimitação de talwegues, divisores de águas e mudanças de orientação de encosta para delimitar Unidades Homogêneas de Terreno – UHT. Neste método áreas com rupturas deslizamento e indícios de instabilidade no terreno são escolhidas e o resultado da densidade destes indícios caracterizam o índice de suscetibilidade a deslizamento - ISD. Este índice executado por fotointerpretação é preliminar a delimitação das UHT que são generalizações das classes de suscetibilidade por compartimentação geomorfológica. Os maiores ISDs incluem cerca de 90% das rupturas e estão na classe definida como alta, o restante em aproximadamente 10% compõe a classe média e 0% a baixa.

O município de Nova Friburgo apresenta combinações de fatores de suscetibilidade do terreno que caracterizam as classes alta, média e baixa – Bitar (2014). Estes são demonstrados na legenda explicativa (Tabela 1) da carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e inundações, executada pelo Serviço Geológico

Tabela 1 Legenda explicativa das classes de Suscetibilidade de Nova Friburgo.

Classes de Suscetibilidade do terreno	
Alta	A classe alta apresenta características predominantes de relevo contendo alinhamentos serranos, montanhoso, alto montanhoso e morros elevados; forma das encostas com predomínio de vertentes retilíneas a côncavas com depósitos de tálus de grandes dimensões nos sopés das mais íngremes e de maiores amplitudes; amplitudes de 100 metros a mais de 1500 metros; declividades maiores que 25° de inclinação; litologia de rochas cristalinas (gnaisses para e ortoderivados e granitoides diversos); lineamentos/estruturas com alta densidade; solos formados por neossolos litólicos e cambissolos e processos de deslizamentos planares rasos, corrida de massa, enxurrada, queda e/ou rolamento de blocos de rocha.
Média	A classe média apresenta características predominantes de relevo com colinas em sua maioria das dissecadas e morros baixos, rampas de colúvio nas baixas vertentes e sopés e em alvéolos das áreas serranas; as formas das encostas são convexas a retilíneas e côncavas, com anfiteatros de cabeceira de drenagem; amplitudes de 30 a 100 metros; declividades: 5 e 20°; litologia de granitoides e gnaisses orto e paraderivados; densidade de lineamentos/estruturas de moderada a alta; solos moderadamente desenvolvidos, tais como Latossolos Vermelho-Amarelos e os processos mais comuns são deslizamentos planares rasos e profundos.
Baixa	Na classe baixa as características predominantes de relevo são terrenos suavemente ondulados, de colinas arredondadas e/ou alongadas; rampas de alúvio-colúvio suaves nos sopés das vertentes; topos de morros; forma das encostas convexas suavizadas e topos amplos; amplitudes menores que 50 metros; declividades menores que 10° de inclinação; litologia constituída de granitoides e gnaisses orto e paraderivados altamente alterados; densidade de lineamentos/estruturas de baixa à média; solos espessos muito desenvolvidos formados por Latossolos Vermelho-Amarelos e processos mais comuns rastejos, erosões e deslizamentos de pequeno porte.

Fonte: CPRM (2014), adaptado pelo autor (2019).

do Brasil (CPRM, 2014), em uma escala 1: 25.000. Neste método os fatores do meio físico de predisposição a deflagração de deslizamentos são: a forma da encosta, a amplitude, a declividade, a litologia, a densidade de lineamentos, os solos e processos geológicos tais como tipologia de MGM's e tipos de erosão.

2.2 Metodologia da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização

A metodologia da Cartografia Geotécnica Urbana (CGU) desenvolvida pelo NADE/DRM-RJ (2015) delimita unidades geotécnicas para definir a predisposição a ocorrência de MGM's. A instabilidade de um terreno cresce das unidades constituídas de solos *in situ* para as constituídas por solos transportados. O relatório técnico da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Nova Friburgo classifica maiores graus de instabilidade aos terrenos constituídos por solos autóctones rasos e solos alóctones heterogêneos. No método, depósitos de tálus são mais suscetíveis do que depósitos de colúvio e menos suscetíveis do que depósitos de fluxo de detritos.

A carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização 1: 10.000 de Nova Friburgo define cinco classes de potencial ocorrência a escorregamentos futuros sendo estas: crítica, muito alta, alta, moderada e baixa (NADE/DRM-RJ, 2015). Em relação ao uso atual do solo a suscetibilidade do terreno aumenta nos taludes com cortes irregulares associados a construção. No caso da declividade do terreno as inclinações superiores a 30° são mais suscetíveis do que os declives menores e as curvaturas côncavas são mais suscetíveis do que a convexas.

O relatório técnico do NADE/DRM-RJ (2015) utiliza quatro fatores de potencial ocorrência a deslizamentos (Tabela 2)

sendo estes: I - Unidade geotécnica; II - Declividade do terreno; III - Curvatura do terreno e IV - Uso atual do solo. No caso de arruamentos adequados combinados à suficientes redes de drenagem, solos autóctones e declividades menores do que 30° de inclinação é definida a classe baixa. A aprovação de novos empreendimentos sem a exigência de obras de contenção é apenas nesta classe.

2.3 Metodologia das Cartas de Perigo/Risco

Análise de Perigo/Risco é dividida em três fases, a análise prévia de delimitação das áreas potenciais de perigo realizada no escritório (APE), e a etapa de campo (APC) em que se faz a validação e a qualificação do grau de perigo. A última etapa, refere-se à avaliação de risco, correlacionando a vulnerabilidade física das edificações localizadas nos setores de perigo (CPRM, 2018). O produto final corresponde a cartas temáticas de perigo e risco, com escalas mínimas de 1:10.00 e 1:2.500, respectivamente.

A análise de perigo de escritório (APE) correlaciona critérios topográficos com a análise estatística de desastres naturais ocorridos no Brasil. Estes critérios representam uma referência quantitativa empregada para identificação das condicionantes topográficas favoráveis à geração de MGM's. A qualificação na APE refere-se a dois tipos de áreas, a crítica e a de dispersão. De acordo com a definição da CPRM (2018) a área crítica apresenta uma energia potencial concentrada e a área de dispersão uma energia potencial difusa (Tabela 3).

As áreas de potencial perigo a deslizamento planar são obtidas por linhas transversais a topografia. Estas traçam potenciais trajetórias dos materiais a partir de linhas perpendiculares a sub perpendiculares às curvas de nível. A secção do terreno delimitado pelo traçado de duas

Tabela 2 Síntese do método da carta de Aptidão à Urbanização de Nova Friburgo. Fonte: NADE/DRM-RJ (2015).

Unidade	PEP/km ²	Declividade do Terreno	Curvatura do Terreno	Uso Atual do Solo	Classe de Potencial de Ocorrência de Escorregamentos
Depósito de Corrida de massa (DCM)	59.5	-	-	-	CRÍTICA
Depósito de colúvio (CO)	4.0	> 30°	CÔNCAVO	E + DCA REGULAR	CRÍTICA ALTA
			CONVEXO	E + DCA REGULAR	MUITO ALTA ALTA
		< 30°	-	E + DCA REGULAR	ALTA MODERADA
			-	E + DCA REGULAR	CRÍTICA ALTA
Depósito de tálus (TA)	3.0	> 30°	-	E + DCA	CRÍTICA
		< 30°	-	E + DCA REGULAR	MUITO ALTA ALTA
Solo sobre rocha (SSR)	2.0	< 30°	CÔNCAVO	E + DCA REGULAR	ALTA MODERADA
			CONVEXO	E + DCA REGULAR	MODERADA BAIXA
		> 30°	CÔNCAVO	E + DCA REGULAR	CRÍTICA MUITO ALTA
			CONVEXO	E + DCA REGULAR	MUITO ALTA MODERADA
Solo residual profundo (SR)	1.7	< 30°	-	E + DCA REGULAR	ALTA BAIXA
		> 30°	-	-	CRÍTICA ALTA
Afloramento rochoso (AF)	1.1	> 30° < 30°	-	-	CRÍTICA ALTA

Tabela 3 Caracterização das áreas de perigo em análise de escritório. Fonte: CPRM (2018).

Análise de Perigo de Escritório (APE)	Área crítica (AC)	Área com maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa e atingimento do material mobilizado. Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma concentrada na área afetada.
	Área de dispersão (AD)	Área sujeita a deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa (Japão, 1988, 1996, 2009). Considera-se que a energia potencial do movimento ocorra de forma dispersa na área afetada.

linhas transversais é o equivalente a uma UHT, porém mais compartimentada porque além de considerar as curvaturas do terreno (talwegues, divisores de água e mudanças de orientação) considera nos terrenos mais contínuos uma distância máxima de 50 metros. Outras linhas transversais são delimitadas no caso de uma mudança de inclinação na encosta e também no caso do limite superior ou inferior da condição topográfica deflagradora ($X \geq 25^\circ$) variar de cota.

Os critérios topográficos adotados para a identificação de locais favoráveis à deflagração de deslizamentos planares compreendem encostas com mais de 5 metros de altura

e inclinação maior ou igual a 25° . As áreas críticas são definidas pelas encostas potenciais, adicionados 10 metros à montante desta condição topográfica e à jusante em um declive de uma vez a altura (1H) da encosta potencial, com máximo de 30 metros. As áreas de dispersão correspondem a duas vezes a altura da encosta potencial (2H), com máximo de 50 metros (Figura 2).

A análise de Perigo de campo (APC) qualifica o terreno em classes de perigo a partir da caracterização dos indícios de instabilidade do terreno específicos para cada MGMs. No método entende-se que estes indícios se

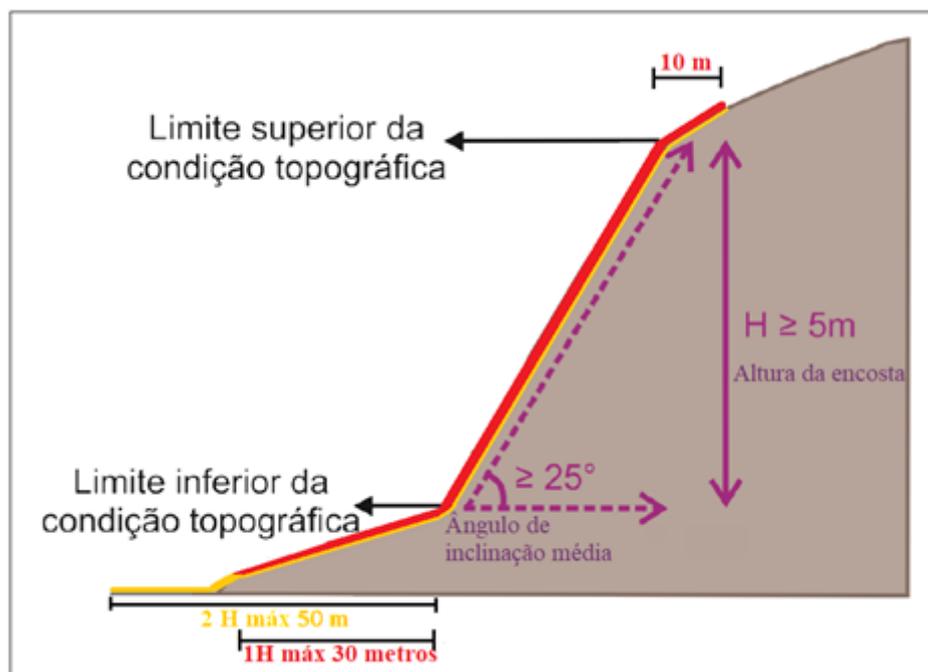


Figura 2 Condições topográficas de áreas de potencial perigo a deslizamento planar. Fonte: CPRM (2018), adaptado pelo autor (2019).

manifestam nas áreas de geração de processos, ou seja, críticas. Por isto, entende-se que a caracterização deve ser feita nestas áreas. O método classifica quatro graus de perigo e o resultado obtido na área de propensão a deslizamentos é o mesmo para o atingimento da área crítica (1H - com máximo de 30m) e um grau a menos na área de dispersão. O método de obtenção dos graus de perigo de um terreno é obtido a partir da ausência ou intensidade dos indícios de instabilidade em um terreno $\geq 25^\circ$ de inclinação. Conforme a CPRM (2018) a etapa final do método de Perigo/ Risco consiste no emprego de uma matriz de risco que correlaciona as classes de vulnerabilidade física das edificações com os graus de perigo.

2.4 Análise das Metodologias

As edificações georreferenciadas destruídas por deslizamentos planares ocorridos entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011 é a base deste estudo que consiste em analisar a aplicação dos métodos. As medidas com hipsômetro a laser de +/- 0.3m de acurácia em encostas com ocorrências pretéritas, as imagens aéreas de alta resolução (pixel de 0,2 m) do ano de 2010 confeccionadas pela empresa ENGEMAP, bem como as ortofotos de 2018 e modelos 3D em alta resolução produzidos no software Pix4D e imagens aéreas obtidas com um Drone modelo Phantom4 foram os materiais usados para análise retrógrada de 2011.

Os MGM's são divididos em duas áreas sendo estas: deflagração e atingimento. A primeira área se associa a condições topográficas de inclinação maiores ou iguais a 25° e a segunda a declives mais suaves (CPRM, 2018). A análise individual dos métodos tem por objetivo verificar aplicação nas características exclusivas de cada metodologia e discutir a assertividade metodológica associados a deflagração e atingimento causado por deslizamentos planares ocorridos nas áreas de estudo. O acervo de verificações em escala 1: 5.000 da GEGEO/PMNF executadas durante o projeto GIDES são utilizados nesta análise a fim de complementar o presente estudo desenvolvido em escala local.

As análises mais genéricas executadas no município de Nova Friburgo demonstram o percentual de unidades geotécnicas deste município (NADE/DRM-RJ, 2015) e o tipo de material deslocado em 125 rupturas de deslizamentos planares (Rocha, 2018) extraído do risco remanescente (CPRM, 2011). A carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Nova Friburgo possui uma área não mapeada associada a planícies de inundação e/ou Quaternário que não entraram no estudo.

2.5 Integração das Metodologias

A integração entre os métodos abordados é apresentada em forma de um fluxograma de etapas (Figura 3). Este apresenta os mesmos procedimentos metodológicos do manual de mapeamento GIDES (CPRM, 2018), exceto

nas etapas iniciais em que são delimitadas as unidades de compartimentação do terreno das cartas de Suscetibilidade e carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização.

Os métodos das cartas geotécnicas utilizam unidades básicas que por sua vez definem a base de cada uma das metodologias. No caso da carta de Suscetibilidade é usada a unidade geomorfológica, na Aptidão à Urbanização a

unidade geotécnica propriamente dita e no método de Perigo/Risco a delimitação de pequenas secções de terreno e setores de risco geológico (Tabela 4). A análise integrada de mapeamento geotécnico é obtida pelo uso da unidade básica de cada método adaptado a magnitude das rupturas pretéritas de deslizamento planar.



Figura 3 Fluxograma com a integração das cartas para mapeamento geotécnico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Tabela 4 Métodos de mapeamento geotécnico caracterizado por unidade (s) básica (s), elementos do meio físico, objetivo (s), ambiente (s) e escalas cartográficas. Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

	Suscetibilidade do terreno 1: 25.000 ou menor	- Unidade básica: Geomorfológica. Ex: Terreno homogêneo segmentado por feições do relevo (talwegues, cumeadas e declividades). - Elementos: Litologia (s) e lineamento (s). - Objetivo: Delimitar área de deflagração/ Local em que ocorre a (s) ruptura (s) do (s) MGM's. - Ambiente: Encosta (s) natural (ais).
Métodos de mapeamento geotécnico	Aptidão à urbanização 1: 10.000 ou menor	- Unidade básica: Geotécnica. Ex: Depósitos de tálus, corrida, colúvio, entulhos/ lixos, aterro e solos residuais. - Elementos: Tipos de solos (material in situ ou transportados) e espessura. - Objetivo: Delimitar área de deflagração/ Local em que ocorre a (s) ruptura (s) do (s) MGM's. - Ambientes: Natural e/ou antrópico.
	Perigo/Risco à MGM's 1: 2.000 ou menor	- Unidade básica 01: Secção(es) do terreno. - Unidade básica 02: Setor (es) de risco. - Elementos: Condicionantes topográficas. - Objetivos: Delimitar área de deflagração, linha (s) da (s) trajetória (s) e área atingida. - Ambiente 01: Natural e/ou antrópico – Perigo. - Ambiente 02: Antrópico – Risco Geológico.

3 Resultados e Discussões

A análise dos métodos obtida na área de estudo demonstra diferentes aspectos existentes em cada uma das metodologias de acordo com a particularidade de cada método. Esta verifica a capacidade de acertos e aproveitamento de áreas passíveis a ocupação segura a deslizamentos planares para cada um dos métodos. A referida análise é subdividida em: I - Método de mapeamento de Suscetibilidade; II - Método de mapeamento da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização e III - Método de mapeamento de Perigo/Risco; IV - Análise cruzada dos métodos e V - Aplicação da integração entre as metodologias.

3.1 Método de Mapeamento de Suscetibilidade

As UHTs são traçadas na fotografia dos deslizamentos planares ocorridos nas ruas Cristina Ziede e Augusto Spinelli no centro da cidade de Nova Friburgo (Figura 4). O polígono nº 01 é da vertente oposta as ocorrências, o nº 02 representa um vale de topografia aplainada e os 03 e 04 fazem parte da mesma unidade geotécnica de solo residual profundo com inclinação maior do que 30° em uma curvatura do terreno convexa. O ocorrido demonstra que a orientação da encosta separou duas ocorrências a partir de uma linha convexa que definiu o resultado de dois deslizamentos planares com duas áreas distintas de atingimento. Portanto, por estas ocorrências é possível

perceber que a definição de UHTs são importantes em uma etapa preliminar de mapeamento geotécnico, porém carece de estar associado a análises mais específicas que definam o percurso e o atingimento em áreas de topografia plana.

As classes de suscetibilidade não indicam a trajetória e o alcance territorial dos materiais envolvidos em deslizamentos e tampouco a sinergia entre os vários processos atuantes numa dada área (Bitar, 2014). O cruzamento de dados das construções civis perdidas em 2011 com esta carta foi uma forma de verificar finalidades além de sua proposta original. A área de estudo é marcada pelo predomínio de declividades baixas, solos *in situ* nas vertentes e bons padrões construtivos. Apesar disso esta área apresentou 55 edificações destruídas por deslizamentos planares ocorridos em 2011 que serão debatidos em cada uma das metodologias abordadas. O resultado nesta área demonstra um percentual de 42% de destruições nas classes média e baixa e 55% das perdas de construções civis áreas de atingimento verificadas em um relevo plano. Logo, tendo em vista o predomínio de perdas no atingimento é recomendável que tal método seja preliminar e complementar a outro(s).

O método de mapeamento de Suscetibilidade utiliza a análise do tipo de substrato rochoso para caracterizar a predisposição natural a deflagração de deslizamentos planares. De acordo com a tabela 1 do método de mapeamento de Suscetibilidade sistematizado todas as classes apresentam granitóides e gnaisses orto e paraderivados. Conforme os dados da GEGEO/PMNF as edificações destruídas na cidade



Figura 4 Deslizamentos planares em solo residual profundo.

Fonte: NADE/ DRM-RJ (2011), com UHTs traçadas pelo autor.

associadas ao evento de janeiro de 2011 estão vinculadas a azimutes de diferentes orientações nas vertentes o que configura um predomínio de ocorrências de deslizamentos planares com energia potencial concentrada em formas de relevo circular (Rocha, 2018).

Na área de estudo, verifica-se que das 30 edificações destruídas em área de atingimento pelo menos 93% se associam a um terreno constituído por granitóides na área de deflagração dos deslizamentos planares. A modelagem 3D em uma das áreas Piloto do projeto GIDES (Figura 5 - A e B) e na área de estudo (Figura 5 - C e D) estão em concordância com os dados 1: 5.000 da GEGEO/PMNF e apontam para um relevo circular com grande incidência de edificações destruídas por deslizamentos planares.

3.2 Método de Mapeamento da Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização

A área de estudo conforme visto na Figura 4 é constituída por solo residual profundo. Nesta área foram delimitadas 55 edificações destruídas. O local analisado apresenta um percentual de 31% destas em zona não mapeada. Os demais percentuais encontrados na área de estudo são: crítica (29%), alta (33%) e moderada (7%). A verificação 3D e medidas com hipsômetro a laser confirma

24 edificações destruídas entre casas e prédios em uma área plana no bairro do Centro da cidade (Figura 6). Outras perdas de construções civis são delimitadas no bairro Vilage (Figura 7). As imagens em alta resolução deixam evidente a alta capacidade destrutiva em locais de relevo plano.

Conforme o relatório técnico da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização de Nova Friburgo este é constituído de 84% de solos residuais e a análise de Risco Remanescente da CPRM (CPRM, 2011) aponta que em torno de 74% dos deslizamentos planares ocorreram neste tipo solo de caráter geotécnico mais estável. A constatação de que solos autóctones resultam em grandes percentuais de ocorrências de deslizamentos bem como a confirmação de que as zonas de atingimento não foram definidas no método Geotécnico de Aptidão à Urbanização pelo aspecto topográfico reforça o entendimento que o referido método é preliminar a metodologia(s) que definam futuras áreas de deposição principalmente associadas a deflagração de movimentos planares em solos *in situ*.

3.3 Método de Mapeamento de Perigo/Risco

Durante o projeto GIDES foram demarcados por GEGEO/PMNF em escala 1: 5.000 os pontos de edificações destruídas em 2011 nas localidades de Três Irmãos, Rosa



Figura 5 Rupturas em solos profundos e morros circulares (A e C) de alteração de rochas ígneas (B e D) – Vistoria local e modelagem 3D. Fonte: GEGEO/PMNF (2019).

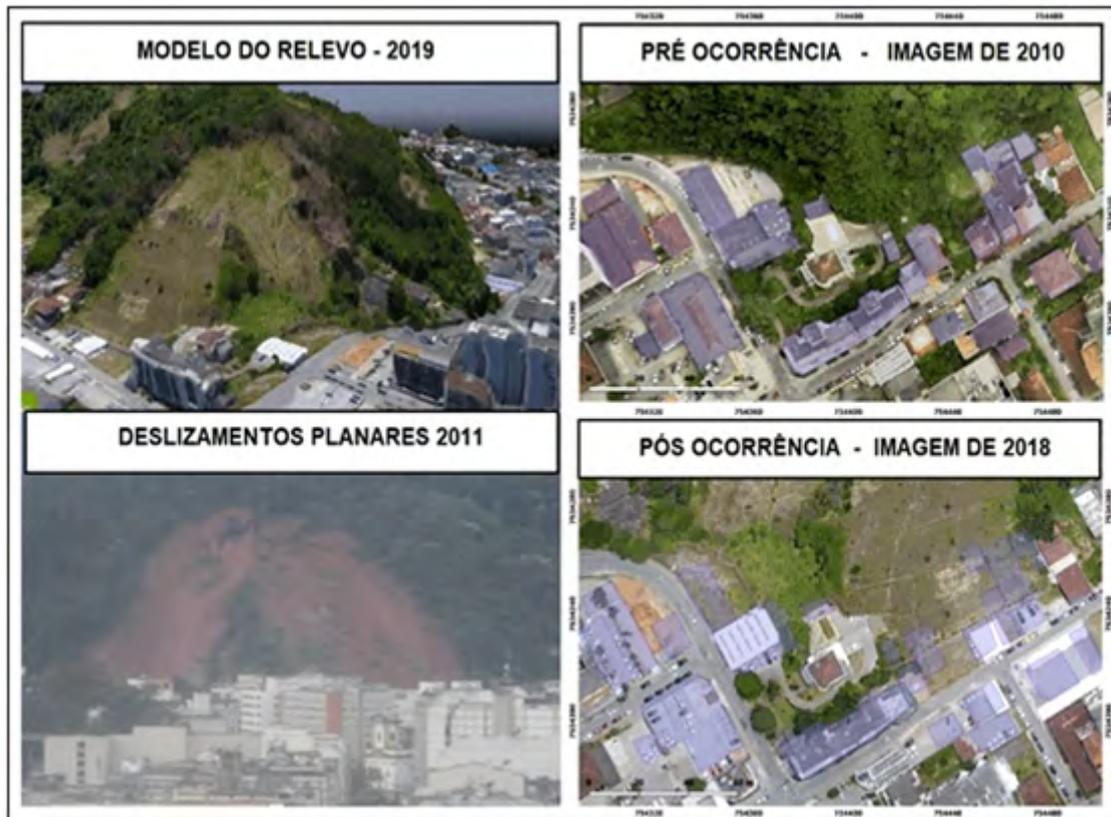


Figura 6 Vistoria local e modelagem 3D no Centro da cidade de Nova Friburgo/RJ.

Fonte: GEGEO/PMNF (2019).

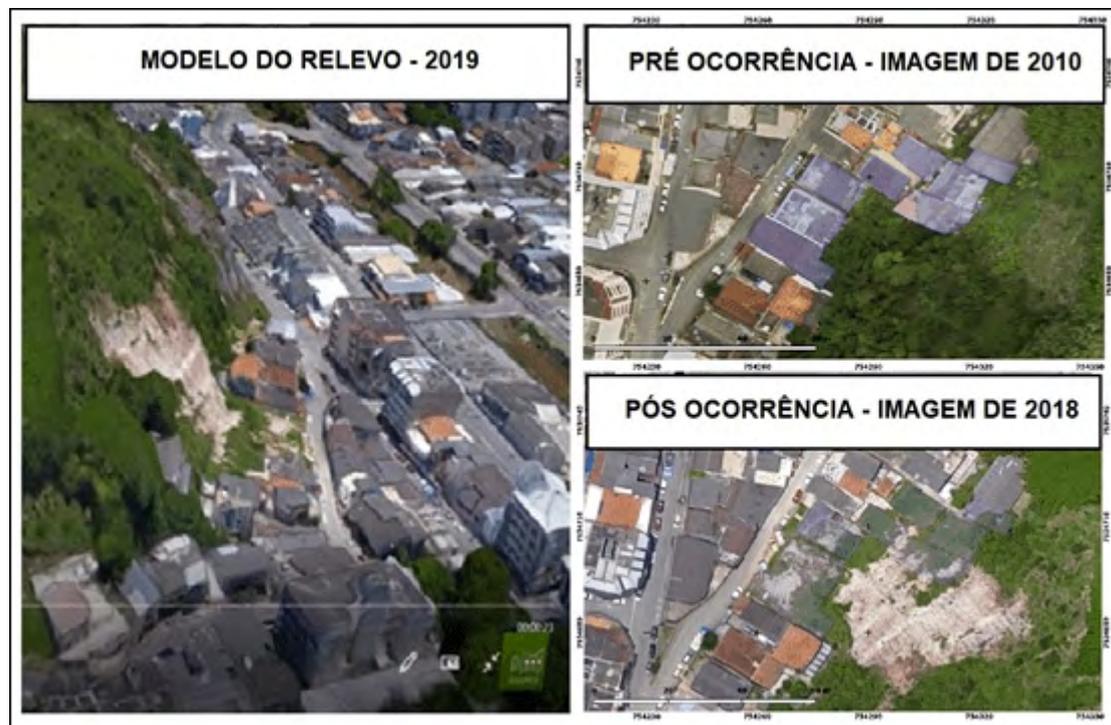


Figura 7 Deslizamento planar ocorrido no bairro de Vila, Nova Friburgo/RJ.

Fonte: GEGEO/PMNF (2019).

Branca, Parque Maria Teresa, loteamento Lagoa Seca e Vale das Palmas tendo por resultado um percentual de acerto ao método de 94% com um aproveitamento de áreas aptas à ocupação de 58% e 81% de perdas em inclinações menores que 25° (Figura 8). Visto que 81% dos acertos se vinculam aos locais de topografia mais suave percebe-se que a eficácia deste método depende integralmente de delimitar áreas de atingimento caso contrário a assertividade seria apenas de 13%.

A área de estudo da presente pesquisa demonstrou um resultado de 95% de acerto associado a destruições ocorridas dentro da área de perigo a deslizamentos planares (Figura 9). O desvio padrão ao método em 5% se associa a 3 destruições ocorridas fora da área de perigo e a mesma denominada de área de aproveitamento ocupa um percentual de 53% que é equivalente a aproximadamente 0,5 km².

Os graus de perigo são definidos após a delimitação das áreas de potencial perigo crítico e de dispersão conforme o manual GIDES (CPRM, 2018). Conforme descrito a predisposição a ocorrência de deslizamentos planares é uma caracterização dos graus de perigo e dos demais métodos abordados. Logo, a verificação desta etapa de mapeamento foi vinculada a discussões mais abrangentes a partir da aplicação da integração entre metodologias. O histórico de ocorrências pretéritas de movimentos planares de 2011 pode em alguns casos, estar bem marcadas no terreno. Porém, na

área de estudo estes indícios de instabilidade, na maioria dos casos, desaparecem ao serem recobertos por processos de regeneração da vegetação ou intervenções antrópicas a partir de demolições de imóveis em risco remanescente e obras de contenção.

O nível de risco leva em consideração o grau de perigo de um terreno e a classe de vulnerabilidade do imóvel (CPRM, 2018). Na área do projeto GIDES situada no Parque Maria Teresa 3 residências foram mapeadas em uma vulnerabilidade muito alta. Este diagnóstico foi obtido por verificações de estruturas danificadas por um recalque diferencial (Figura 10 - A), uma marca de impacto de blocos (Figura 10 - B), e uma residência com uma trinca construtiva (Figura 10 - C). Nesta área a queda de um bloco (Figura 10 - D) resultou na destruição de uma canaleta de drenagem que por estar afastada de áreas ocupadas não implicou na vulnerabilidade de imóveis. A presença de feições de instabilidade de ocorrências passadas tanto para deslizamentos planares quanto para quedas de blocos classifica estes locais como MGM's do tipo complexo.

3.4 Análise Cruzada das Metodologias

O fator declividade é usado nos métodos de mapeamento geotécnico a deslizamento planar. De acordo com dados 1:5.000 da GEGEO/PMNF, as inclinações

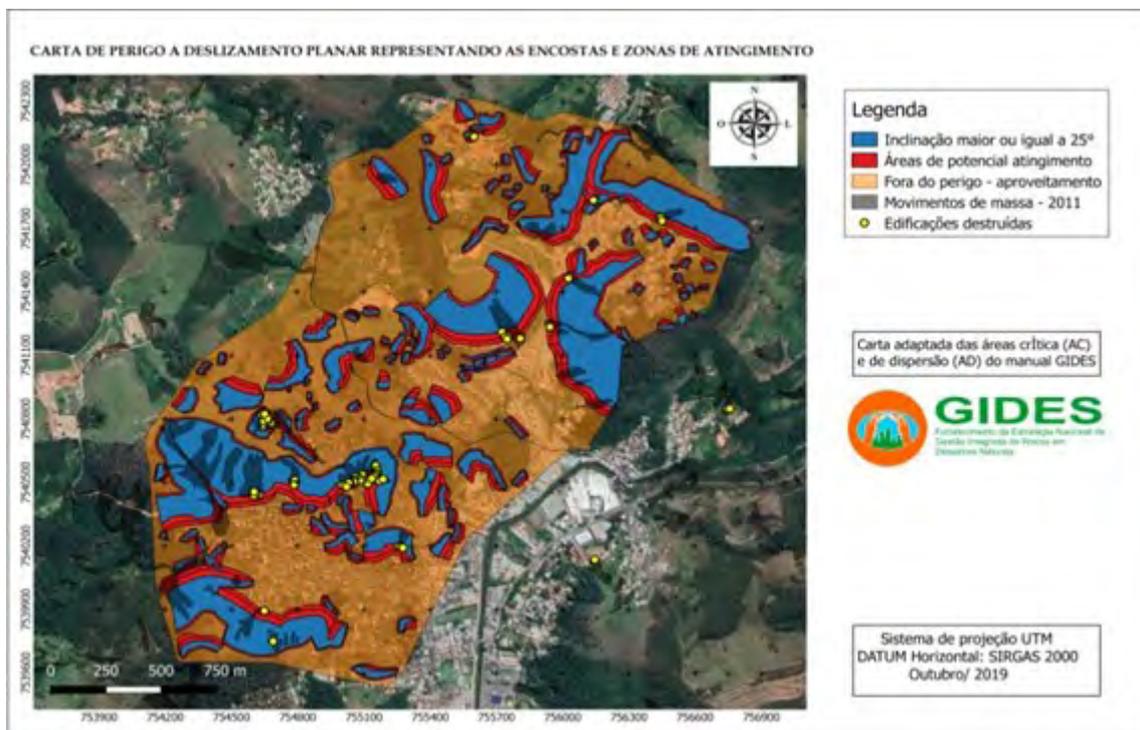


Figura 8. Estatística das áreas piloto do projeto GIDES - Assertividade de 94% e 58% de aproveitamento de área.

Fonte: Rocha (2018), adaptado pelo autor.

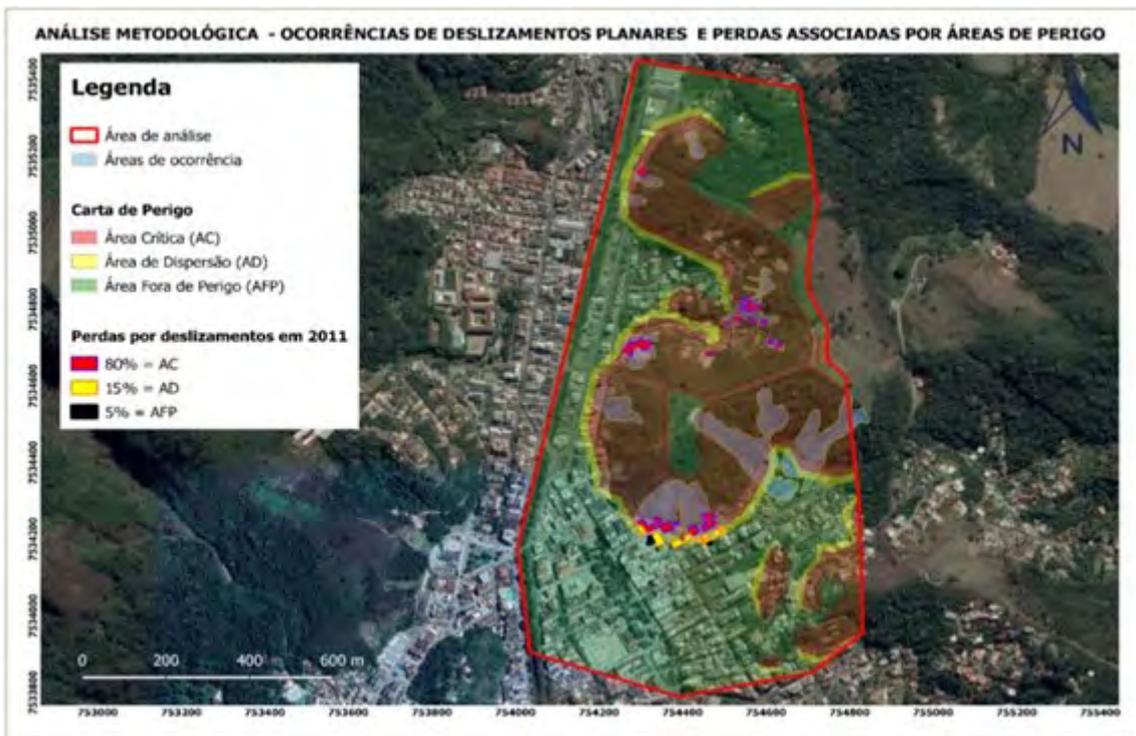


Figura 9 Análise da metodologia de Perigo/Risco em escala local, com resultado de 95% de acerto e 53% de aproveitamento de área. Fonte: Elaborado pelo autor (2019).



Figura 10 Construções civis com danos estruturais e sem laudo técnico: (A) - recalque diferencial, (B) - marca de impacto de blocos, (C) - trinca construtiva, e (D) - destruição da canaleta de drenagem. Fonte: GEGEO/PMNF (2019).

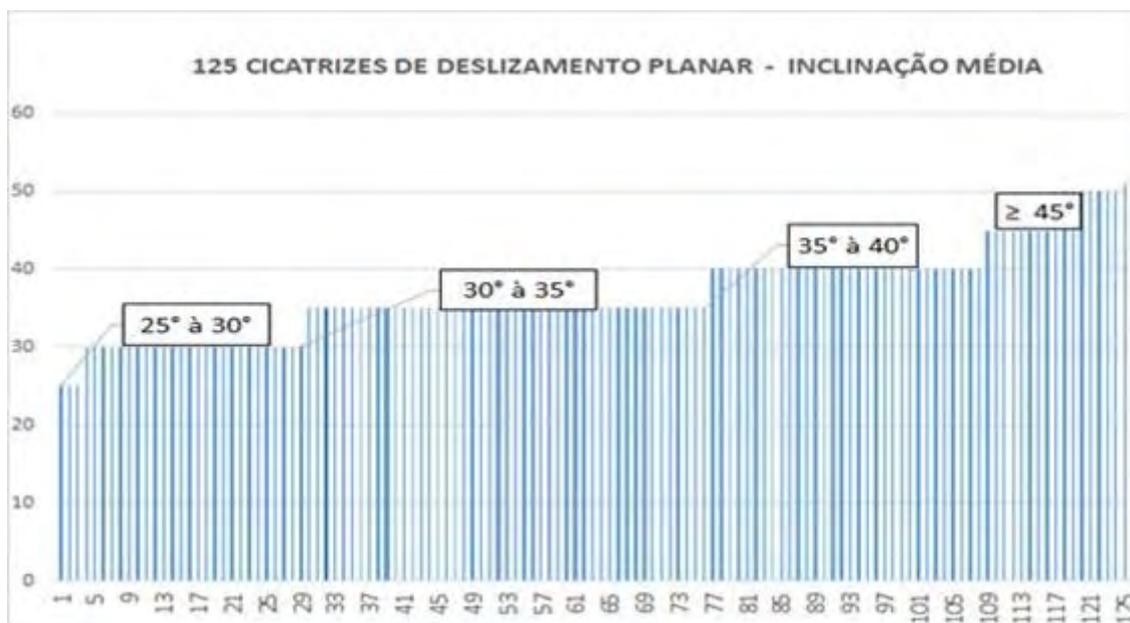


Figura 11 Análise da inclinação das rupturas associadas ao evento de 2011.

Fonte: Rocha (2018), adaptado pelo autor.

médias superiores a 25° estão em 100% dos casos de ocorrências de deslizamentos planares que destruíram edificações na área urbana de Nova Friburgo. O Figura 11 demonstra que podem ocorrer destruição de construções civis em inclinações médias de 25 a 30° e que existe um predomínio nas medidas de 30 a 35° além de um ângulo máximo de 53°. Esta análise é condizente com os métodos de mapeamento de Suscetibilidade e de Perigo/Risco. Na área de estudo, alguns deslizamentos planares ocorridos em 2011 no bairro Vilage estiveram associados a edificações destruídas situadas em uma topografia de 25 a 30° de inclinação – (GEGEO/PMNF, 2019).

Uma das áreas piloto do projeto GIDES do município de Nova Friburgo abrange as localidades do Parque Maria Teresa, loteamento Lagoa Seca e Vale das Palmas. Conforme verificado ao longo do projeto GIDES o loteamento Lagoa Seca é constituída pela unidade geotécnica de solo residual profundo. O Parque Maria Teresa por solos residuais rasos contendo porções rochosas aflorantes e pequenos taludes com depósitos de aterro, colúvio e áreas de solos profundos. Já o loteamento Vale das Palmas está presente a unidade depósito de tálus. Neste conjunto de localidades apenas a encosta do Parque Maria Teresa entre as ruas Cinésio Rocha e Professora Zuleika Ramos Valença apresenta variações de unidades geotécnicas na mesma UHT. As unidades geomorfológicas definidas por UHTs possuem nos demais casos menores dimensões do que as unidades geotécnicas.

3.5 Aplicação da Integração entre as Metodologias

No projeto GIDES foi quantificado no loteamento Lagoa Secas em torno de 80 casas inseridas em uma mesma condição de perigo associado a uma grande cicatriz de deslizamento planar (Figura 12). Nas áreas estudadas é verificado que as unidades geotécnicas são mais abrangentes do que as UHTs que por sua vez são maiores do que as secções de terreno. Devido ao grande porte desta ruptura optou-se pelo uso de unidades geotécnica do método Geotécnico de Aptidão à Urbanização em delimitação conjunta ao método de Perigo/Risco para diagnosticar áreas de atingimento. Logo, a integração de métodos resultou em um nível de risco muito alto aos imóveis (Figura 13).

As cicatrizes são usadas nos métodos de mapeamento geotécnico a deslizamento planar em todas as metodologias. A diferença existente é a unidade utilizada em que estarão inclusas estas cicatrizes de deslizamento. Como verificado nas áreas piloto do projeto GIDES e na área de estudo a maior unidade são as geotécnicas a intermediária as UHTs e a menor as secções de terreno. Os dados da GEGEO/PMNF mostram o gráfico de largura de cicatrizes (Figura 14) associadas a 455 edificações destruídas no território municipal. Nota-se que menos de 10% das cicatrizes tem menos de 10m e a mediana é de 20m. Classificando estes valores para uma aplicação sugere-se o uso destas medidas

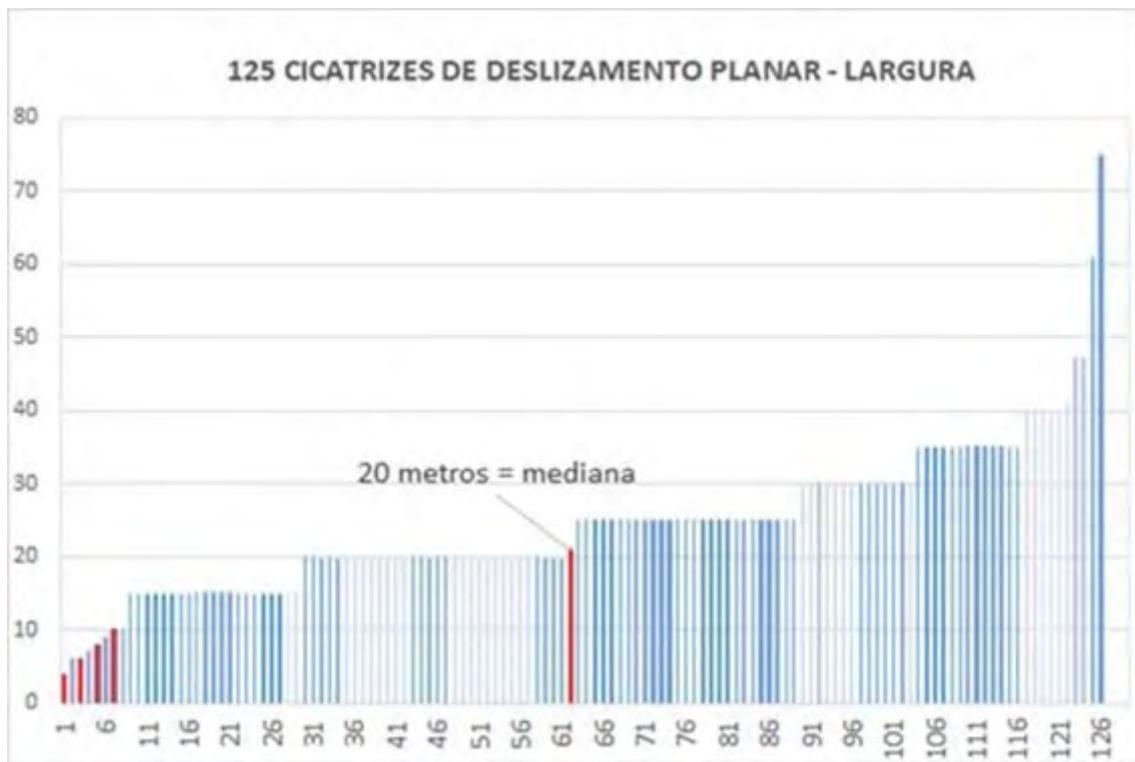


Figura 14 Análise da largura das rupturas associadas ao evento de 2011.

Fonte: Rocha (2018). Adaptado pelo autor.

para locais com registro de ocorrência. No caso de UHTs estariam medidas de 10 a 20m, nas unidades geotécnicas valores maiores do que 20m e nas secções de terreno larguras de até 10m. Esta proposta objetiva definir limites laterais associado a novas ocorrências.

O município de Nova Friburgo em 2011 foi alvo de elevados índices pluviométricos. Conforme Canedo (2011), a estação Olaria em Nova Friburgo registrou no evento de 2011 uma sobrecarga pluvial com intensidade de 88 mm/h e mais de 400 mm mensais deflagrando segundo a GEGEO/PMNF (2011) em milhares de áreas de ocorrência de MGM's em território municipal. Conforme a análise nas áreas piloto do projeto GIDES, juntamente com a área de estudo e verificações complementares do banco de dados da GEGEO/PMNF, NADE/DRM-RJ e CPRM o município de Nova Friburgo de forma atípica registrou um grande número de ocorrências de grande porte com deslocamento de solo *in situ*. Contudo por se tratar de um evento extremo é provável que outros índices pluviométricos resultem

em ocorrências de cicatrizes de pequeno a médio porte associadas a solos transportados.

O banco de dados da GEGEO/PMNF extraído do risco remanescente da CPRM (2011) demonstra tendência de predomínio de deslizamentos planares com blocos rochosos em área urbana. No Parque Maria Teresa a encosta entre as ruas Cinésio Rocha e Professora Zuleika Ramos Valença é suscetível a deslizamento planar e a queda de blocos por desprendimento individual de um matacão arredondado (Figura 15). No caso da suscetibilidade do terreno a dois ou mais MGM's a escolha é da tipologia de maior alcance.

A percepção de risco geológico deste estudo demonstra ao longo dos resultados desta pesquisa uma melhor aplicação associada à uma perspectiva integrada por conceitos metodológicos da carta de Suscetibilidade e da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização incorporada ao método do Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa (CPRM, 2018).



Figura 15 Matacão arredondado em uma ruptura de deslizamento planar – Vistoria local.

Fonte: GEGEO/PMNF (2019).

4 Conclusões

O conjunto de dados coletados desde o evento de janeiro de 2011 pelos governos Federal, Estadual e Municipal respectivamente por meio da CPRM, do NADE/DRM-RJ e da GEGEO/PMNF possibilitaram o conjunto de análises e discussões deste estudo. Conforme previsto na lei 12.608/2012 cabem ao Município, Estado e União identificar e mapear áreas de risco a desastres. Apesar de ser crítica a configuração de Nova Friburgo no que tange riscos geológicos este ainda precisa ser mapeado em escalas menores ou iguais a 1: 2.000 em mais de 90% do território urbano (GEGEO/PMNF, 2019). Neste município o padrão de ocupação nos locais estudados se associa a vales com predomínio de áreas com inclinações menores ou iguais a 25°.

As metodologias das cartas de Suscetibilidade, Geotécnica de Aptidão à Urbanização e Perigo/Risco apresentam fatores de deflagração a deslizamentos planares comuns entre si ou exclusivos de cada metodologia. O fator declividade é considerado nas três metodologias. A curvatura do terreno é verificada nos métodos das cartas de Suscetibilidade e carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização. O tipo de substrato rochoso e o adensamento de lineamentos é um mecanismo de análise exclusiva do método de Suscetibilidade. As unidades geotécnicas com a delimitação de tipos de depósitos e gêneses destes materiais bem como a caracterização de solos residuais

como materiais mais estáveis são exclusivas da metodologia da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização e por fim a delimitação de trajetórias e atingimentos dos movimentos planares é somente abordado no método de mapeamento de Perigo/Risco.

Os deslizamentos planares que atingiram as ruas Cristina Ziede e Augusto Spinelli no centro da cidade de Nova Friburgo demonstram edificações destruídas entre casas e prédios em áreas planas de forma isonômica. O evento de 2011 esteve associado a chuvas torrenciais de alta intensidade pluviométrica que contribuíram para movimentação de solos autóctones. As análises estatísticas demonstram que mesmo em condições de chuvas extremas a assertividade do método Perigo/Risco foi de grande eficácia com um percentual de 95% de acerto. Já os métodos de mapeamento das cartas de Suscetibilidade e carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização carecem de estudos de atingimento antes de definir a aprovação de novos projetos visto que o predomínio de edificações destruídas no atingimento representam elevados percentuais de 81% nas áreas piloto do projeto GIDES e 55% na área de estudo deste artigo.

No caso de Nova Friburgo, a carta de Suscetibilidade é o material com escala de menor detalhamento em 1: 25.000 sequenciada da carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização 1: 10.000, cartas de Perigo 1: 5.000 e Risco em escala local. No presente estudo são abordados conceitos

metodológicos das quatro cartas geotécnicas em uma escala local o que por sua vez possibilita a análise integrada dos métodos que foram equiparados em um mesmo grau de detalhamento. Estes estudos demonstram que existem casos de deslizamentos com energia potencial concentrada em declives com inclinação menor do que 30° sendo apontado uma melhor aplicação aos 25° no que tange a balizar estudos de áreas de deflagração a MGM's do tipo deslizamento planar.

A retroanálise de 2011 demonstra uma grande capacidade destrutiva associado as cicatrizes de grande porte. Este estudo aponta relevância nas cicatrizes com mais de 20 metros de largura associada a movimentos em sentidos difusos podendo conter blocos residuais arredondados. A melhor adequação de unidades geotécnicas ou UHTs em detrimento as linhas transversais a encosta da metodologia de Perigo/Risco para definir os limites laterais suscetíveis a grandes cicatrizes de deslizamento planar gerou a necessidade de práticas integradas das metodologias. Conforme verificado as UHTs podem diferenciar cicatrizes limítrofes com diferentes propagações e as unidades geotécnicas podem ser aplicáveis a cicatrizes de grande porte. Logo, as unidades delimitadas nas metodologias de Suscetibilidade e Geotécnico de Aptidão à Urbanização podem auxiliar a definir limites de locais suscetíveis a deflagração de novas ocorrências.

O fluxograma do método integrado de mapeamento geotécnico desenvolvido no presente artigo utiliza as unidades de compartimentação de terrenos das cartas de Suscetibilidade e carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização nas etapas preliminares. As quatro etapas finais são do método de Perigo/Risco. O método em questão sugere o uso das unidades geotécnicas a um local com histórico de cicatrizes com larguras maiores do que 20 metros, o uso de UHTs para cicatrizes de 10 a 20 metros de largura e linhas transversais do método de Perigo/Risco para ocorrências de rupturas pretéritas menores do que 10 metros. Esta integração de metodologias pode melhor definir áreas prioritárias para monitoramento e alerta da população em risco por MGM's do tipo planar bem como o diagnóstico emergencial do perigo iminente para execução de obras de estabilização de taludes em trechos com histórico de recorrentes deslizamentos.

5 Referências

Bitar, O.Y. 2014. *Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações de Nova Friburgo. Nota Técnica Explicativa*. Rio de Janeiro, IPT e CPRM. 50 p.

Brasil. 2012. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm>. Acesso em: 11 jan. 2019.

Brasil. 2014. Ministério da Integração Nacional/Secretaria Nacional de Defesa Civil. Lista dos 821 municípios com o maior número de ocorrências de desastres naturais. Brasília, 16 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesacivil/publicacoes/>>. Acesso em: 11 jan. 2019.

Canedo, P. 2011. Análise hidrológica dos acontecimentos de 11 de janeiro de 2011. Palestra do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ. Em: 18 de Outubro de 2011.

CPRM. 2011. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Risco Remanescente a Escorregamentos no Município de Nova Friburgo com a Análise de 245 Setores. Rio de Janeiro – CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 176 p.

CPRM. 2014. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Legenda da Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa. Relatório. Rio de Janeiro – CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 55 p.

CPRM. 2018. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa. Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos de Desastres – GIDES. Rio de Janeiro – CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 218 p.

Fernandes, N.F. & Amaral, C.P. 1996. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T. & CUNHA, S.B. (Ed.). *Geomorfologia e meio ambiente*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. p.123-194.

GEGEO/PMNF. 2011. Gerência de Geomática/Prefeitura Municipal de Nova Friburgo. Delimitação das áreas de movimentos gravitacionais de massa no município de Nova Friburgo (Pedro Higgins Ferreira Lima). Nova Friburgo. 135 p.

GEGEO/PMNF. 2019. Gerência de Geomática/Prefeitura Municipal de Nova Friburgo. Delimitação e georreferenciamento de edificações destruídas por deslizamentos planares ocorridos no evento de 2011 (Lucas Pinheiro Rocha). Nova Friburgo. 153 p.

Japão. 1988. Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism/Sabo Department. Manual concerning survey of valleys where debris flow occurs and dangerous areas of debris flow. Tokyo. 213 p.

Japão. 1996. River Bureau/Erosion Control Dept. Sloped Land Conservation Section. Procedures for survey of landslide danges zones. Tokyo. 132 p.

Japão. 2009. River Bureau/Erosion Control Dept. Sloped Land Conservation Section. Actual conditions of slope failures. Public Works Research Institute. Doc. N. 3651. Tokyo. 123 p.

NADE/DRM-RJ. 2015. Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos/Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Cartografia Geotécnica de Aptidão Urbana (CGU), 1:10.000. Relatório Técnico de Nova Friburgo da “CGU do DRM”. Niterói, 167 p.

NADE/DRM-RJ. 2011. Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos/Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro. Megadesastre da Serra. Relatório Técnico. (PUC-RIO, UFRJ e UERJ). Niterói, 45 p.

Rocha, L.P. 2017. Análise Estatística a partir da Topografia dos Deslizamentos e destruições ocorridas em janeiro de 2011 em Nova Friburgo. *In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE REDUÇÃO DE RISCOS EM DESASTRES*. Livro de resumos, Rio de Janeiro, UERJ. p. 34.

Rocha, L.P. 2018. A Database Development in Nova Friburgo town for analysis and complementation of the mapping methodology

proposed in the GIDES'S Project. *In: 5TH INTERNATIONAL CIVIL PROTECTION CONFERENCE-SafeKozani 2018*. Proceedings, Kozani, Greece. p. 236.

Tominaga, L.K. 2011. Escorregamentos. *In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Ed.). Desastres naturais: conhecer para prevenir*. 2ª ed. Instituto Geológico (IG). p. 25-38.

Recebido em: 25/08/2020

Aprovado em: 04/12/2020

Como citar:

Rocha, L.P.; Dourado, F.; Silva, A.F. & Santos, T. D. 2021. Risco Geológico: Uma Abordagem Integrada entre Métodos de Mapeamento Geotécnico Analisados em Nova Friburgo, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências*, 44: 37686. DOI 1982-3908_2021_44_37686