



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Mateus Oliveira Xavier

Radar Gris, aplicativo para análise e monitoramento de riscos geológico-geotécnicos

Ouro Preto
2016

Mateus Oliveira Xavier

**Radar Gris, aplicativo para análise e monitoramento de riscos
geológico-geotécnicos**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Romero César Gomes

Co-orientadora: Eng^a Civil Érika Aparecida dos Santos Gomes

Ouro Preto
2016

X3r

Xavier, Mateus Oliveira.

Radar Gris, aplicativo para análise e monitoramento de riscos geológico-geotécnicos [manuscrito] / Mateus Oliveira Xavier. – 2016.

58f.: il., color., tab., e mapas.

Orientador: Prof. Dr. Romero César Gomer.

Co-Orientadora: Érika Aparecida dos Santos Gomes

Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil.

Área de concentração: Geotecnia.

1. Engenharia civil. 2. Geotecnia. 3. Software de aplicação.
4. Radar em geociências. I. Universidade Federal de Ouro Preto.
II. Título.

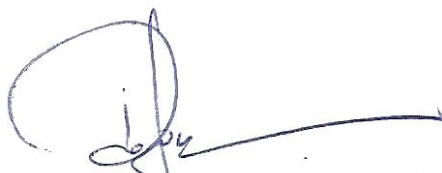
CDU: 624

Fonte de catalogação: bibem@sisbin.ufop.br

Mateus Oliveira Xavier

**Radar Gris, aplicativo para análise e monitoramento de riscos
geológico-geotécnicos**

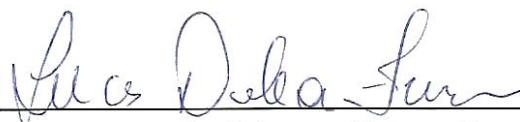
Monografia de conclusão de curso para
obtenção do Grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto,
defendida e aprovada em 18 de março de
2016, pela banca examinadora constituída
por:



Prof. Romero César Gomes (D. Sc.) – Orientador – UFOP



Érika Aparecida dos Santos Gomes (Eng.^a Civil)



Prof. Lucas Deleon Ferreira (M. Sc.) – UFOP

RESUMO

A grande ocorrência de incidentes e acidentes geológico-geotécnicos em grande parte do território brasileiro faz necessário o estudo das áreas de riscos das regiões do país. Porém, estudos de áreas de riscos que não fomentam uma relação direta com a população, dificilmente evitam perdas humanas e materiais quando um evento catastrófico ocorre. Visando essa relação entre poder público com a sociedade, o aplicativo Radar Gris vem com a proposta de gerenciar e emitir alertas de riscos geológico-geotécnicos baseando-se nas cartas de risco das cidades brasileiras, integrando a tecnologia móvel nos sistemas de alertas. Atualizações climáticas diárias e sinalizações de regiões que apresentam riscos produzirão informações cruciais à defesa civil que, após conferência de dados, será capaz de emitir alertas para todos os usuários do aplicativo e mensagens de texto, ou voz, para todos os números de telefones cadastrados no sistema Radar Gris.

Palavras-chave: Gerenciamento, aplicativo móvel, geotecnia, áreas de risco, sistema de alertas.

RESUMEN

La gran ocurrencia de incidentes y accidentes geológico-geotécnicos en gran parte del territorio brasileño hace necesario el estudio de las áreas de riesgos de las regiones del país. Pero, estudios de áreas de riesgos que no fomentan una relación directa con la población, difícilmente evitan pérdidas humanas y materiales cuando ocurre un evento catastrófico. Para obtener esa relación entre poder público y sociedad, el aplicativo Radar Gris viene con la propuesta de administrar y enviar alertas de riesgos geológico-geotécnicos basándose en las cartas de riesgos de las ciudades brasileñas, integrando la tecnología móvil en los sistemas de alertas. Actualizaciones climáticas diarias y señalizaciones de regiones que presentan riesgos producirán informaciones cruciales a la defensa civil que, después de una conferencia de datos, será capaz de enviar alertas para todos los usuarios del aplicativo y mensajes de texto, o voz, para todos los números de teléfonos registrados en el sistema Radar Gris.

Palabras clave: Administración, aplicación móvil, geotecnia, áreas de riesgos, sistema de alertas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	DEFINIÇÃO DO TEMA	7
1.2	OBJETIVOS	8
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	8
1.2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	8
1.3	JUSTIFICATIVA	9
1.4	METODOLOGIA DE PESQUISA	9
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1	POR QUE OCORREM DESASTRES NATURAIS NO BRASIL?	11
2.2	CONCEITOS DE RISCOS NATURAIS	12
2.3	OCORRÊNCIAS BRASILEIRAS DE DESASTRES GEOLÓGICOS	19
2.4	ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO.....	21
2.5	APLICATIVOS JÁ DESENVOLVIDOS PARA A EMISSÃO DE ALERTAS DE RISCOS.....	22
3	METODOLOGIA	26
3.1	INTERFACE WEB.....	26
3.2	INTERATIVIDADE WEB	27
3.2.1	MENU DE OPÇÕES.....	29
3.2.2	MENU DE OPÇÕES – USUÁRIO BÁSICO	30
3.2.2.1	AJUSTES.....	30
3.2.2.2	HISTÓRICO DE ALERTAS.....	32
3.2.2.3	MAPAS PARA CONSULTAS	34
3.2.2.3.1	MAPA GEOLÓGICO	35
3.2.2.3.2	MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO	36
3.2.2.3.3	MAPA DE RISCO A ESCORREGAMENTOS	37
3.2.3	MENU DE OPÇÕES – USUÁRIO AVANÇADO.....	38
3.3	APLICATIVO MÓVEL.....	40
3.3.1	INTERFACES INICIAL E DE CADASTRO	40
3.3.2	MENU DE OPÇÕES.....	42
3.3.2.1	AJUSTES.....	43
3.3.2.2	HISTÓRICO DE ALERTAS.....	44

3.3.2.3	MAPAS PARA CONSULTAS	45
3.3.2.4	RISKS RADAR	46
3.3.2.5	SOCORRO RÁPIDO	50
3.4	BANCO DE DADOS DE MORADORES	51
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	52
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS.....	54
	APÊNDICE.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA

Existe na atualidade uma enorme preocupação com o mapeamento e com o gerenciamento das áreas de risco das cidades brasileiras, porém ferramentas para alertas de situações de riscos geológico-geotécnicos não são devidamente aplicadas no Brasil. Praticamente não existem no mercado nacional softwares ou aplicativos móveis que auxiliem a emissão destes alertas.

Não utilizar a tecnologia como forma de auxílio aos problemas da atualidade é retroceder no tempo, deixando de lado todo o potencial e a praticidade que estas ferramentas podem oferecer.

A utilização de aplicativos móveis vem crescendo de forma acelerada com o passar dos anos e de acordo com Andrade *et al.* (2013), no Brasil o uso de internet móvel e de dispositivos móveis, como tablets e smartphones, tem crescido a taxas mais altas do que a média mundial nos últimos anos e o uso desses dispositivos tem modificado a forma como as pessoas interagem entre si, e também tem grande potencial para alcançar as relações entre governo e cidadão.

Estamos na era da tecnologia, onde as pessoas podem se comunicar com o mundo através de um simples deslizar de dedos na tela de seus smartphones, e é essa facilidade na comunicação que torna os dispositivos móveis ferramentas ágeis para a emissão e replicação de alertas de riscos geológico-geotécnicos.

Sabendo a necessidade em se usar a tecnologia como ferramenta de auxílio na emissão de alertas de riscos, é importante salientarmos a principal função desta para a sociedade. Segundo Nascimento (2000) *apud* Maciel (2014), pode-se dizer que as tecnologias devem ser capazes de capturar, armazenar, formatar, resumir e filtrar dados e as ferramentas devem ser acessíveis aos usuários e gerar dados de ampla compreensão.

Tendo em vista esse crescente mercado digital no Brasil, foca-se a necessidade do uso da tecnologia da informação na emissão de alertas de riscos geológico-geotécnicos. A conexão entre sociedade, indústria e autoridades de defesa civil é de suma importância, tornando a comunicação entre estes a peça-chave para salvar vidas e bens materiais na ocorrência de eventos catastróficos.

O mapeamento das áreas de risco, por mais detalhado que seja, é de difícil compreensão para a comunidade, que não tem conhecimentos técnicos suficientes

para a realização de análises críticas destes estudos. Com isto, o interesse da mesma acerca das ferramentas de alertas geológico-geotécnicos acaba se tornando mínimo. Neste sentido a implementação de novas tecnologias e a grande interatividade que estas proporcionam à população, aumentam o interesse das pessoas nos mais diferentes assuntos. É esta curiosidade que se pretende alcançar no momento em que a defesa civil necessitar passar alguma informação, assim medidas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação são realizadas com maior interação e compreensão da população, tornando o trabalho da defesa civil mais eficiente.

Com o objetivo de proporcionar à população uma ferramenta interativa e de fácil manuseio onde a mesma possa se comunicar de maneira descomplicada com a defesa civil, o aplicativo Radar Gris vem com a proposta de expor o conceito de riscos geológico-geotécnicos através de uma interface dinâmica e de fácil compreensão, se tornando o caminho para a união entre as ações da defesa civil e a comunidade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Conceituar uma ferramenta capaz de facilitar a comunicação entre as autoridades de defesa civil, e a população acerca dos riscos geológico-geotécnicos, através da emissão de alertas e como ferramenta para gerenciamento urbano das áreas de risco.

1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Analisar e definir os diferentes riscos geológico-geotécnicos e fatores que contribuem para os mesmos, e assim discutir as formas mais eficientes de alertar a população quanto a prevenção, mitigação e preparação para a ocorrência de eventos, bem como, resposta e recuperação das áreas afetadas, através de um aplicativo móvel para smartphones. Após esta etapa serão definidos e demonstrados os layouts das interfaces web e móvel do aplicativo Radar Gris, assim como a relação do mesmo com um banco de dados que irá conter as informações necessárias para a emissão de alertas de risco aos moradores, comércios e indústrias.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo o artigo 13 da lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, PNPDEC, fica autorizada a criação de sistema de informações de monitoramento de desastres, em ambiente informatizado, que atuará por meio de base de dados compartilhada entre os integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, SINPDEC, visando ao oferecimento de informações atualizadas para prevenção, mitigação, alerta, resposta e recuperação em situações de desastre em todo o território nacional.

Com a necessidade em se adequar às exigências da lei nº 12.608 e também proporcionar a comunicação com a comunidade, o aplicativo Radar Gris propõe a implantação de um sistema de informação e monitoramento móvel para que União, Estados, Distrito Federal e Municípios se tornem capazes de implementar medidas de redução de riscos de desastres geológico-geotécnicos através de transmissões informativas rápidas, seguras e eficientes para toda a população que se encontra em áreas de risco.

O projeto Radar Gris é a proposta de um aplicativo para celulares, onde os usuários poderão informar a outros usuários e à defesa civil, através de marcações em mapas interativos, incidentes geológico-geotécnicos de fácil identificação como, por exemplo, deslizamentos de terra, trincas e ressurgências de água, que após verificação, servirão como ponto de partida na emissão de alertas.

Outra funcionalidade importante do aplicativo é que ao mesmo tempo em que ele promoverá a segurança da população, servirá de auxílio para a atualização das cartas de risco das cidades graças aos históricos de alertas e marcações gerados.

Finalmente, vale ressaltar a importância deste projeto para o âmbito acadêmico. As universidades brasileiras ainda não abordam com a devida importância, nos cursos de graduação, estudos acerca os riscos geológico-geotécnicos que atingem o Brasil, fazendo deste projeto um importante mecanismo de ligação dos discentes ao tema.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa utilizada nesse trabalho é composta de quatro etapas.

Primeiramente, é feita uma análise bibliográfica através do estudo da literatura científica e de artigos publicados que tratam o tema abordado. Na revisão bibliográfica são apresentados estudos sobre os principais assuntos presentes no trabalho, para que o leitor possa ser introduzido ao assunto.

Na segunda fase, faz-se uma apresentação do conceito do ambiente web do aplicativo para computadores.

A terceira fase trata o conceito do aplicativo móvel Radar Gris, com as interfases e principais funções do aplicativo.

Por fim, a quarta fase faz a relação do aplicativo com um banco de dados de moradores.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além deste capítulo introdutório, que consta de uma inserção ao tema a ser abordado ao longo do trabalho, o estudo constará de mais quatro capítulos.

O segundo capítulo traz uma revisão bibliográfica, onde estudos de riscos geológico-geotécnicos são apresentados do ponto de vista de outros autores. Este capítulo encontra-se subdividido em subitens específicos.

O terceiro capítulo expõe a metodologia utilizada neste trabalho, onde são apresentados layouts e conceitos da interface web e do aplicativo móvel, além da relação destes com o banco de dados que contém o cadastro de moradores. Este capítulo também se encontra subdividido em subitens específicos.

No quarto capítulo é apresentada uma análise crítica sobre os resultados obtidos no desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, o quinto e último capítulo traz as considerações finais do autor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POR QUE OCORREM DESASTRES NATURAIS NO BRASIL?

Ao longo das últimas décadas o número de desastres naturais em território brasileiro vem aumentando a proporções jamais vistas e com consideráveis resultados em termos de perdas humanas e materiais.

Segundo Tominaga *et al.* (2009), desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos, tais como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. Além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou ao crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais.

De acordo com Macedo (2008), no Brasil, os principais processos do meio físico que ocorrem são: inundação, deslizamento, seca e erosão. Outros processos também ocorrem, mas com menor incidência, tais como terremotos, tornados e subsidências. Destes, as inundações causam os maiores prejuízos econômicos e os deslizamentos a maior quantidade de vítimas fatais. Levantamentos do IPT mostram que de 1988 a 2008 mais de 1700 pessoas foram vitimadas por deslizamentos no Brasil, uma média de 85 pessoas por ano.

O aumento na incidência de desastres naturais é considerado por diversos autores como consequência do intenso processo de urbanização verificado no país nas últimas décadas, que levou ao crescimento desordenado das cidades em áreas impróprias à ocupação, devido às suas características geológicas e geomorfológicas desfavoráveis. As intervenções antrópicas nestes terrenos, tais como, desmatamentos, cortes, aterros, alterações nas drenagens, lançamento de lixo e construção de moradias, efetuadas, na sua maioria, sem a implantação de infraestrutura adequada, aumentam os perigos de instabilização dos mesmos. 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; Lopes, 2006; Tominaga, 2007).

2.2 CONCEITOS DE RISCOS NATURAIS

Na década de 60, foram iniciados estudos para a avaliação de riscos de um evento natural, pela identificação dos processos socioeconômicos envolvidos e dos processos físicos (perigos geomórficos) e seus parâmetros de análise: magnitude, frequência, duração, extensão em área, velocidade de assentamento, disposição espacial e intervalo de tempo de recorrência (Gares *et al.*, 1994 *apud* Tominaga, 2007).

As definições de riscos naturais apresentam variações em diversas publicações acadêmicas, sendo que as definições mais utilizadas são as de Varnes (1984), que em revisão realizada para a UNESCO, propôs os conceitos listados abaixo:

- Perigo Natural – H (*Natural Hazard*): Corresponde à probabilidade de um fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer dentro de um determinado intervalo de tempo e numa dada área;
- Vulnerabilidade - V (*Vulnerability*): Refere-se ao grau de perda de um determinado elemento ou um conjunto de elementos em risco, resultante da ocorrência de um fenômeno natural de uma dada magnitude. É expressa numa escala variável de 0 a 1, de ‘nenhum dano’ a ‘perda total’, respectivamente;
- Risco Específico – R_s (*Specific risk*): Corresponde ao grau esperado de perda devido a um fenômeno natural particular, podendo ser expresso em termos do produto entre Perigo (Hazard) e Vulnerabilidade ($H \times V$);
- Elementos em Risco – E (*Elements at risk*): São aqueles relativos à população, propriedades e atividades econômicas, incluindo serviços públicos, em risco em uma dada área;
- Risco total – R_t (*Total risk*): Refere-se ao número esperado de perdas de vidas, de pessoas afetadas, danos a propriedades, ou interrupção de atividades econômicas devido a um fenômeno natural específico. O Risco total pode ser expresso pela seguinte expressão:

$$R_t = (E) \times (R_s)$$

Como:

$$R_s = H \times V$$

Então:

$$R_t = (E) \times (H \times V)$$

Por sua vez, Einstein (1988) *apud* Tominaga (2007), utilizou as expressões “*danger*”, “*hazard*” e “*risk*” para designar fenômenos, imprevisibilidades e consequências, respectivamente, seguindo os seguintes conceitos:

- Perigo (*Danger*): fenômeno natural que, neste caso, corresponde ao escorregamento (movimento de massa);
- Perigo (*Hazard*): probabilidade de um fenômeno (*danger*) ocorrer dentro de um dado período de tempo;
- Risco (*Risk*): Perigo (*hazard*) x dano potencial (perdas).

Conforme a ONU (2004), o entendimento dos perigos naturais envolve a consideração de quase todos os fenômenos físicos da Terra, contemplando uma ampla gama de perigos, tais como, os geofísicos, meteorológicos, hidrológicos, ambientais, tecnológicos, biológicos e até mesmo sócio-políticos, individualmente ou em complexas interações. Os perigos naturais são divididos em três grandes categorias: geológicos, hidrometeorológicos e biológicos, cuja classificação completa encontra-se no Quadro 1 da próxima página.

A avaliação da ONU (2004) leva em consideração conhecimentos quantitativos e qualitativos dos riscos e de seus fatores físico, social, econômico e ambiental e de suas consequências.

Quadro 1 - Classificação de perigos (*Hazard*)

PERIGO (HAZARD)	
Um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa, o qual pode causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos a propriedades, rupturas sócio econômicas ou degradação ambiental.	
PERIGOS NATURAIS (NATURAL HAZARDS)	
Processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir-se em um evento danoso. Os perigos naturais podem ser classificados quanto à origem em: geológico, hidrometeorológico e biológico.	
ORIGEM	EXEMPLOS DE FENÔMENOS
Perigos geológicos (<i>geological hazards</i>) Processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena.	<ul style="list-style-type: none"> •Terremotos, tsunamis; •Atividade e emissões vulcânicas; •Movimentos de massa, escorregamentos, queda de blocos rochosos, liquefação; •Colapso superficial, atividade de falha geológica.
Perigos hidrometeorológicos (<i>hydrometeorological hazards</i>) Processos ou fenômenos naturais de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica.	<ul style="list-style-type: none"> •Inundações/enchentes, corridas de lama/detritos; •Ciclones tropicais, tempestades marinhas, ventanias, chuvas de tempestades, nevasca, relâmpagos; •Secas, desertificação, fogo, temperaturas extremas, tempestade de areias; •Permafrost, avalanches de neve.
Perigo biológico (<i>biological hazard</i>) Processos de origem biológica ou aqueles transmitidos por vetores biológicos, incluindo exposição aos micro-organismos patogênicos, tóxicos e substâncias bioativas.	<ul style="list-style-type: none"> •Eclosão de doenças epidêmicas, contágios de plantas ou de animais e de infestações extensivas.
PERIGO TECNOLÓGICO (TECHNOLOGICAL HAZARDS)	
Perigo associado com acidentes tecnológicos ou industriais, rompimento de infraestrutura ou atividades humanas que podem causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos a propriedades, rupturas socioeconômicas ou degradação ambiental. Exemplos: poluição industrial, radioatividade, resíduo tóxico, queda de barragens, acidentes industriais, etc.	

Fonte: ONU, 2004

Zuquette (1993) *apud* Fontes (2011) propôs uma série de definições para diferentes termos empregados em artigos de análise de riscos, como pode ser observado no Quadro 2 abaixo.

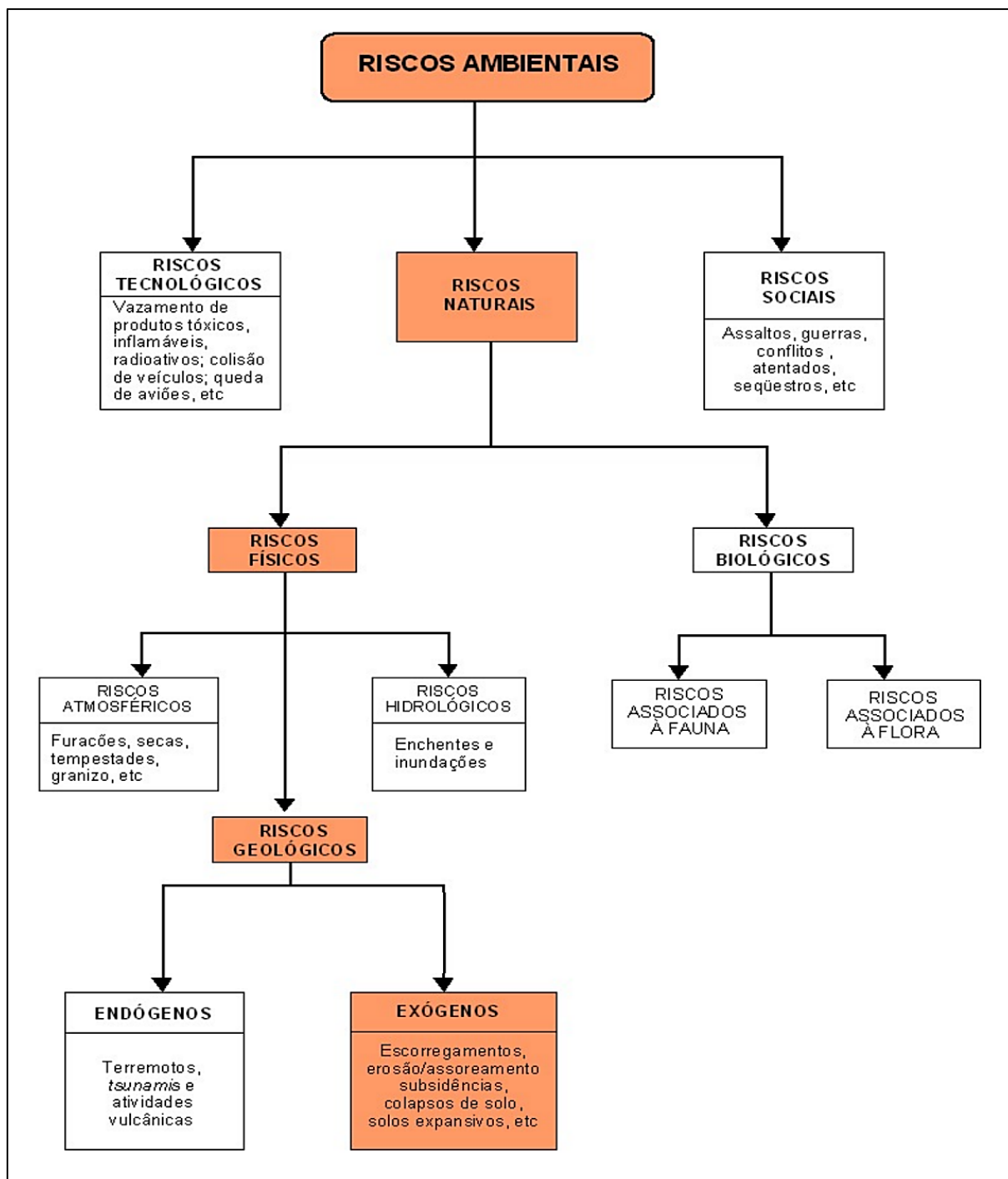
Quadro 2: Conceitos de Termos Referentes às Análises de Riscos

Termos	Conceitos
Evento	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo.
Evento Perigoso (<i>Hazard</i>)	Representa um perigo (latente) que se associa a um fenômeno de origem natural, que se manifesta em um lugar específico, em tempo determinado, produzindo efeitos adversos nas pessoas, nos bens e/ou no meio ambiente.
Processo Perigoso	Conjunto de fenômenos que antecedem o evento perigoso puro hazard, e que é tomado erroneamente como sinônimo deste.
Vulnerabilidade	Característica intrínseca de um sistema ou elemento que estão expostos a um evento perigoso (hazard), correspondendo à pré-disposição destes em serem afetados ou susceptíveis a perdas. É expressa em uma escala que varia de 0 (sem perdas) a 1 (perdas totais).
Risco	É a probabilidade de que ocorram perdas (econômicas, sociais e ambientais), além de um valor limite (admitido normal ou aceitável), para um lugar específico, durante um período de tempo determinado. Expressa o resultado da relação entre um hazard e a vulnerabilidade dos elementos expostos (seres humanos, residências, etc.).

Fonte: Zuquette, 1993 *apud* Fontes, 2011

Cerri e Amaral (1998) *apud* Tominaga (2007) propõem uma classificação de risco derivada a partir de riscos ambientais, conforme a Figura 1.

Figura 1: Classificação de riscos ambientais



Fonte: CERRI e AMARAL, 1998 *apud* Tominaga 2007

Cerri e Amaral (1998) *apud* Tominaga (2007) destacaram os mais relevantes processos geológicos causadores de acidentes no Brasil, que podem ser vistos no Quadro 3).

Quadro 3: Principais processos geológicos causadores de acidentes no Brasil

Processo Geológico	Condicionantes Naturais	Ações Antrópicas Indutoras	Exemplos de Danos Potenciais
Escorregamentos	Encostas com inclinação elevada; depósitos de tálus e colúvios; Concentração do escoamento d'água de superfície e de subsuperfície; pluviometria média anual elevada.	Eliminação da cobertura vegetal; cortes estabilizadores; lançamento de lixo; aterro construído sem controle; lançamento de água não controlado; construção de reservatórios (instabilização das margens).	Queda, ruptura e soterramentos bruscos de construções, moradias, estradas, etc.; soterramento e morte de pessoas.
Erosão hídrica (Assoreamento)	Solos arenosos e siltosos pouco coesivos; inclinações acentuadas dos terrenos; concentração do escoamento d'água de superfície e subsuperfície (<i>piping</i>); chuvas intensas e mal distribuídas no espaço e tempo.	Eliminação da cobertura vegetal; lançamento concentrado e não dissipado de águas servidas e de chuvas; cortes e aterros não protegidos; construção de vias, caminhos e trilhas que concentram o escoamento; construção de reservatórios (impactos nas margens e a jusante).	Queda de moradias; destruição de ruas e equipamentos urbanos; perda de solo agricultável; soterramento de estradas e de plantações de várzeas; impactos diversos nos recursos hídricos (poluição, perda de volume armazenado etc.).
Subsidência por adensamento	Planícies ou baixadas com presença de solos moles, continentais ou marinhos.	Obras com fundações inadequadas; escavações sem contenção apropriada; rebaixamento não controlado do lençol freático, super exploração de água subterrânea.	Inutilização de construções devido a recalques excessivos ou mesmo rupturas; rompimento de galerias, encanamentos e tubos subterrâneos; vazamentos.

(Continuação)

Processo Geológico	Condicionantes Naturais	Ações Antrópicas Indutoras	Exemplos de Danos Potenciais
Colapso de solos	Presença de solos que apresentam recalques importantes quando saturados e submetidos a sobrecargas.	Obras que provocam a saturação dos solos de fundação; rompimento de dutos.	Inutilização de construções devido a recalques ou mesmo rupturas; rompimento de galerias, encanamentos e tubos subterrâneos; vazamentos.
Subsidência e colapso devido a cavidades subterrâneas	Feições cársticas, principalmente, cavernas; minerações subterrâneas.	Alterações das condições de fluxo de água subterrânea; super exploração de água subterrânea; escavações subterrâneas instáveis.	Idem acima, porém de maior intensidade e velocidade de manifestação.
Expansão de terrenos	Presença de rochas e solos que apresentam aumento de volume ao serem desconfinados e sob a ação da umidade; presença de argilominerais expansíveis.	Cortes que eliminam camadas superficiais protetoras ou desconfinam o material; cortes que permitem a ação das intempéries.	Instabilizações de taludes, de fundações e de cavidades subterrâneas; ruptura de pavimentos.

Fonte: modificado de Cerri e Amaral, 1998, por Tominaga, 2007

Baseado nas definições apresentadas, este trabalho adotará os mesmos conceitos adotados por Tominaga (2007) e Fontes (2011), onde:

- Perigo é considerado a possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer num determinado local e num período de tempo especificado.
- Vulnerabilidade é o conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos.
- Risco é a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o risco como uma função do perigo, da vulnerabilidade e do dano potencial.

2.3 OCORRÊNCIAS BRASILEIRAS DE DESASTRES GEOLÓGICOS

Segundo o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters – CRED* (2011) *apud* Mirandola *et al.* (2015), no ano de 2011 quase 30 mil pessoas perderam suas vidas em 302 desastres naturais ocorridos em todo o planeta. O Escritório da ONU para a Redução do Risco de Desastres - UNISDR (2013) chegou a afirmar, em 14 de março de 2013, que pela primeira vez na história ocorreram perdas econômicas anuais de mais de 100 bilhões de dólares por três anos consecutivos. As perdas se deram devido ao enorme aumento de exposição de bens industriais e de propriedade privada em eventos de desastres extremos.

O Brasil não se difere da situação global de desastres naturais. Segundo Silva (2013), sem o devido planejamento, a urbanização brasileira não foi acompanhada de obras estruturais compatíveis com as características naturais e com a velocidade das transformações socioeconômicas. Em várias localidades, as enchentes e os deslizamentos de terra representam um desafio constante para a nossa sociedade, em especial para as pessoas de baixa renda. Essas ocorrências são mais comuns na periferia das cidades, onde as terras com menor valor de mercado ou simplesmente ocupadas por imigrantes estão situadas em topografias acidentadas, conhecidas como encostas, ou até mesmo no topo de morros. O mesmo raciocínio apresentado em relação às matas ciliares pode ser utilizado para entender os deslizamentos, pois a vegetação presente nas encostas é capaz de absorver a água das chuvas e evitar o carreamento de grandes quantidades de sedimentos para as áreas mais baixas.

No Quadro 4, da próxima página, são apresentados alguns dos deslizamentos de terras que marcaram o Brasil entre os anos de 2008 e 2012.

Quadro 4: Deslizamentos que marcaram o País nos últimos anos

Local do deslizamento	Data do deslizamento	Consequências do deslizamento	Fonte de Dados
Municípios do Estado de Santa Catarina	Novembro de 2008	Temporais provocaram deslizamentos em série. 63 municípios em situação de emergência, 14 em estado de calamidade pública e 135 mortes.	Defesa Civil do Estado de Santa Catarina
Osasco, região metropolitana de São Paulo	Setembro de 2009	Um deslizamento de terra destruiu uma casa no morro do Socó. Uma mulher e os três filhos morreram soterrados.	Prefeitura Municipal de Osasco
Angra dos Reis - RJ	Réveillon de 2010	53 pessoas morreram vítimas de deslizamento de terra em várias regiões da cidade.	Defesa Civil da Cidade de Angra dos Reis
Juiz de Fora - MG	Janeiro de 2010	Três pessoas morreram soterradas após o desmoronamento de um barranco sobre uma casa. Um casal conseguiu escapar sem ferimentos	Defesa Civil do Estado de Minas Gerais
Estado do Rio de Janeiro	Abril de 2010	Fortes chuvas e deslizamentos culminaram com 55 mortes na capital do estado, 107 na cidade de Niterói e 16 na cidade de São Gonçalo. Em todo o estado foram contabilizados 182 óbitos.	Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro
Manaus - AM	Outubro de 2010	O deslizamento provocou a morte de duas pessoas no porto Chibatão. Por causa do acidente, várias carretas e contêineres caíram dentro do rio Negro.	Defesa Civil do Estado do Amazonas
Região serrana do Rio de Janeiro	11 e 12 de janeiro de 2011	Fortes chuvas provocaram enchentes, deslizamentos de terra e mataram mais de 900 pessoas.	Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro
Igrejinha - RS	Abril de 2011	Sete pessoas de uma mesma família morreram após um deslizamento de terra.	Defesa Civil do Município de Igrejinha
Mairiporã, região metropolitana de São Paulo	Junho de 2011	Um barranco desmoronou sobre uma pizzaria, derrubou uma das paredes e soterrou quatro pessoas. Uma das vítimas foi encontrada morta por cães farejadores da Polícia Militar.	Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo
Cidade Ademar, na zona sul de São Paulo	Julho de 2011	Um desmoronamento de terra matou uma grávida e uma criança em uma favela na encosta do Morro dos Macacos.	Defesa Civil do Estado de São Paulo

(Continuação)

Local do deslizamento	Data do deslizamento	Consequências do deslizamento	Fonte de Dados
Ouro Preto - MG	Janeiro de 2012	Fortes chuvas provocaram o deslizamento de terra em vários pontos da cidade, culminando com a morte de dois taxistas que se encontravam no terminal rodoviário da cidade, que ficou parcialmente soterrado.	Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais

Fonte: o autor (2016)

2.4 ROMPIMENTO DA BARRAGEM DO FUNDÃO

Considerado por muitos como o maior desastre ambiental da história brasileira, o rompimento da Barragem do Fundão no distrito de Bento Rodrigues, cidade de Mariana/MG, pertencente à mineradora Samarco S.A., liberou cerca de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos, o equivalente a 20 mil piscinas olímpicas.

As consequências deste desastre foram gigantescas, gerando a toda bacia do Rio Doce perdas materiais, ambientais e humanas de proporções até então nunca registradas, onde serão necessárias décadas até que os prejuízos ambientais sejam revertidos.

Bento Rodrigues, pequeno distrito da cidade de Mariana em Minas Gerais, foi o primeiro lugar atingido pelas lamas da barragem que se rompeu. O distrito ficou completamente destruído e o acidente culminou com a morte de 18 pessoas, o desaparecimento de outra e ainda deixou 725 desabrigados. (PCMG, 2016)

Segundo laudo técnico preliminar feito pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama (2015), foram comprovados que o desastre acarretou:

- mortes de trabalhadores da empresa e moradores das comunidades afetadas;
- desalojamento de populações;
- devastação de localidades e a consequente desagregação dos vínculos sociais das comunidades;
- destruição de estruturas públicas e privadas (edificações, pontes, ruas etc.);
- destruição de áreas agrícolas e pastos, com perdas de receitas econômicas;
- interrupção da geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas (Candongá, Aimorés e Mascarenhas);

- destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica;
- mortandade de biodiversidade aquática e fauna terrestre;
- assoreamento de cursos d'água;
- interrupção do abastecimento de água;
- interrupção da pesca;
- interrupção do turismo;
- perda e fragmentação de habitats;
- restrição ou enfraquecimento dos serviços ambientais dos ecossistemas;
- alteração dos padrões de qualidade da água doce, salobra e salgada;
- sensação de perigo e desamparo na população.

As perdas humanas provocadas pelo rompimento da barragem tem ligação direta com a ausência de um sistema de alertas eficiente, onde a mineradora não contava com um sistema sonoro para avisar a população do distrito de Bento Rodrigues sobre o rompimento. A estratégia utilizada pela Samarco para alertar a população foi a de telefonar para os habitantes da comunidade e avisá-los da tragédia em marcha, porém isto se mostrou pouco eficiente devido à velocidade com que os rejeitos se moviam.

Tragédias como a ocorrida em Bento Rodrigues evidenciam a importância que os sistemas de alertas têm para com a população, sendo estas ferramentas essenciais para o salvamento de vidas.

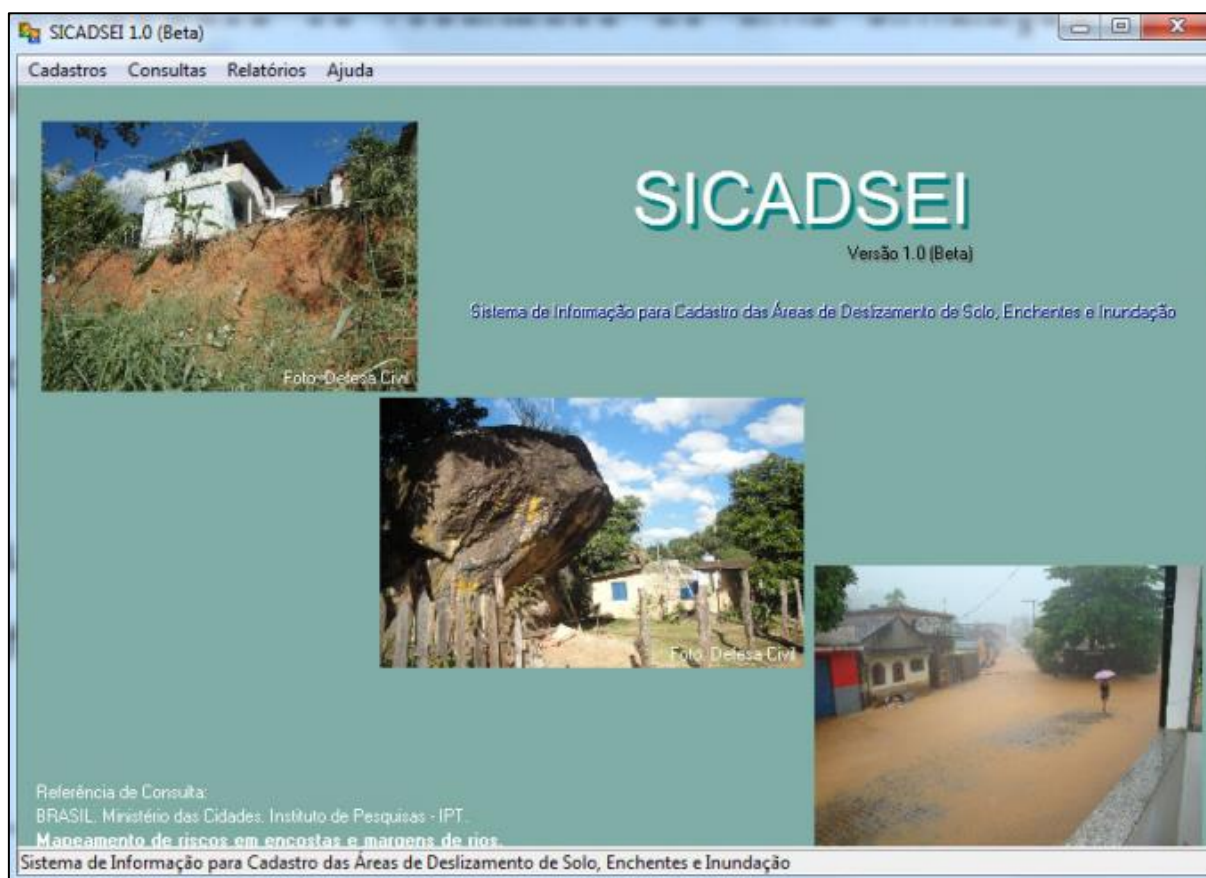
2.5 APLICATIVOS JÁ DESENVOLVIDOS PARA A EMISSÃO DE ALERTAS DE RISCOS

Em âmbito nacional, ainda não é fácil encontrarmos softwares e aplicativos relacionados à prevenção e sinalização de áreas de riscos geológico-geotécnicos, sendo que muitos dos estudos realizados se concentram apenas no mapeamento de áreas de risco e se limitam à utilização de softwares importados de representação gráfica e análise de estabilidade global de taludes, como por exemplo, AutoCAD Desktop 2D/3D, GIS (Geographic Information System), e o MACSTARS® 2000 (Simulador de estabilidade em encostas).

No estado do Espírito Santo, pesquisadores e técnicos da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, do Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia – IFES, do Corpo de Bombeiros Militar – CBMES e da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil – CEDEC, desenvolveram o SICADSEI 1.0 (Sistema de Informação para Cadastro das Áreas de Deslizamento de Solo, Enchentes e Inundação). De acordo com Santos *et al.* (2012), o software tem como principal objetivo disponibilizar aos profissionais que atuam no gerenciamento das áreas de risco uma ferramenta eficaz, eficiente e de fácil uso para realização do cadastro de informações primárias. O SICADSEI 1.0, que foi desenvolvido para a plataforma Windows usando ambiente de programação Borland Delphi 10 e banco de dados Microsoft Access, apresenta telas de cadastro dinâmicas, com layout semelhante aos roteiros metodológicos para análise e mapeamento de áreas de risco concebidos e desenvolvidos pelo Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Na Figura 2, da próxima página, é apresentada a tela inicial do software SICADSEI 1.0.

Figura 2: Tela inicial do software SICADSEI 1.0



Fonte: SANTOS *et al.* (2012)

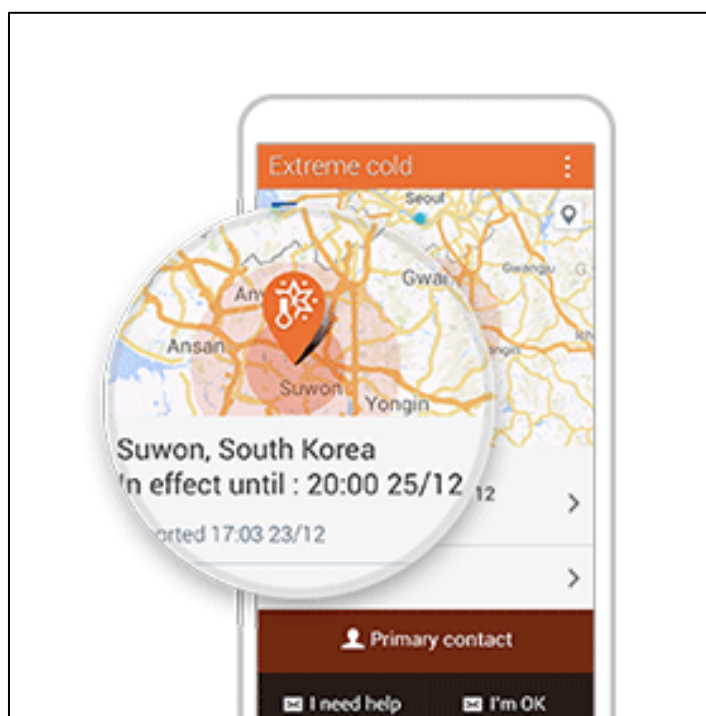
Outra ferramenta desenvolvida para a emissão de alertas de riscos foi o SMSalva-Vidas, um software de envio de mensagens (SMS) para celulares, criado por pesquisadores da Universidade Federal Fluminense – UFF em 2011, segundo Motta (2011), o aplicativo é capaz de enviar sinais de alertas de risco intermediário, iminente ou provável, como “Chuvas perigosas” e “Evacuar imediatamente”, dependendo da localidade cadastrada pelo usuário no software.

Já o aplicativo de alertas Geo News, desenvolvido exclusivamente para celulares da linha Galaxy S5 da Samsung, envia alertas quando desastres naturais estiverem ocorrendo perto da localização do usuário. O aplicativo também envia notificações sobre as condições meteorológicas extremas que podem afetar a localização do usuário. Os tipos de notificações e da lista de opções disponíveis podem mudar dependendo do nível de gravidade do desastre, e o usuário pode predefinir seus contatos para enviar sua localização em situações de emergência. Este aplicativo tem pouca utilidade no Brasil devido aos tipos de alertas possíveis,

que em sua maioria são referentes a terremotos e tsunamis, porém é comumente utilizado em países como Coréia do Sul, China e Japão. (Samsung, 2014)

Na Figura 3 é apresentada uma das telas do aplicativo Geo News, com um exemplo de alerta de frio extremo na Coréia do Sul.

Figura 3: Tela do aplicativo Geo News



Fonte: Samsung, 2014

Por fim, podemos afirmar que nos tempos atuais a Tecnologia de Informação é uma ferramenta essencial para a segurança da população, uma vez que esta se torna a forma mais rápida para alertar e informar a comunidade em situações emergenciais. No exemplo de desastres geológicos, essa situação não é diferente e a comunicação entre autoridades e população é de suma importância para salvar vidas, sendo crucial a implementação de novos recursos tecnológicos como o Radar Gris.

3 METODOLOGIA

As dificuldades na comunicação entre defesa civil, corpo de bombeiros militar, prefeitura e moradores quando incidentes geológico-geotécnicos acontecem faz necessário a criação de novos métodos para a emissão de alertas de risco. Baseando-se nisso, o aplicativo Radar Gris¹ foi conceituado para ser uma ferramenta eficaz para a prevenção, monitoramento e assistência em situações de riscos geológico-geotécnicos.

O aplicativo foi conceituado em três partes que se complementam. Uma interface *mobile* que se relaciona com um sistema *online* e com um banco de dados de moradores, independente se estes são usuários, ou não, do aplicativo Radar Gris.

Por se tratar de um trabalho de conceituação, não foi adotada em nenhuma das etapas a utilização de linguagem de programação.

3.1 INTERFACE WEB

Através de um navegador de internet padrão, qualquer pessoa poderá ter acesso à versão Web do aplicativo Radar Gris. Como este trabalho se trata da concepção do aplicativo, ainda não existe um endereço disponível para este acesso, porém os conceitos a serem implantados serão minuciosamente descritos neste trabalho.

A interface Web do Radar Gris tem o objetivo de atender as necessidades de dois tipos de usuários do aplicativo.

O primeiro usuário, que aqui chamaremos de usuário básico, terá acesso às mesmas funcionalidades do aplicativo móvel, com a exceção das ferramentas que utilizam GPS.

Já o segundo tipo de usuário, usuário avançado, além de poder usar as mesmas ferramentas disponíveis ao usuário básico, terá permissão para a emissão de alertas, envio de mensagens e acesso ao banco de dados dos moradores. O usuário avançado é destinado à Defesa Civil, Corpo de Bombeiros, Prefeituras e Indústrias que necessitem emitir alertas de risco a população em caso de acidentes, como mineradoras e usinas siderúrgicas.

¹ O nome do aplicativo, Radar Gris, vem da abreviatura de *Geotechnical Risks Radar*, Radar de Riscos Geotécnicos em português. Coincidentemente a palavra Gris significa cinza em espanhol e em francês, motivo pelo qual foi adotada a cor cinza nas principais interfaces modelo do aplicativo.

3.2 INTERATIVIDADE WEB

São de suma importância para a população alguns conhecimentos geológico-geotécnicos básicos para a prevenção de acidentes, como a definição de riscos naturais e tipos de riscos.

Aproveitando-se da maior interatividade que os computadores podem oferecer, a página inicial da versão web do Radar Gris trará consigo artigos, vídeos e imagens capazes de transmitir a seus visitantes os conhecimentos necessários para que estes consigam compreender um pouco melhor sobre os riscos geológico-geotécnicos, além de notícias relacionadas ao tema.

No topo da página inicial ficará disponível um ícone para a efetuação do cadastro de novos usuários ou o login de usuários já registrados para o acesso às ferramentas do aplicativo.

Abaixo, na Figura 4, é apresentada a interface web da página inicial do aplicativo Radar Gris, com todas as funcionalidades disponíveis para visitantes, mesmo que estes não queiram acessar as ferramentas exclusivas para usuários cadastrados no aplicativo.

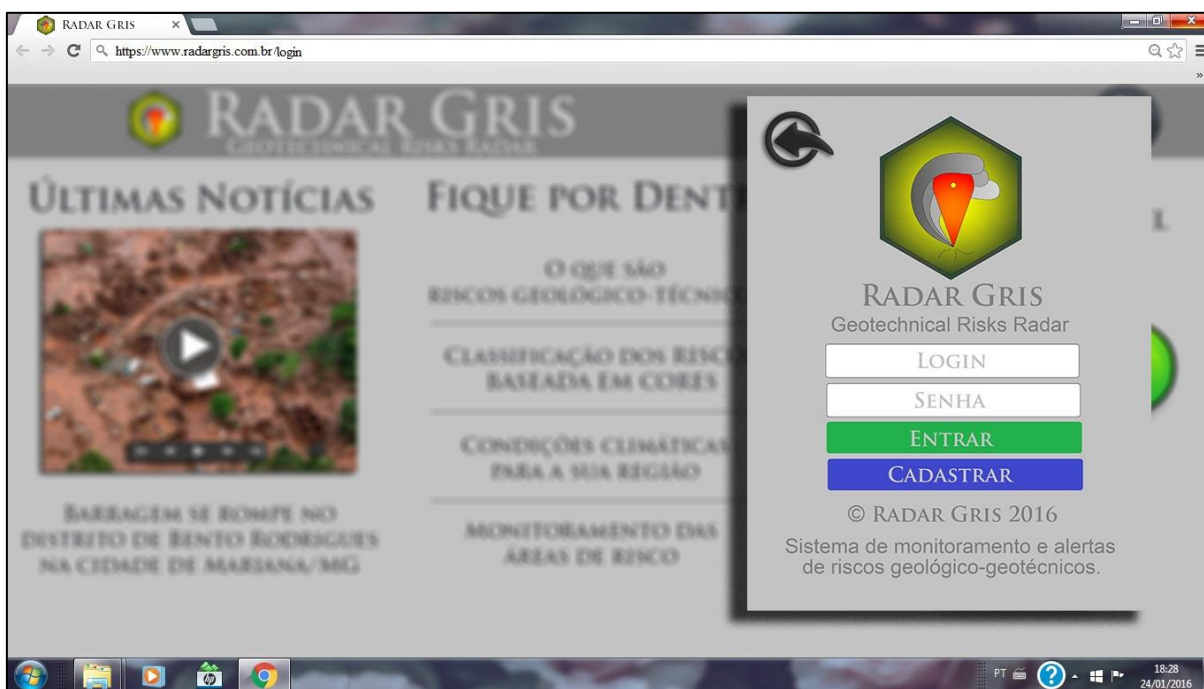
Figura 4: Interface da tela inicial do site do Radar Gris, desenvolvida para visitantes



Fonte: o autor (2016)

Ao clicar no ícone para login, na parte superior da página inicial, é aberta uma caixa de diálogo, onde é possível visualizar o logotipo do aplicativo junto a uma área de inserção de login e senha, sendo, portanto, o acesso ao aplicativo restrito a usuários cadastrados (Figura 5).

Figura 5: Interface da página inicial com caixa para login aberta



Fonte: o autor (2016)

Para o cadastro de novos usuários o visitante deve clicar sobre o a opção Cadastrar, onde será redirecionado para a página de cadastros, que pode ser visualizada na Figura 6 a seguir. Esta página apresenta uma interface simples e de fácil compreensão, onde o usuário básico deverá informar dados cadastrais como nome, sexo, endereço, e-mail, celular, nome de usuário e senha.

Figura 6: Interface da página web para cadastro de novos usuários



The screenshot shows a web browser window with the URL <https://www.radargris.com.br/cadastro>. The page features the Radar Gris logo (a green hexagon with a red and white radar) and the text "RADAR GRIS Geotechnical Risks Radar NOVO USUÁRIO". Below this, there are two sections of form fields:

- DADOS DO USUÁRIO:** Includes input fields for "NOME", "SEXO" (with a dropdown arrow), "ENDEREÇO", "E-MAIL", and "CELULAR".
- DADOS DE CADASTRO:** Includes input fields for "NOME DE USUÁRIO", "SENHA", and "CONFIRMAR SENHA".

A green button labeled "SALVAR CADASTRO" is positioned at the bottom of the form. The browser's taskbar at the bottom shows the date and time as 18:28 on 24/01/2016.

Fonte: o autor (2016)

Usuários avançados deverão realizar cadastro mediante solicitação direta ao desenvolvedor do aplicativo para terem acesso às ferramentas exclusivas destinadas a eles.

3.2.1 MENU DE OPÇÕES

Após a realização do login, o usuário é redirecionado novamente à página inicial do site do Radar Gris, com a diferença de que o ícone para login e cadastro desaparece da tela dando lugar ao ícone de acesso ao menu de opções do usuário.

O menu de opções traz três itens para os usuários básicos, cada qual com seus respectivos subitens, são eles:

- Ajustes;
- Histórico de alertas;
- Mapas para consultas.

Já o menu de opções para os usuários avançados traz, além dos três itens mencionados anteriormente, mais dois outros itens de uso exclusivo:

- Emissão de alertas de risco;
- Banco de dados de moradores.

3.2.2 MENU DE OPÇÕES – USUÁRIO BÁSICO

O usuário básico destina-se à população que não necessita emitir alertas de incidentes geológico-geotécnicos, mas que, por estarem em áreas de risco ou nas proximidades destas, necessitam receber estes alertas.

As ferramentas web disponíveis a este tipo de usuário são limitadas a consultas, alterações de cadastro e envio de mensagens ao desenvolvedor e aos usuários avançados do aplicativo.

Na Figura 7, é apresentada a tela inicial da interface web do Radar Gris com a janela do menu de opções disponíveis ao usuário básico.

Figura 7: Interface da tela inicial com apresentação do menu de opções para usuário básico



Fonte: o autor (2016)

3.2.2.1 AJUSTES

Acessando o item Ajustes do menu de opções, o usuário terá acesso às configurações de sua conta pessoal e ao menu de ajuda.

Nas configurações de conta, além da possibilidade de alteração de todos os dados cadastrais o usuário poderá adicionar uma foto particular em seu perfil (Figura 8 da próxima página).

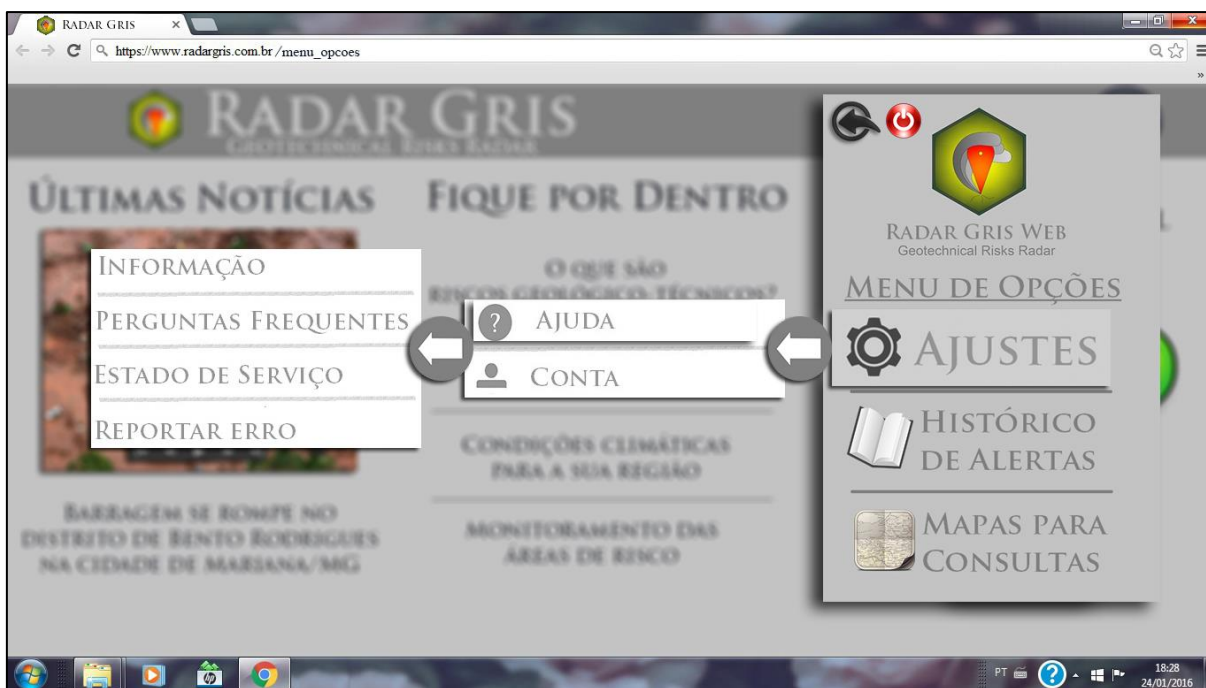
Figura 8: Interface web do menu de ajustes – Configurações de Conta



Fonte: o autor (2016)

O item Ajuda do menu de Ajustes, Figura 9 abaixo, consta de quatro opções: Informação, Perguntas Frequentes, Estado de Serviço e Reportar Erro.

Figura 9: Interface web do menu de ajustes – Ajuda



Fonte: o autor (2016)

Em Informação estarão disponíveis a versão do aplicativo web e o contato com o desenvolvedor, já em Perguntas Frequentes o usuário terá acesso a perguntas e respostas sobre o funcionamento e uso do aplicativo.

A opção Estado de Serviço alerta ao usuário sobre eventuais falhas de serviço durante a manutenção do aplicativo web e usando a opção Reportar Erro, o usuário poderá reportar algum erro do aplicativo ou enviar alguma mensagem ao desenvolvedor.

3.2.2.2 HISTÓRICO DE ALERTAS

Ao acessar o item Histórico de Alertas do menu de opções, o usuário poderá buscar o histórico de alertas de qualquer uma das cidades registradas no aplicativo Radar Gris, obtendo sempre duas tabelas de dados diferentes.

A primeira tabela apresenta o histórico de desastres geológico-geotécnicos registrados que ocorreram antes da implantação do aplicativo, informando datação dos eventos, número de ocorrências registradas pela Defesa Civil, quantitativo de vítimas e localização dos desastres.

Na segunda tabela são apresentados os alertas emitidos após a implantação do aplicativo Radar Gris, com indicativo de datas dos acidentes geológico-geotécnicos registrados, localização e natureza destes, quantitativo de vítimas, volume de terra deslocado, número de usuários que registraram algum evento no aplicativo móvel e o número de ocorrências registradas pela Defesa Civil.

O usuário também poderá realizar filtros na tabela de acordo com datação e natureza dos registros.

As interfaces para web do aplicativo Radar Gris com as tabelas referentes ao menu Histórico de Alertas são apresentadas na página seguinte. A Figura 10 apresenta a interface com a tabela antes da implantação do aplicativo e a Figura 11 apresenta a interface com a tabela após a implantação do mesmo.

A tabela apresentada na Figura 11 encontra-se em branco, pois o aplicativo Radar Gris ainda não foi aplicado a nenhuma cidade, já os dados apresentados como exemplo de aplicação na tabela da Figura 10 constam de alguns dos registros de movimentos de massa na área urbana da cidade de Ouro Preto (Defesa Civil de Ouro Preto, 2010 *apud* Fontes, 2011).

Figura 10: Interface web do histórico de alertas registrados antes da implementação do Radar Gris



Ano	Nº de Ocorrências	Nº de Mortes	Locais
1989	32	3	Bairros São Cristóvão, Padre Faria, Taquaral, Piedade e áreas do que no futuro seria denominado Bairro Santa Cruz.
1991	32	-	Bairros São Francisco, Antônio Dias, Pilar, Alto da Cruz, piedade e Padre Faria.
1992	54	2	Bairros São Francisco, Piedade, Alto da Cruz, Padre Faria e Santa Cruz.
1995	40	3	Bairros São Cristóvão, Piedade, Padre Faria, Santa Cruz, Antônio Dias, Água Limpa, Bauxita e Nossa Senhora das Dores.
1996/97	123	13	Bairros Taquaral, São Cristóvão, São Francisco, Alto da Cruz, Piedade, Padre Faria, Santa Cruz e Vila Aparecida.
2001/03	100	-	Bairros São Cristóvão, Alto da Cruz, Piedade, Padre Faria, Santa Cruz e Morro Santana.

Fonte: o autor (2016); Defesa Civil de Ouro Preto, 2010 *apud* Fontes (2011) adaptado

Figura 11: Interface web do histórico de alertas registrados após a implementação do Radar Gris



Ano	Nº de Mortes	Locais	Natureza da Ocorrência	Volume de Terra Deslocado	Nº de Ocorrências Usuários	Nº de Ocorrências Defesa Civil

Fonte: o autor (2016)

3.2.2.3 MAPAS PARA CONSULTAS

O item Mapas para Consultas, do menu de opções, traz mapas de estudos geológico-geotécnicos realizados para as cidades cadastradas no sistema do aplicativo Radar Gris, como mapas geológicos, de uso e ocupação do solo e de risco a escorregamentos.

Outros tipos de mapas podem ser adicionados ao aplicativo conforme a necessidade das cidades que farão uso do sistema, sendo a carta de risco a escorregamentos indispensável para o funcionamento do aplicativo móvel e para a emissão de alertas. Essa relação será mais bem descrita no subitem 3.3.2.4 deste trabalho.

Na Figura 12, é apresentada a interface web do aplicativo com o item Mapas para Consultas selecionado, onde são visíveis duas caixas de opções: uma para a seleção da cidade e outra para a seleção do mapa a ser consultado. Após a seleção destes, o usuário deve clicar em realizar consulta para ser redirecionado à página desejada.

Figura 12: Interface web com lista de mapas disponíveis para consultas



Fonte: o autor (2016)

3.2.2.3.1 MAPA GEOLÓGICO

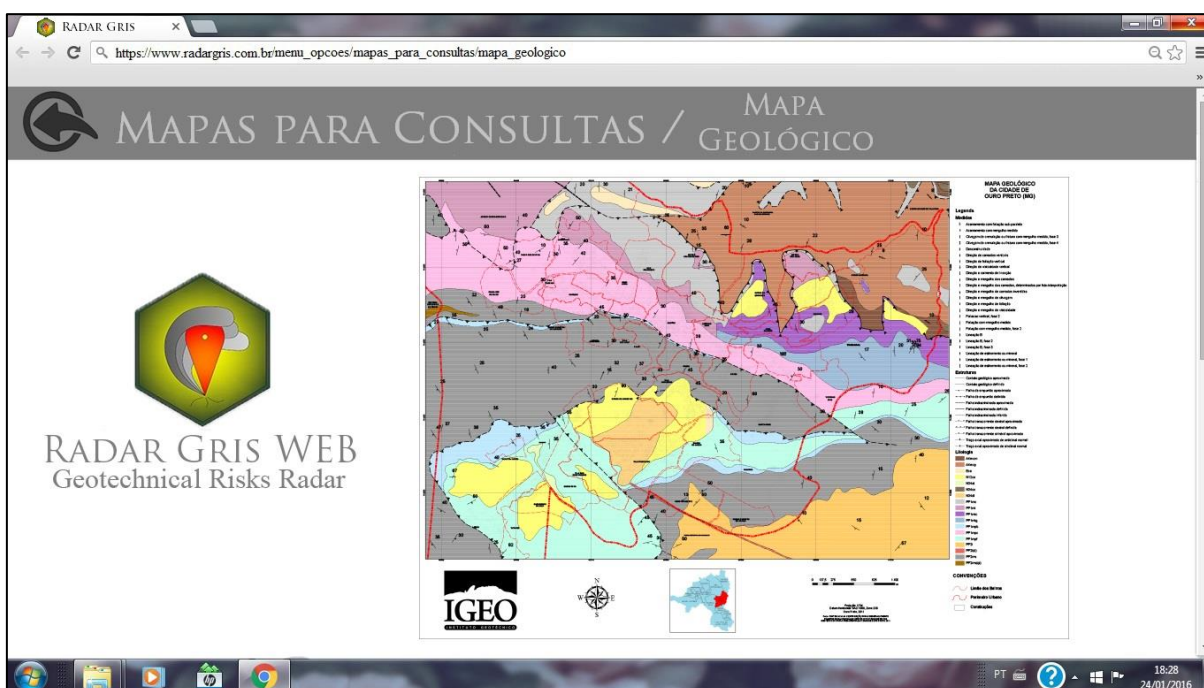
Um dos objetivos do aplicativo é proporcionar à população um conhecimento mínimo sobre a geologia local, pois, segundo Rebelo (1999), este, aplicado ao planejamento territorial e urbano das cidades, auxilia na determinação das áreas de risco geológico, sendo uma importante ferramenta para a escolha de políticas de uso e ocupação do solo e de políticas ambientais.

Assim sendo, no menu de Mapas para Consultas, é disponível a consulta ao mapa geológico da região de cadastro do usuário, com informações como:

- colunas estratigráficas da região;
- natureza e distribuição das rochas;
- direção e mergulho das camadas.

Na Figura 13, é apresentada a interface web do aplicativo Radar Gris com o mapa geológico selecionado para consulta. A título de exemplo, é exibido o mapa geológico da cidade de Ouro Preto/MG, desenvolvido por Lobato *et al.* (2005).

Figura 13: Interface web da opção Mapas para Consultas – Mapa geológico



Fonte: o autor (2016); Lobato *et al.* (2005) adaptado

3.2.2.3.2 MAPAS DE USO E OCUPAÇÃO

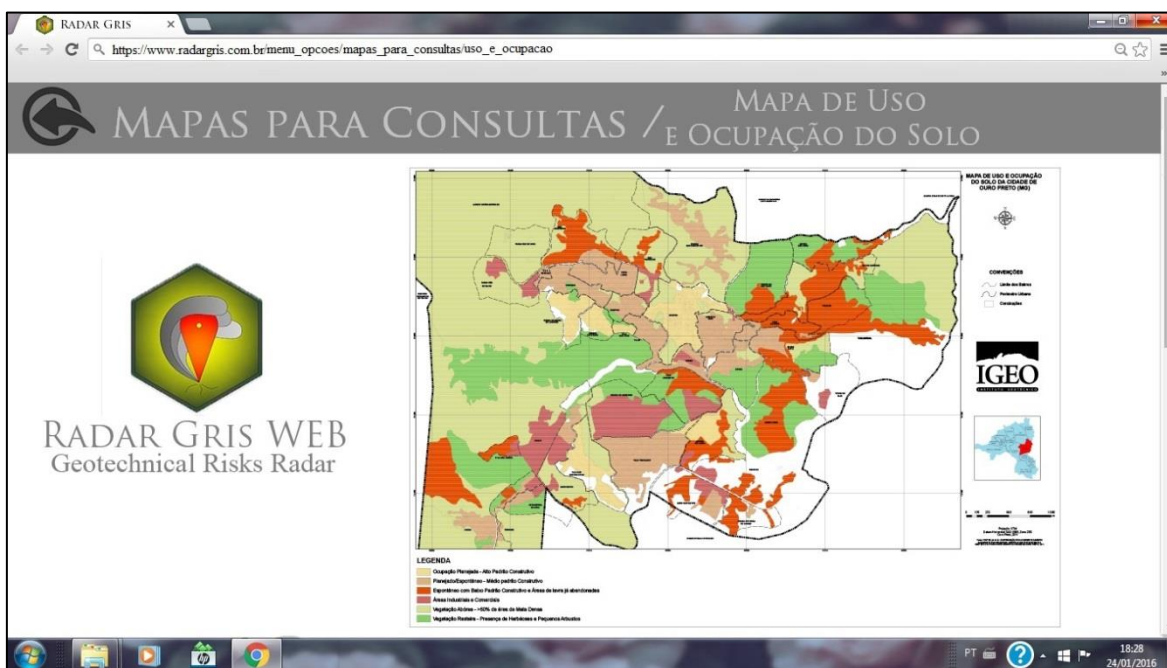
As formas de uso e ocupação do solo por todo o território brasileiro têm provocado inúmeros acidentes ambientais e geológicos, isto devido à irregularidade e à falta de planejamento territorial urbano.

A ocupação desordenada é um dos maiores problemas da atualidade. O crescimento populacional nos grandes centros urbanos aliado à ineficiente política habitacional brasileira culminou com o uso e ocupação de áreas consideradas naturalmente de risco à habitação humana, que é agravado pelo constante desmatamento, como por exemplo, a serra litorânea do Rio de Janeiro e a periferia da cidade de Ouro Preto. Assim sendo, áreas que deveriam ser de proteção permanente são ocupadas.

A ocupação irregular é feita de forma irracional, não sendo esta exclusividade da população mais desprovida de recursos, e o mapeamento de uso e ocupação do solo tem a finalidade de gerenciar estas áreas e os locais ainda não ocupados.

O usuário da versão web do Radar Gris terá acesso ao mapeamento de uso e ocupação de sua cidade de cadastro. A título de exemplo, é exibido na Figura 14 o mapa de uso e ocupação do solo da cidade de Ouro Preto/MG, desenvolvido por Fontes (2011) e aplicado à interface web do software.

Figura 14: Interface web da opção Mapas para Consultas – Mapa de Uso e Ocupação



3.2.2.3.3 MAPA DE RISCO A ESCORREGAMENTOS

De acordo com Fontes (2011, p. 1)

Para uma devida ocupação de áreas instáveis, impõe-se o conhecimento das condições geológico-geotécnicas locais, caracterizando-se os processos e parâmetros envolvidos e sistematizando-se as informações sobre a suscetibilidade do meio a eventos geotécnicos. Quando as áreas já estão ocupadas, surge um novo elemento a ser considerado no estudo, a *vulnerabilidade*, que expressa as perdas materiais e socioambientais envolvidas nos processos. O conjunto das informações da suscetibilidade associado à vulnerabilidade dimensiona o risco.

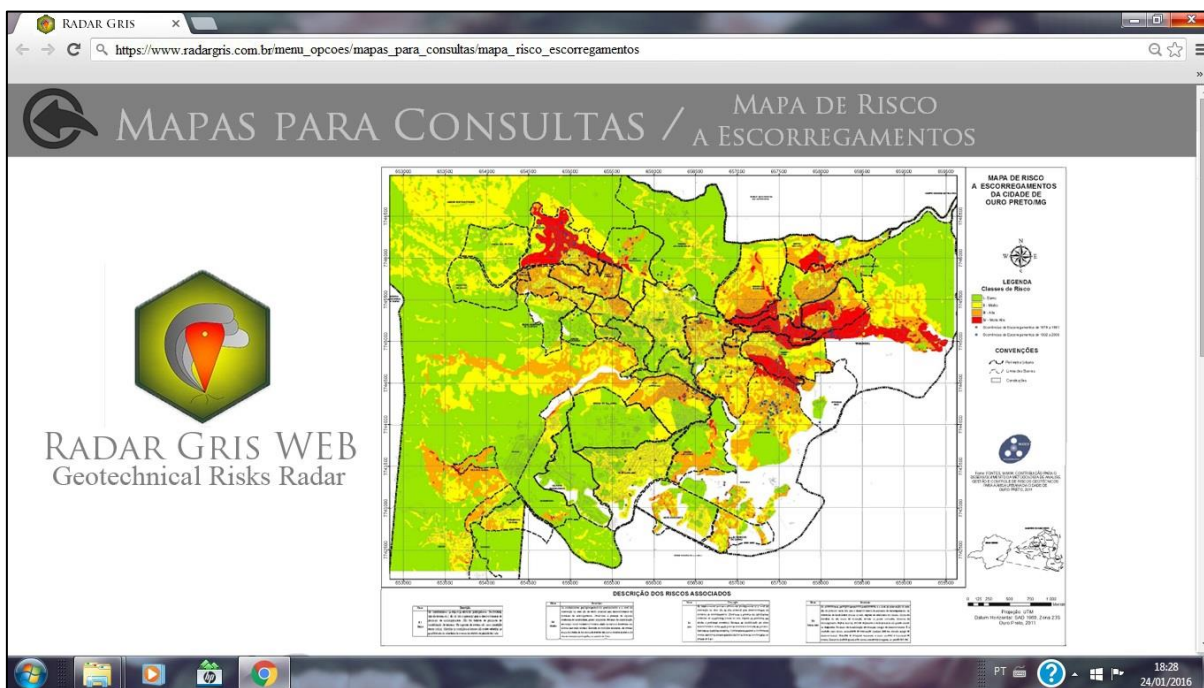
Torna-se, portanto, necessário promover sistemáticas capazes de minimizar e/ou resolver os problemas já instalados, bem como ordenar futuras expansões, por meio da realização de estudos que caracterizem o meio físico natural, de forma a subsidiar o planejamento e o gerenciamento do uso do solo. O mapa de risco é um importante instrumento para o planejamento municipal, na medida em que permite a hierarquização dos problemas e a avaliação de custos de investimentos e dão suporte técnico às negociações com a comunidade.

Assim sendo, o mapeamento de risco a escorregamentos acaba sendo um dos mais importantes para diminuir e/ou resolver problemas já existentes.

Em ambas versões do Radar Gris, tanto web quanto móvel, os mapas de riscos das cidades registradas serão disponíveis apenas para consultas.

A título de exemplo, é apresentado na Figura 15, da próxima página, o mapa de risco a escorregamentos da cidade de Ouro Preto/MG, desenvolvido por Fontes (2011) e aplicado à interface web do aplicativo.

Figura 15: Interface web da opção Mapas para Consultas – Mapa de Risco a Escorregamentos



Fonte: o autor (2016); Fontes (2011) adaptado

3.2.3 MENU DE OPÇÕES – USUÁRIO AVANÇADO

Além das funcionalidades também disponíveis aos usuários básicos, o usuário avançado da versão web do aplicativo terá acesso às opções de emissão de alerta de risco e acesso ao banco de dados de moradores.

Estas duas ferramentas permitem ao usuário avançado a emissão de alertas de situações de risco por ele detectadas e classificadas dentro de sua região como, por exemplo, o rompimento de barragens, tremores, movimento de terra, previsão de chuvas fortes, entre outras.

Os riscos são classificados em quatro grupos e exibidos para os usuários do aplicativo móvel em forma de alertas de diferentes cores dependendo de sua gravidade, como pode ser observado no Quadro 5 da página seguinte.

Quadro 5: Graus de risco relacionados a escorregamentos

Cor	Classificação	Descrição
	Risco Baixo	Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagem. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos.
	Risco Moderado	Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
	Risco Alto	Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
	Risco Muito Alto	As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação à margem de córregos, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.

Fonte: Canil (2010)

O acesso ao banco de dados de moradores também possibilita ao usuário avançado saber a quem enviar os alertas de risco primordialmente, baseando-se na localização de último acesso dos moradores no aplicativo móvel ou conforme a região de residência cadastrada dos mesmos. Os alertas também poderão ser emitidos por mensagem de texto e de voz àqueles que não fazem uso do aplicativo, mas que por ventura possuam cadastro realizado no banco de dados junto às prefeituras ou junto à Defesa Civil dos municípios.

Desta forma os alertas são passados à população de forma mais rápida e eficiente evitando-se perdas humanas em situações de risco.

Na Figura 16, da próxima página, é apresentada a tela inicial da interface web do Radar Gris com o menu de opções disponíveis aos usuários avançados.

Figura 16: Interface da tela inicial com apresentação do menu de opções para usuário avançado



Fonte: o autor (2016)

3.3 APLICATIVO MÓVEL

Por se tratar de um trabalho conceitual, não foram adotados, para a versão móvel do aplicativo Radar Gris, nenhum sistema operacional e nenhuma linguagem de programação específica. Sendo os conceitos expostos neste trabalho cabíveis à programação para smartphones com sistema operacional multitarefa e multimídia.

Inicialmente a proposta para a versão móvel do aplicativo é a de que esta não apresentará diferenciação de usuários, sendo todas suas ferramentas disponíveis a qualquer um que as necessite.

3.3.1 INTERFACES INICIAL E DE CADASTRO

Ao instalar o aplicativo no smartphone, será criado automaticamente um ícone de acesso rápido no menu do dispositivo móvel, que ao ser clicado abrirá a tela inicial do Radar Gris.

Devido às limitações de tamanho de tela, a versão móvel não traz consigo, em sua interface inicial, nenhum texto informativo, funcionalidade que fica, portanto, exclusiva à versão web do aplicativo.

Na interface inicial do aplicativo móvel é apresentado o logotipo da aplicação, bem como as opções de login e cadastro de novos usuários.

O usuário só terá acesso às ferramentas do aplicativo mediante cadastro, tornando o acesso às ferramentas do software de acesso restrito, assim como ocorre na versão para web.

Novos usuários devem acessar a opção Cadastrar para a realização de cadastro no banco de dados do aplicativo, onde deverão ser informados os mesmos dados exigidos no cadastro da versão web, dados como: nome, sexo, endereço, e-mail, celular, nome de usuário e senha.

Na Figura 17, são apresentadas as interfaces inicial e de cadastro para a versão móvel do aplicativo.

Figura 17: Interfaces inicial e de cadastro do aplicativo móvel



Fonte: o autor (2016)

3.3.2 MENU DE OPÇÕES

O menu de opções da versão móvel do aplicativo traz as mesmas ferramentas da versão web para usuários básicos, com a diferença de que na versão móvel existem duas ferramentas a mais, uma denominada Risks Radar, que será melhor descrita no item 3.3.2.4 deste trabalho e outra denominada Socorro Rápido que será descrita no item 3.3.2.5.

Na Figura 18 é apresentada a interface do menu de opções para a versão móvel do Radar Gris, onde além do logotipo do aplicativo são exibidos cinco ícones referentes as diferentes funcionalidades do software, que podem ser acessadas através de um simples toque na tela do smartphone.

Figura18: Interface do menu de opções do aplicativo móvel



Fonte: o autor (2016)

3.3.2.1 AJUSTES

O menu de ajustes da versão móvel traz todas as ferramentas do menu de ajustes da versão web do aplicativo, dispensando novas explicações para tais funções. Além destas, ele traz também o item de Notificações, que é exclusivo para a versão móvel.

Neste item se encontram as configurações disponíveis para o recebimento de alertas de risco, sendo o usuário impossibilitado de alterar as formas de notificação para os alertas vermelhos, aqueles de risco muito alto. As opções para notificação para alertas de riscos são três:

- Tom de notificação: permite ao smartphone a emissão de um som ao receber um alerta de risco;
- Vibrar: permite que o smartphone vibre ao receber um alerta de risco;
- Luz: permite que a tela do smartphone se ilumine ao receber um alerta de risco.

As interfaces dos menus de ajustes e notificações descritas acima são apresentadas na Figura 19.

Figura 19: Interfaces dos menus de ajustes e notificações do aplicativo móvel

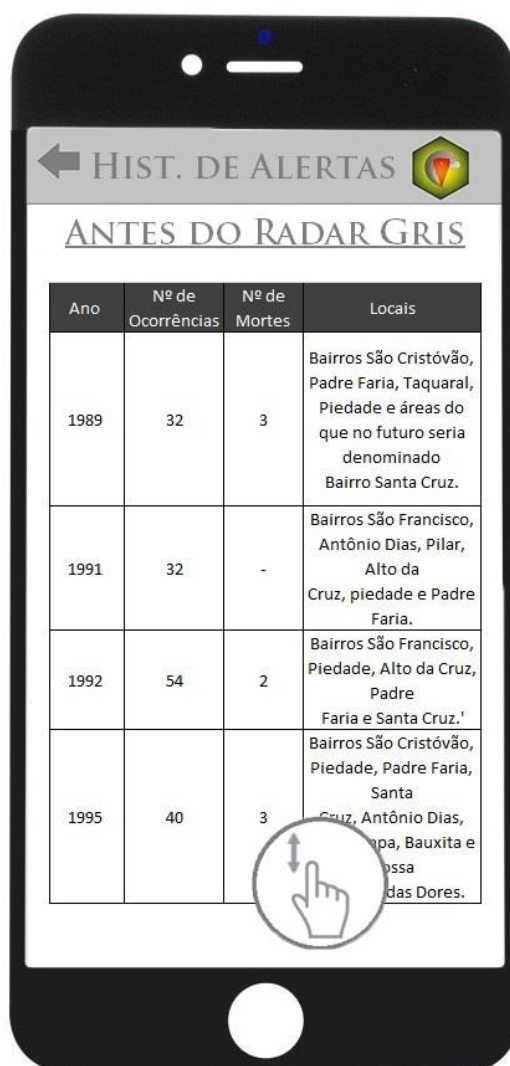


3.3.2.2 HISTÓRICO DE ALERTAS

A ferramenta de histórico de alertas não se difere muito da versão móvel para a versão web do aplicativo, com a diferença de que na versão web as tabelas com histórico de alertas são referentes à cidade de busca do usuário e na versão móvel referentes à cidade onde o usuário se encontra localizado por GPS.

Na Figura 20, é apresentada uma das interfaces do menu Histórico de Alertas, onde é exibida a tabela de histórico de alertas para antes da implementação do aplicativo, e assim como no exemplo do aplicativo web, os dados apresentados na tabela desta interface servem como exemplo de aplicação do software e constam de alguns dos registros de movimentos de massa na área urbana da cidade de Ouro Preto (Defesa Civil de Ouro Preto, 2010 *apud* Fontes, 2011).

Figura 20: Interface do menu de histórico de alertas para aplicativo móvel



The image shows a smartphone screen with the title 'HIST. DE ALERTAS' and a sub-header 'ANTES DO RADAR GRIS'. Below the header is a table with four columns: 'Ano', 'Nº de Ocorrências', 'Nº de Mortes', and 'Locais'. The table contains four rows of data. A hand icon with a double-headed arrow is overlaid on the bottom right of the table, indicating a scrollable list.

Ano	Nº de Ocorrências	Nº de Mortes	Locais
1989	32	3	Bairros São Cristóvão, Padre Faria, Taquaral, Piedade e áreas do que no futuro seria denominado Bairro Santa Cruz.
1991	32	-	Bairros São Francisco, Antônio Dias, Pilar, Alto da Cruz, piedade e Padre Faria.
1992	54	2	Bairros São Francisco, Piedade, Alto da Cruz, Padre Faria e Santa Cruz.'
1995	40	3	Bairros São Cristóvão, Piedade, Padre Faria, Santa Cruz, Antônio Dias, Bauxita e das Dores.

Fonte: o autor (2016); Fontes (2011) adaptado

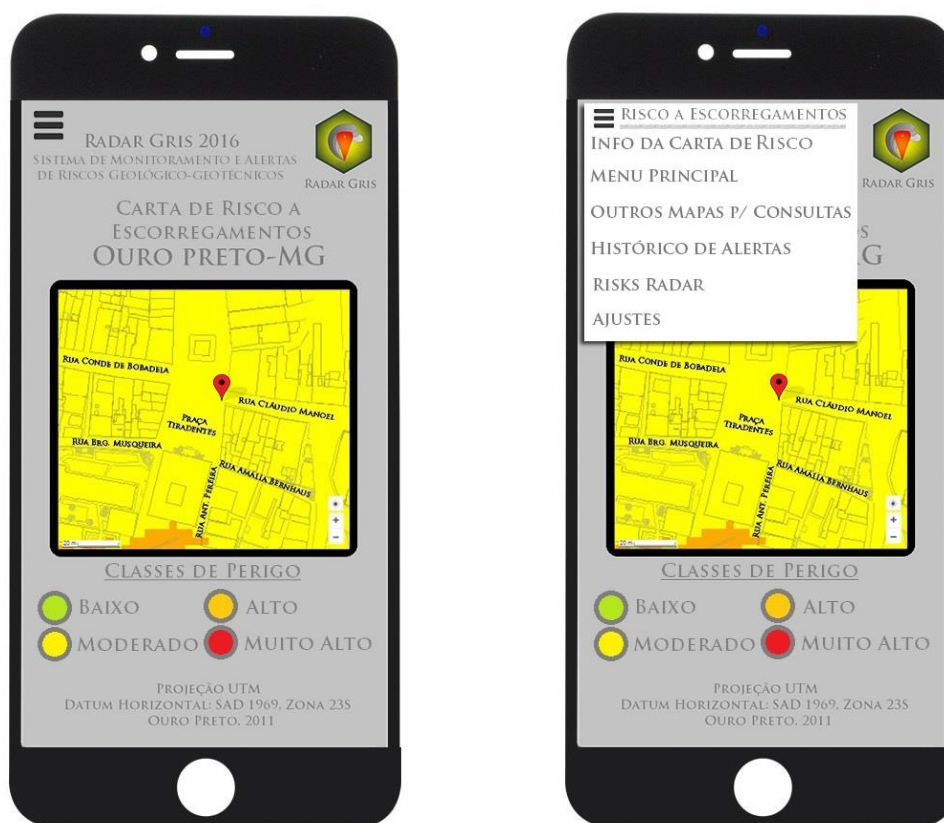
3.3.2.3 MAPAS PARA CONSULTAS

As funcionalidades dos mapas para consultas são praticamente as mesmas tanto para a versão web quanto para a versão móvel do aplicativo. A diferença é que na versão web o usuário deve selecionar a cidade a qual quer ter acesso aos mapas e na versão móvel, estando com o sistema GPS ativo, o usuário poderá se localizar nos mapas da região onde se encontra, desde que estes estejam disponíveis, podendo identificar com maior interatividade e agilidade:

- a geologia local através do mapa geológico;
- as condições de uso e ocupação através do mapa de uso e ocupação do solo;
- as classificações de risco a escorregamentos segundo o mapa de risco a escorregamentos.

A título de exemplo, são apresentadas, na Figura 21, as interfaces do aplicativo quando o mapa para consultas de risco a escorregamentos encontra-se ativo. O mapa de risco a escorregamentos da cidade de Ouro Preto/MG, desenvolvido por Fontes (2011) é utilizado aqui como exemplo de aplicação.

Figura 21: Interfaces do menu de mapas para consultas do aplicativo móvel



Fonte: o autor (2016); Fontes (2011) modificado

3.3.2.4 RISKS RADAR

Risks Radar é o nome dado à principal funcionalidade do aplicativo Radar Gris. É uma ferramenta disponível apenas para dispositivos móveis e necessita obrigatoriamente da ativação da localização por GPS para entrar em funcionamento.

A interface desta ferramenta é a mais complexa de todas as interfaces do aplicativo móvel, porém isto não a torna de difícil compreensão.





O mapa disponível nesta ferramenta é semelhante aos mapas utilizados por dispositivos de GPS, se tratando de um mapa de apresentação simples da cidade onde se encontra o usuário, onde são exibidos nomes de ruas, praças e edifícios importantes. Porém este mapa é na verdade uma sobreposição, invisível ao usuário, sobre o mapa de riscos a deslizamentos da região.

Na parte superior esquerda deste mapa estará disponível um ícone com as informações meteorológicas da região onde o usuário se encontra como, por exemplo, temperatura e probabilidade de chuva, enquanto na parte superior direita estará disponível a velocidade do vento.

Na parte inferior esquerda estarão as ferramentas de escala, zoom e posicionamento por GPS e na parte inferior direita estará disponível um ícone para a marcação de situações de risco, segundo observações do usuário, e que serão mais bem descritas a sequencia deste trabalho.

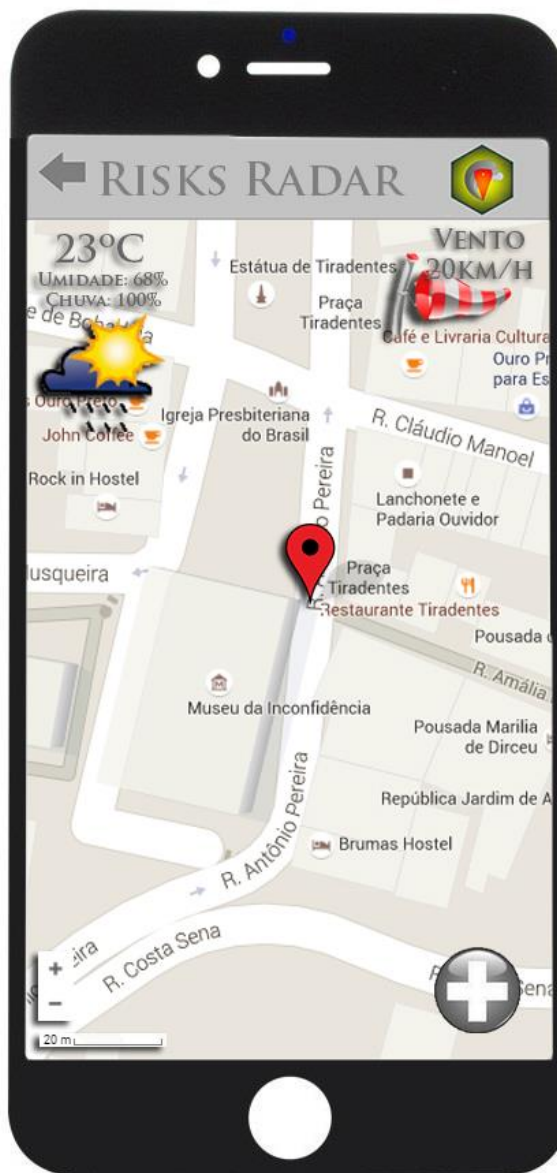
Para melhor compreensão da interface da ferramenta, é apresentada, no Quadro 6, a relação dos ícones utilizados por ela com suas respectivas funções.

Quadro 6: Lista de ícones presentes na interface da função Risks Radar

Ícone	Função	Ícone	Função
	A velocidade do vento é representada pelo desenho de uma biruta		Ícones de localização, ferramentas de zoom e escala.
	Umidade relativa do ar, probabilidade de chuva e temperatura são representados por desenhos climáticos.		O símbolo de adição representa o acesso às opções para marcação de riscos identificados pelo usuário do aplicativo.

É apresentada, na Figura 22, a interface Risks Radar do aplicativo, com a disposição de todos os ícones descritos anteriormente.

Figura 22: Interface Risks Radar do aplicativo móvel



Fonte: o autor (2016)

O ícone com o símbolo de adição permite a comunicação entre usuários, onde estes poderão alertar uns aos outros e à Defesa Civil sobre possíveis situações de risco identificadas por eles.

A cor do alerta emitido não fica a cargo do usuário, sendo esta definida pela interação entre o mapa do Risks Radar com o mapa de risco a escorregamentos da região. Quando o usuário pretende emitir um alerta ele não sabe o nível de risco a escorregamentos que sua posição no mapa tem, porém sua localização no Risks Radar classificará o alerta com a cor correspondente à sobreposição de sua localização no mapa de riscos a escorregamentos, ação que funcionará de forma oculta no aplicativo, como pode ser demonstrado pela Figura 23, que simula um alerta amarelo/moderado.

Figura 23: Demonstração do funcionamento de classificação de alertas no aplicativo móvel



Fonte: o autor (2016); Canil (2010) adaptado

Além da classificação do alerta, o usuário poderá informar o tipo de risco identificado por ele através de um menu simples com cinco opções de riscos pré-definidos e a opção Novo Risco, onde o usuário poderá informar qual o novo risco identificado por ele. Como o objetivo do Radar Gris é salvar vidas, riscos de origem não geológico-geotécnicas também podem ser comunicados pelos usuários.

A interface do Risks Radar com o menu de riscos aberto é apresentada na Figura 24.

Figura 24: Interface da ferramenta Risks Radar com o menu de riscos aberto



Fonte: o autor (2016)

Ao clicar sobre um dos alertas de risco disponíveis, um ícone de alerta é colocado sobre a posição local do usuário com sua respectiva cor de classificação, como foi explicado no Quadro 5 do item 3.2.3.

Usuários que passarem pelo local com alerta de risco ativo receberão uma notificação no smartphone caso alguma das opções de notificações esteja ativa.

O usuário poderá ignorar a notificação ou responder se a mesma é real ou falsa e após a confirmação de três usuários diferentes, a defesa civil municipal é acionada para verificar o incidente e, se necessário, emitir um alerta de risco mais

abrangente pelo Radar Gris Web ou por mensagens de texto e de voz a todos os telefones cadastrados.

A confirmação do alerta de risco pela defesa civil adiciona o mesmo ao histórico de alertas do aplicativo, sendo ela também a responsável pelo preenchimento de todas as informações da tabela de históricos e a única capaz de alterar dados caso sejam necessárias atualizações.

3.3.2.5 SOCORRO RÁPIDO

Se não são esmagadas imediatamente, as vítimas de deslizamentos de terra costumam apresentar hemorragias ou fraturas, empecilhos capazes de impedir a sobrevivência delas por um longo período de tempo, e a situação se agrava ainda mais se não existir ar o suficiente sob a terra e escombros no local do soterramento.

Devido às tantas funcionalidades oferecidas pelos smartphones, as pessoas estão sempre com estes nas mãos ou nos bolsos, então por que não utilizar os dispositivos móveis no auxílio ao socorro de vítimas de deslizamentos?

O aplicativo Radar Gris traz consigo uma ferramenta, chamada de Socorro Rápido, capaz de ajudar as pessoas que se encontram em situação de perigo e ainda vivas, esta ferramenta traz uma única opção, de ativação ou desativação, como pode ser visualizado na Figura 25.

Figura 25: Interface da ferramenta Socorro Rápido do aplicativo móvel



Ao ativar a ferramenta Socorro Rápido, o usuário concorda que os dados móveis e o serviço de GPS não poderão ser desligados.

A vítima pode pressionar o botão de volume do smartphone por um intervalo de tempo de oito segundos, que fará com que o dispositivo móvel emita um sinal sonoro de volume máximo ao mesmo tempo em que o aplicativo Radar Gris disponibiliza sua localização no mapa da ferramenta Risks Radar para todos os usuários do software, auxiliando assim no seu resgate.

3.4 BANCO DE DADOS DE MORADORES

A falta de interesse por parte da comunidade a assuntos geológico-geotécnicos dificulta a implementação de aplicativos para a emissão e recebimento de alertas de desastres naturais.

Tendo em vista o desinteresse de muitos, o aplicativo Radar Gris propõe algo diferente, a comunicação entre usuários e não usuários do software através do envio de alertas de risco por mensagens de texto e de voz.

Para receberem estes alertas, os moradores das cidades deverão ser cadastrados em um banco de dados do sistema Radar Gris, que pode ser realizado tanto pela defesa civil quanto pelas prefeituras municipais.

O cadastro consta do preenchimento de dados básicos dos moradores e a proposta é que este seja feito em campo, pois desta forma também será possível a divulgação do aplicativo, atraindo novos usuários.

Usuários avançados do Radar Gris Web tem acesso ao banco de dados dos moradores e podem enviar seus alertas a todos os telefones cadastrados no sistema do software, garantindo assim o envio de notificações ao maior número de pessoas possível.

No apêndice A é apresentado uma sugestão de modelo para a folha de cadastro dos moradores junto ao banco de dados do aplicativo.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

É de suma importância que os alertas de desastres geológico-geotécnicos cheguem à população de forma rápida e eficiente a fim de garantir a evacuação das áreas de risco antes mesmo que estas sejam atingidas por eventos mais desastrosos.

A intenção em se construir uma ferramenta capaz de gerenciar todas as áreas de risco de uma região em tempo real parte do pressuposto de que não existe nada mais valioso que a preservação à vida. Como foi apresentado ao longo de todo este trabalho, o foco de um sistema de alerta é a notificação ao maior número de pessoas possíveis sobre a ocorrência de um risco no menor espaço de tempo possível. Assim sendo, o sistema para análise e monitoramento de riscos geológico-geotécnicos Radar Gris se torna um diferencial importantíssimo para aquelas cidades que apresentam um histórico considerável de desastres ocasionados por escorregamentos de terra.

A concepção da interface web leva consigo toda uma necessidade de levar conhecimento e despertar o interesse geológico-geotécnico à população, onde as ferramentas para consultas são voltadas para a comunidade e apresentadas de forma simplificada e didática a todos os visitantes e usuários do aplicativo.

Já a interface móvel do Radar Gris tem grande apelo visual, com o objetivo de gerar um maior interesse nas pessoas sobre o uso e importância do aplicativo, atraindo assim mais usuários.

O aplicativo Radar Gris, além de salvar vidas, possibilita estudos para a atualização das cartas de riscos geológico-geotécnicos das regiões de sua aplicação, isto devido à geração do histórico de alertas que apresenta a localização e a classificação de alertas de riscos registrados com o software.

A ideia inicial de se discutir as necessidades de um aplicativo como o Radar Gris e a de se conceituar suas interfaces web e móvel foi atingida. Durante o processo de criação, diversos foram os pontos discutidos e analisados, sendo crucial para o processo a reflexão da relação de comunicação entre sociedade e poder público.

Posteriormente, pretende-se programar o aplicativo, utilizando uma linguagem de programação adequada, além de se estudar melhores métodos de interação entre as interfaces web e móvel e o banco de dados de moradores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das diversas ferramentas que compõe a emissão de alertas de riscos geológico-geotécnicos é fundamental para garantir a segurança da população, tornando a comunicação entre os gestores da defesa civil com a comunidade essencial para o desenvolvimento de ações de prevenção, mitigação e controle de desastres.

Este trabalho visa atender as demandas atuais de monitoramento das áreas de riscos, que tem seus condicionantes de perigo agravados devido às ocupações irregulares em áreas indevidas. O monitoramento destas áreas feito exclusivamente pela defesa civil se torna muitas vezes difícil, portanto, ferramentas onde a população possa interagir, notificando situações de risco, acabam facilitando o trabalho de atendimento e fiscalização.

Sendo assim, os objetivos conceituais propostos inicialmente foram atingidos de maneira satisfatória. O próximo passo é a formulação de um projeto mais consistente com a programação para as versões móveis e web do aplicativo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Alisson Wilker; AGRA, Ronaldo; MALHEIROS, Viviane. **Estudos de caso de aplicativos móveis no governo brasileiro**. Serpro – Serviço Federal de Processamento de Dados. 2013.

CANIL, K. **Áreas de Risco aos Processos de Escorregamentos no Município de Santos, SP: Análise e Indicadores de Vulnerabilidade**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, SP. 2010. Disponível em: <www.agb.org.br/evento/download.php?idTrabalho=4534>. Acesso em: 08 de março de 2016.

CARVALHO, C. S. & GALVÃO, T. (Org). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006 CASSETI, V. Ambiente e apropriação do relevo. São Paulo: Contexto, 1991. 136 p.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. **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

FONTES, M. M. M. **Contribuição para o desenvolvimento da metodologia de análise, gestão e controle de riscos geotécnicos para a área urbana da cidade de Ouro Preto**. Ouro Preto, 2011. P. 5-13.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf>. 2015. Acesso em: 07 de março de 2016.

LOBATO *et al.* **Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa.** 2005. Belo Horizonte: CODEMIG. 1 CD-ROM.

LOPES, E. S. S. **Modelagem espacial dinâmica em Sistema de Informação Geográfica – uma aplicação ao estudo de movimentos de massa em uma região da Serra do Mar paulista. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente.** Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (IGCE/UNESP), Rio Claro, 2006. 314p.

MACIEL, Priscila de Souza. **GerenciApp - Sistema integrado de controle e monitoramento do processo executivo em construção civil.** Escola de Minas – Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP. 2014.

MACEDO, Eduardo Soares de. **Desastres Naturais: Causas e Consequências.** Geociênc. (São Paulo) [online]. 2008, vol.27, n.1, pp. 137-139. ISSN 0101-9082.

MIRANDOLA, Fabrício Araújo; NOGUEIRA, Fernando Rocha; DE MACEDO, Eduardo Soares. **O PMRR (Plano Municipal de Redução de Riscos) como instrumento na Gestão Regional de Riscos Urbanos: o exemplo da região do ABC paulista.** 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Rio Grande do Sul, 2015.

MOTTA, Débora. **Sistema de alerta via SMS pode minimizar impactos de deslizamentos.** Disponível em: <<http://www.faperj.br/?id=1906.2.6>>. 2011. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro, RJ. Acesso em: 07 de março de 2016.

NOGUEIRA, F. R. **Gerenciamento de riscos ambientais associados a escorregamentos: Contribuição às políticas públicas municipais para áreas de ocupação subnormal.** São Paulo, 2002. 260p. Tese (Doutoramento). Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, 2002.

GOOGLE MAPS. **[Mapa da cidade de Ouro Preto/MG]**. [2016]. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-20.3859795,-43.502897,19z>>. Acesso em: 08 de março de 2010

ONU 2004. **Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives**. InterAgency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça, Disponível em: <www.unisdr.org> Acesso em: 07 de março de 2016.

PCMG. **Polícia Civil conclui primeiro inquérito do rompimento de barragem**. Disponível em : <<https://www.policiacivil.mg.gov.br/noticia/exibir/geral/186954>>. 2016. Acesso em: 07 de março de 2016.

REBELO, José Almeida Rebelo. **As Cartas Geológicas ao Serviço do Desenvolvimento**. 1999. Instituto Geológico e Mineiro. Lisboa, Portugal.

SAMSUNG. **Geo News Information**. Disponível em: <<http://www.samsung.com/geonews>>. 2014. Acesso em: 07 de março de 2016.

SANTOS, A. R. dos; MAGALHÃES, I. A. L.; FERRARI, J. L.; MOREIRA, T. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F.; EUGENIO, F. C.; JUNIOR, E. R. A.; SILVA, A. C.; PIMENTA, A. A. G., **O software SICADSEI 1.0 e suas aplicações como sistema de informação para cadastro das áreas de deslizamento de solo, enchentes e inundação**. Espírito Santo do Pinhal, 2012.

SILVA, Júlio César Lázaro Da. **Enchentes e deslizamentos de terra no Brasil: Principais Causas**. Brasil Escola. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terra-no-brasil-principais-causas.htm>>. 2013. Acesso em: 07 de março de 2016.

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, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do. **Desastres Naturais conhecer para prevenir**. Instituto geológico; São Paulo, 2009.

UNISDR. **The UN Office for Disaster Risk Reduction**. 2013. Disponível em: <<http://www.unisdr.org/we/inform/publications/31468>>, Acesso em: 07 de março de 2016.

VARNES, D.J. 1984. **Landslide Hazard Zonation: Review of Principles and Practice**. UNESCO Press, Paris.

APÊNDICE A



FOLHA PARA O CADASTRO DE MORADORES
 SISTEMA RADAR GRIS PARA ALERTA DE RISCOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS
 2016

LÍDER DA FAMÍLIA:	
TELEFONE FIXO:	
CELULAR:	
LOGRADOURO:	
BAIRRO:	
CIDADE/UF:	

Membro da Família	Telefone ou celular para contato

Já presenciou algum desastre natural? Este desastre teve vítimas fatais?

Conhece o aplicativo Radar Gris? O usaria? Por quê?
