

## **Análise de riscos associados a movimentos de massa na área central no município de Angra dos Reis – RJ**

Dennis Rodrigues da Silva<sup>1,2</sup>  
Marcos Barreto de Mendonça<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE  
dennisrodriguesdasilva@poli.ufrj.br

<sup>2</sup> Programa de Engenharia Ambiental / Universidade Federal do Rio de Janeiro–  
PEA/UFRJ  
Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Ilha do Fundão - Centro de Tecnologia - Bloco I -  
sala 203  
Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - CEP:21941-909  
mbm@poli.ufrj.br

**Abstract:** This work consists of making a risk analysis using as census data source the 2010 census, which was carried out under a new census unit through which it was possible to make more detailed analyzes: the court face, currently the smallest unit of census data collection used by IBGE (Brazilian Institute of Geography and Statistics). With processes that used satellite image interpretation and combinations between different mappings to generate a new base that allowed the association between susceptibility sectors and census data (court face and census tracts), a new mapping of susceptibility sectors was generated with census data. This research was applied in the central area of the municipality of Angra dos Reis - RJ, a municipality that constantly coexists with hazards like mass movements, which can lead to disasters for local communities. The results of this research were satisfactory. The use of court faces allowed a greater detail of the risk analysis, especially in the components of risk like vulnerability and exposure, in places that previously had under the same census sector the values of these generalized components - since in the same census sector there could be houses of urban patterns better than others, changing the values of vulnerability and exposure of this sector.

**Palavras-chave:** risk analysis, census data, susceptibility sectors, análise de risco, dados censitários, setores de susceptibilidade

### **1. Introdução**

As mudanças climáticas já tem algumas consequências são possíveis de serem vistas até mesmo no Brasil, como relatam Nobre et al (2010). Uma delas seria o aumento dos extremos climáticos, que podem acarretar em maiores e mais recorrentes eventos de, por exemplo, intensa pluviometria, principal agente deflagrador de movimentos de massas, aos quais estão associados que podem acarretar em desastres socioambientais naturais.

A cidade de Angra dos Reis, no sul do estado do Rio de Janeiro, convive com esses eventos, sendo o último com vítimas fatais em janeiro de 2010 (RODRIGUES, 2013). Expansão urbana sobre áreas de encostas susceptíveis a movimentos de massa, frequentes chuvas no período do verão e vulnerabilidades da população exposta são os atributos para que Angra dos Reis esteja frequentemente convivendo com possíveis desastres socioambientais.

Um dos desafios para que se possa realizar uma análise de risco que leve em conta todos componentes como vulnerabilidade (características e circunstâncias de uma comunidade ou sistema que as fazem suscetíveis aos efeitos de uma ameaça -(UNISDR, 2009)), exposição (número de pessoas (ou objetos) localizadas em áreas onde eventos perigosos ocorrem combinados com a frequência desses eventos potencialmente danosos, (UNDP, 2004)), e susceptibilidade (aqui neste trabalho considerada a probabilidade de acontecimento ocorrência de movimento de massa), é de associação

dos dados censitários com os dados de susceptibilidade, pois muitos estudos ainda utilizam os setores censitários, que podem generalizar resultados.

O Objetivo desta pesquisa é de apresentar um método fazer uma de análise de risco associado a movimentos de massa e sua aplicação para na área central do Município de Angra dos Reis, utilizando os dados censitários do Censo 2010, que foram disponibilizados recentemente num novo recorte censitário: a face de quadra.

## 2. Metodologia de Trabalho

O trabalho foi conduzido por uma metodologia que é explicada por cinco grandes procedimentos. Esses procedimentos são detalhados em cada subitem a seguir.

### 2.1 Procedimentos de agregação de dados

São os processos e resultados que permitiram gerar a correspondência entre os dados censitários e os dados de susceptibilidade.

Os dados iniciais para este procedimentos foram os dados do mapeamento de susceptibilidade, produzidos pela UFRJ (LACERDA et al, 2013) e Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro (SEA-RJ), e o mapeamento censitário do IBGE. Os dados censitários do IBGE utilizados neste estudo foram os setores censitários e as faces de quadra. Os setores censitários são os menores polígonos para divulgação de dados censitários do Censo. Já as faces de quadra são as menores unidades de coleta de informações, mas que não podem ter as informações divulgadas para não infringir o sigilo estatístico dos dados do IBGE (IBGE, 2014).

As faces de quadra são lados de uma quadra, que são contidas em um setor censitário. Aqui no estudo permitiram uma associação mais detalhada entre os setores de susceptibilidade e os dados censitários. Na figura 2 é mostrado como as faces de quadra permitem esse detalhamento dos dados.

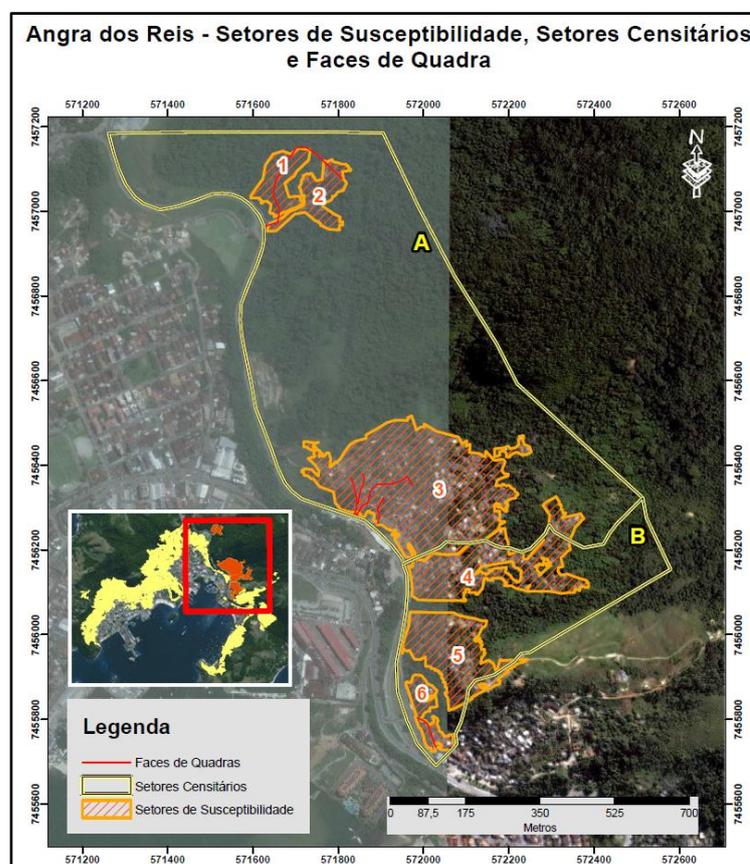


Figura 2: Disponibilização de dados censitários (setores censitários e faces de quadra) e os setores de susceptibilidade

No mapa acima, o setor censitário A contém os setores de susceptibilidade 1, 2 e 3. Caso os dados fossem associados aos setores censitários esses três setores de susceptibilidade teriam os mesmos dados censitários. Com as faces de quadra disponíveis para ambos os setores de susceptibilidade, é possível detalhar os dados censitários para os diferentes setores de susceptibilidade. Essa associação é possível através da criação de um novo mapeamento com feições que contenham tanto as feições censitárias (setores e face de quadra) e setores de susceptibilidade, seguindo estritamente a metodologia proposta de IBGE (2014).

Para ser compatível com a associação de dados censitários, já que haverá uma agregação setores de susceptibilidade (SS) por conta desse processo, há a diluição da classificação dos dados de susceptibilidade, que antes fora atribuído através do método heurístico pela COPPETEC (LACERDA *et al*, 2013). Os setores de susceptibilidade, com os dados censitários, ficaram como está exposto na Ffigura 3

Para buscar os novos valores de susceptibilidade foi aplicada para cada setor de susceptibilidade a Equação 1.

$$Susceptibilidade = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\text{Área do SS}_i}{\text{Soma das áreas de SS}_i \text{ em SS únicos}} * \text{Grau de Susceptibilidade} \quad (\text{Eq 1})$$

Os tratamentos com os mapeamentos foram feitos com o *software* ArcGIS 10.3, com apoio de imagens de satélite disponibilizadas pelo banco de imagens disponibilizados pelo *software*.

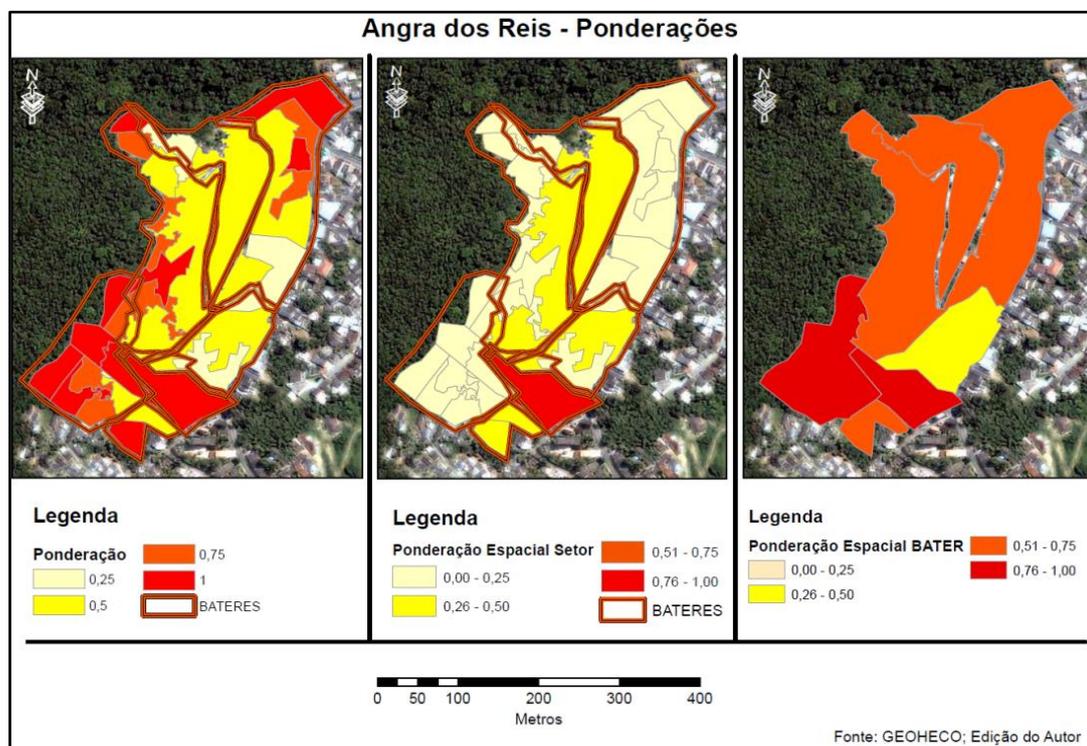


Figura 3: Diluição do grau de susceptibilidade em setores de susceptibilidades únicos

## 2.2 Procedimentos de tabulação de variáveis do Censo 2010

Procedimentos onde as variáveis do censo solicitadas foram disponibilizadas em uma tabulação gerada pela Diretoria de Informática do IBGE. Esse procedimento foi possível pela geração de uma tabela de correspondência (Tabela DePara) entre as feições censitárias e as feições criadas do novo mapeamento que agrega os setores de susceptibilidade e as feições censitárias.

## 2.3 Procedimento de cálculo de vulnerabilidade

Procedimentos de cálculos para obter as vulnerabilidades. Esses cálculos foram feitos com a tabela de variáveis disponibilizadas pela Diretoria de informática do IBGE. Esse procedimento foi realizado no *software* Excel 2013.

As variáveis utilizadas do Censo 2010 foram reunidas em grupos de variáveis que em seguida foram reunidas em tipos de vulnerabilidade. A organização do grupo de variáveis e os tipos de vulnerabilidade pode ser vista na tabela 1.

Tabela 1: Grupos e Tipos de Vulnerabilidade

Grupo de Vulnerabilidade	Tipo de Vulnerabilidade
Eletricidade	Física
Água	Física
Esgotamento Sanitário	Física
Coleta de Lixo	Física
Analfabetismo	Social
Razão de Dependência	Social
Tipo de Moradia	Social
Tipo de Posse da Moradia	Econômica
Renda	Econômica

Cada variável dentro de um grupo de variável recebeu um peso que variou de 0 a 1. Quanto mais a variável colabora para uma maior vulnerabilidade, maior será o seu peso.

Neste procedimento foram usadas três equações para medir a vulnerabilidade nos setores de susceptibilidade. A Equação 2, que serviu para calcular o valor do grupo de variável, pode ser vista abaixo.

$$\text{Valor do Grupo de Variável} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\text{Valor da variável do Censo 2010}}{\text{Soma dos domicílios ou moradores existentes}} * \text{peso} \quad (\text{Eq 2})$$

Já para totalizar o valor do tipo de variável foi utilizada a Equação 3, que segue abaixo.

$$\text{Tipo de Vulnerabilidade} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \text{Valor do grupo de variáveis de vulnerabilidade}}{\text{grupo de variáveis de vulnerabilidade}} \quad (\text{Eq 3})$$

Por fim, para achar o valor da vulnerabilidade no setor de susceptibilidade, foi utilizada a Equação 4, que é expressa abaixo.

$$Vulnerabilidade = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \text{Valor do tipo de vulnerabilidade}}{\text{número de grupo detipos de vulnerabilidade}} \quad (Eq 4)$$

Os cálculos foram realizados no *software* Excel 2013.

### 2.4 Procedimento de espacialização dos componentes de risco

Procedimentos onde os dados das componentes de riscos (susceptibilidade, vulnerabilidade e exposição) foram especializados em ambiente SIG. Este procedimento foi feito através da operação *Join Atributtes* do software ArcGIS 10.3, relacionando o mapeamento de Setores de Susceptibilidade e os dados das componentes de Risco aqui estudadas (susceptibilidade, vulnerabilidade e exposição).

### 2.5 Procedimentos de Matriz de Risco

Procedimentos onde os dados foram analisados para poder gerar o mapa com os graus de risco dos locais da área de estudo. As matrizes aplicadas para gerar o mapa de risco foram a matriz de consequência, que combina as componentes de vulnerabilidade e exposição; e a matriz de risco, que combinou os resultados da matriz de consequências e os valores de susceptibilidade. Com os valores das componentes fatiados, para facilitar no cruzamento entre esses valores, as respectivas matrizes podem ser vistas nas figuras 4 e 5, respectivamente.

Matriz Consequências		Vulnerabilidade		
		Baixa (0 a 0,4)	Média (0,4 a 0,7)	Alta (0,7 a 1)
Exposição	0 a 326 (baixa)	baixa	média	média
	327 a 828 (média)	baixa	alta	muito alta
	829 a 2280 (alta)	média	alta	muito alta

Figura 4: Matriz de consequências (vulnerabilidade X exposição)

Matriz Risco SxC		Causas (Susceptibilidade - S)			
		0 a 0,25 (baixa)	0,251 a 0,5 (média)	0,51 a 0,75 (alta)	0,751 a 1 (muito alta)
Consequências (C)	baixa	baixa	baixa	média	média
	média	baixa	média	alta	alta
	alta	média	alta	muito alta	muito alta
	muito alta	média	alta	muito alta	muito alta

Figura 5: Matriz de Riscos (consequências X susceptibilidade)

## 3. Resultados e Discussão

O primeiro resultado foi o mapa gerado pela matriz de consequência. Este mapa pode ser visto na figura 6. Em seguida é observada na tabela 2 a distribuição dos setores de susceptibilidade pela área de estudo

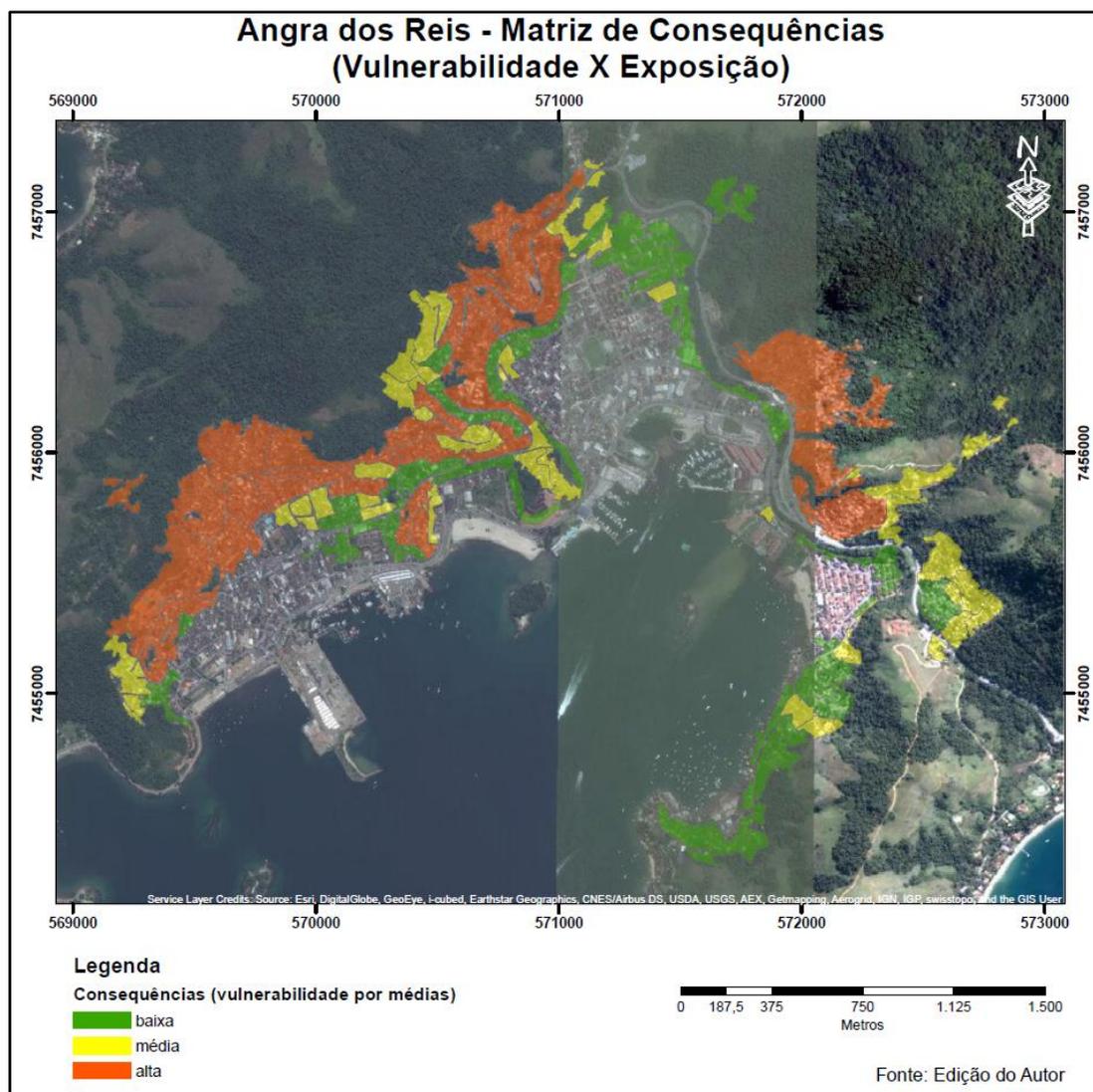


Figura 6: Mapa de Consequências dos setores de susceptibilidade

Tabela 2: Distribuição dos Setores de Susceptibilidade (SS) por classificação de Consequências

Classificação Consequências	Nº SS's	Área (ha)	% Área	População	% População
baixa	45	56,93	29%	6169	21%
média	41	41,24	21%	5835	20%
alta	25	98,36	50%	16895	58%
Total	111	196,53	100	28899	100

Pode ser observado que a maior parte da população e áreas de setores de susceptibilidade estão classificadas como alta consequências a relacionadas possíveis aos desastres associados a movimentos de massa, com metade da área nesta classificação e mais da metade da população nessa condição.

No que se refere ao mapa de risco, esse pode ser visto no mapa exibido na Figura 7. Em seguida é mostrada a Tabela 3, mostrando a distribuição dos setores de susceptibilidade por grau de risco.

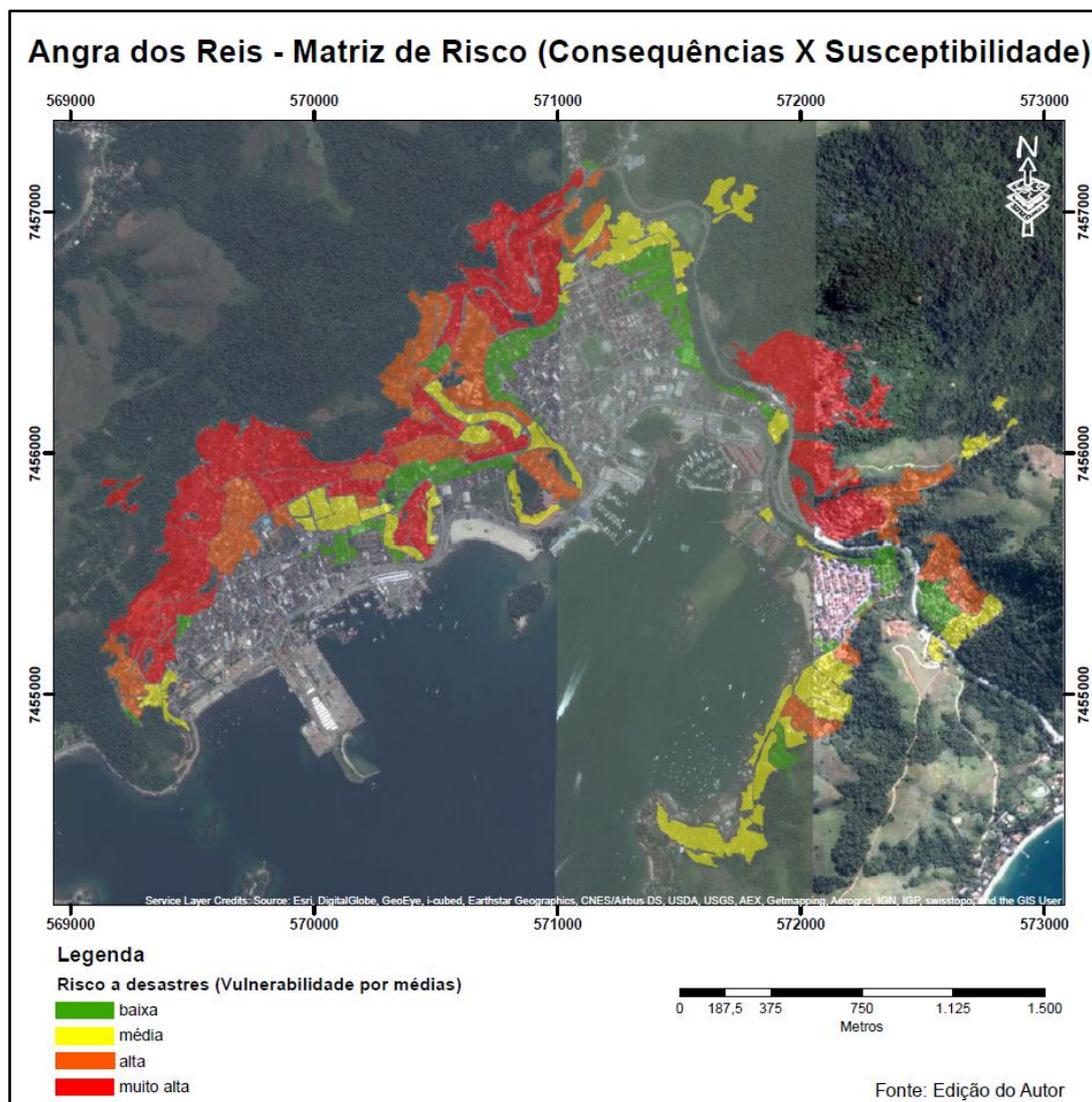


Figura 7: Mapa de Riscos dos setores de susceptibilidade

Tabela 3: Distribuição dos Setores de Susceptibilidade por classificação de Riscos

Classificação de Risco	Nº SS's	Área (Ha)	% Área	População	% População
baixa	31	29,85	15%	4019	14%
média	30	38,11	19%	4103	14%
alta	29	44,55	23%	6516	23%
muito alta	21	84,02	43%	14261	49%
Total	111	196,53	100%	28899	100%

Somando as classes de risco alta e muito alta, 63% e 72% de área e da população respectivamente estão em maiores riscos na área de estudo. Por interpretação das imagens é constatado que essas áreas, em sua maioria, são áreas em encostas que se assemelham a localidades de baixo padrão urbanístico, o que confirma uma maior fragilidade nessas áreas pelas carências em infraestrutura.

#### 4. Conclusões

As faces de quadra permitem um maior detalhamento na para análise de riscos. O uso desse novo nível de mapeamento censitário do IBGE pode auxiliar em melhores pesquisas não apenas em análises de risco, mas em outros usos (pesquisas de saúde pública, estudos de marketing etc).

As associações entre os setores de susceptibilidade sob novas unidades de mapeamento não apenas serviu para associar dados diferentes. É uma nova setorização que auxilia para uma melhor análise de risco.

As análises mostraram que a área de estudo tem problemas quanto a possíveis desastres naturais.

#### Agradecimentos

A Cordenação de Geografia, pela solicitação, e a Diretoria de Informática do IBGE pela preparação e cessão dos dados censitários para área de estudo deste trabalho. pela disponibilidade dos mapeamento mapas de susceptibilidade a movimentos de massa de Angra dos Reis.

#### Referências Bibliográficas

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Vulnerabilidade a Ameaças Naturais na Região Serrana do Rio de Janeiro no Contexto do Sistema e Monitoramento e Alerta – Relatório Metodológico**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014, 50 p.

Lacerda, W A; Coelho Netto, A L; Ehrlich, M. **Mapeamento de Áreas de Risco, Frente aos Deslizamentos de Encostas no Município de Angra dos Reis, RJ**. Rio de Janeiro: Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. 2013. 36 p.

Nobre, C; Young, A F; Marengo, J A; Saldiva, P H N; Nobre, A D; Moreira da Silva, G C; Alves Jr, S; Mombardo, M. **Vulnerabilidades das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo – Sumário Executivo**. São Paulo: ?, 2010. Disponível em <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo\\_megacidade.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/publicacoes/2010/SumarioExecutivo_megacidade.pdf)>. Acesso em 20.dez.2015.

Rodrigues, K P. **Método de Avaliação de Risco de Deslizamento Aplicado ao Morro da Carioca, Angra dos Reis - RJ**. 2013. 117p. Dissertação (mestrado) - UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Civil, 2013.

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). **2009 UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction 2009**. Geneva: United Nations Press, 2009. Disponível em [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf). Acesso em 23.agosto.2013.

United Nations Development Programme (UNDP). **Reducing Disaster Risk – A Challenge for Development**. New York: United Nations, 2004.161 p.