



III Congresso da Sociedade de Análise de Risco  
Latino Americana  
IPT, São Paulo, Brasil – 10 a 13 de Maio de 2016  
*“Desenvolvimento e Riscos no Contexto  
Latino-americano”*



## **Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Processos Geoambientais e Risco Potencial a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações na Área Urbana de Natal-RN)**

**1º Melquisedec Medeiros Moreira<sup>1</sup>, 2º Newton Moreira de Souza<sup>2</sup> e 3º Miguel Dragomir Zanic Cuellar<sup>3</sup>**

1 Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI INPE CRN, melquisedec@crn.inpe.br

2 Universidade de Brasília - Faculdade de Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, nmsouza@unb.br

3 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE CRN, miguel@crn.inpe.br

### **RESUMO**

A execução deste estudo consistiu de uma caracterização geológico-geotécnica em escala 1:25.000 de uma área costeira de 62km<sup>2</sup>. O mesmo foi desenvolvido a partir dos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço” do MCTI/INPE/CRN. Foram apontadas diretrizes para maximizar o aproveitamento integrado dos recursos hídricos da região: o aquífero Dunas-Potengi é tipicamente livre, com alta taxa de infiltração e boas condições de armazenamento e circulação de água; o aquífero Barreiras apresenta um comportamento, na grande maioria, sob condições de semi-confinamento. Os resultados apresentados na Carta Geotécnica de Suscetibilidade e Risco Potencial sintetiza um suporte técnico para o planejamento das ações governamentais de controle e proteção da população e infraestruturas urbanas e dos recursos naturais.

**Palavras Chave: Deslizamentos de Terra, Sistema de Informação Geográfica, Inundação, Água Subterrânea, JTC-1**

### **ABSTRACT**

This paper present an geotechnical characterization of geological units, on a scale of 1:25.000, of a coastal area of approximately 62 km<sup>2</sup>. It was carried out following the methods proposed by the “Guide to Zoning Susceptibility of Hazard and Risk in the International Technical Committee for Landslides (JTC-1)”. The research is being developed from the procedures and assumptions in the program "Building Our City Map Seen from Space", performed by the group of GIS INPE / CRN (Northeast Regional Center). Directives are also suggested to improve the integrated utilization of the water resources of the area and the sensible use of subterranean and surface water. The aquifer Dunas-Potengi, by its very nature lithologic and stratigraphic position, is typically free, with high infiltration rate and good storage conditions and water circulation. The results presented in the Geotechnical Map of Susceptibility and Risk evidence regions where occupation should be preceded by studies more detailed.

**Keywords: Landslides, GIS, Flood, Groundwater, JTC-1.**



**III Congresso da Sociedade de Análise de Risco  
Latino Americana**  
**IPT, São Paulo, Brasil – 10 a 13 de Maio de 2016**  
*“Desenvolvimento e Riscos no Contexto  
Latino-americano”*



## 1. INTRODUÇÃO

Existe hoje uma busca crescente por um espaço urbano em cidades litorâneas e o avanço do homem ocupando áreas consideradas de risco é comum, vindo com outros agravantes, como a má destinação do lixo e das águas pluviais, com consequente ampliação dos processos erosivos ao longo da zona costeira.

A execução deste estudo consistiu de uma caracterização geológico-geotécnica e de um reconhecimento das águas subterrâneas, em escala de semi-detalle 1:25.000, de uma área costeira de aproximadamente 62 km<sup>2</sup>, compreendendo parte do Município de Natal-RN, cujo objetivo principal foi a elaboração de mapas e cartas visando um melhor entendimento e o fornecimento de subsídios para a gestão ambiental. Como objetivos específicos tem-se a caracterização geológico-geotécnica das unidades geológicas, a definição dos aquíferos e das fontes de abastecimento d'água, enfocando principalmente as águas subterrâneas, explicitando as condições de uso e proteção e propondo diretrizes à exploração integrada das águas subterrâneas.

O mesmo está sendo desenvolvido a partir dos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1) inseridos no programa “Construindo Nosso Mapa Municipal Visto do Espaço”, realizado pelo grupo de Geoprocessamento do INPE/CRN. Nesta linha de pesquisa, procura-se integrar estudos relacionados às alterações geomorfológicas, provocadas pelas diferentes formas de ocupação do relevo, configurando-se na formação de depósitos tecnogênicos. Consistiu de trabalhos de escritório, de campo e de laboratório e recursos computacionais para o armazenamento e tratamento dos dados de investigação que compreendem recursos de geoprocessamento. Estes recursos poderão agilizar e viabilizar as atividades de levantamento, análise, finalização e posteriores atualizações das informações espaciais (Souza, 1994).

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

O trabalho de pesquisa apresentado consta de diferentes fases nas quais, com base nos procedimentos e premissas do Manual para o Zoneamento de Susceptibilidade de Perigo e Risco do Comitê Técnico Internacional para Deslizamentos (JTC-1), se busca obter subsídios para o desenvolvimento dos tópicos propostos de modo a atingir os objetivos do estudo. A execução do trabalho compreendeu cinco etapas a saber, que serão descritas a seguir: A) Levantamento e aquisição de informações pré-existentes e produtos de sensoriamento remoto; B) Fotointerpretação e estudo de perfis de poços e de sondagens geotécnicas; C) Etapa de campo; D) Etapa de ensaios de laboratório e campo; E) Etapa de confecção de mapas e cartas, e elaboração do texto final.

### 2.1. Área do Estudo Proposto

O Município de Natal está localizado no Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, entre os paralelos 36°42'53" e 37°15'11" de latitude sul e entre os meridianos 38° 35'52" e 34°58'03" de longitude oeste (Figura 1).

A área objeto da presente pesquisa consiste de aproximadamente 62 km<sup>2</sup>, constituindo um polígono, cujos extremos são limitados pelo retângulo envolvente com latitudes 9.350.071km N e 9.360.429km N e longitudes 250.821km E e 259.214km E. Os acessos aos principais afloramentos são principalmente pela rodovia denominada “Via Costeira”.

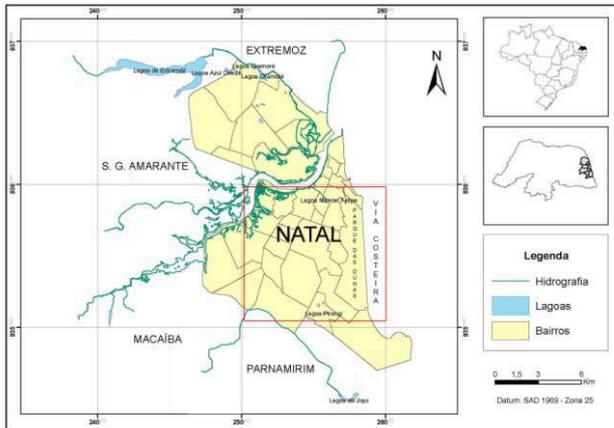


Figura 1. Localização aproximada da área de estudo destacada no retângulo.

## 2.2. Geologia Regional

A área de mapeamento está inserida na faixa sedimentar costeira oriental do Estado do Rio Grande do Norte, no contexto da sub-bacia Natal, pertencente à Bacia Pernambuco-Paraíba e Potiguar (Barbosa, 2004) (Figura 2). Na região adjacente à área de estudo, o embasamento cristalino é constituído por três terrenos distintos denominados, de norte para sul, de Terreno São José do Campestre, Terreno Alto Pajeú e Terreno Alto Moxotó (Santos, 1996). Esses terrenos são delimitados por grandes lineamentos e zonas de cisalhamento com direção predominantemente leste-oeste. Provavelmente, essas estruturas estendem-se sob a Formação Barreiras e sob os sedimentos cretáceos e paleogênicos das Bacias Pernambuco-Paraíba e Potiguar, adentrando pela margem continental adjacente.

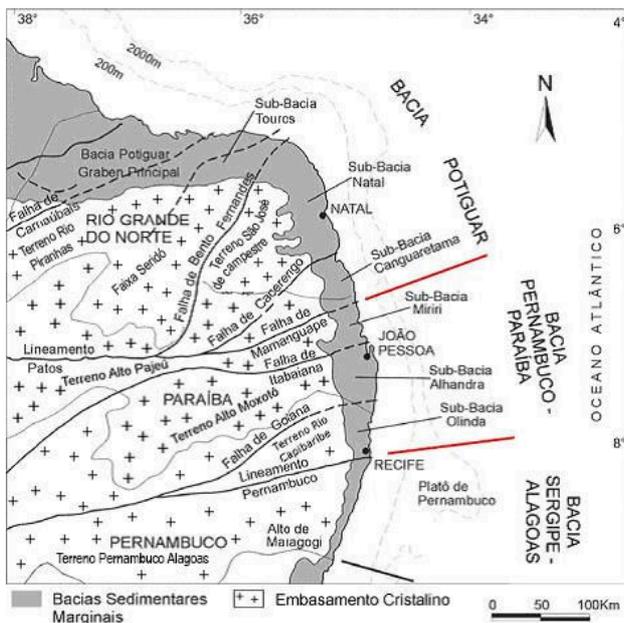


Figura 2 – Localização das Bacias Sedimentares Costeiras Pernambuco-Paraíba e Potiguar e sua divisão em sub-bacias. Modificado de Barbosa (2004).

## 2.3. Mapa de Materiais Inconsolidados

No que diz respeito aos aspectos geológicos, a área objeto de estudo constitui-se de nove unidades, sendo oito aflorantes e uma de idade mesozóica, detectada apenas em perfis de poços de captação de águas subterrâneas, representada por arenitos calcíferos e calcáreos, correlatos à Formação Guimarães da Bacia Potiguar. A unidade aflorante mais antiga consiste dos sedimentos da Formação Barreiras, seguido dos sedimentos da Formação Potengi e “Beachrocks”. Completando a estratigrafia da área (Tabela 1), têm-se os sedimentos de mangues e aluvionares, as areias de dunas descaracterizadas, dunas fixas e móveis, e os sedimentos praias; este último juntamente com os “beach-rocks” não são mapeáveis na escala do presente estudo (Figura 3).

Tabela 1. Coluna estratigráfica proposta para a área mapeada. Modificada (Duarte, 1995).

| ERA                                       | PERÍODO          | UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS                                    |                        |
|---|------------------|---|------------------------|
| C<br>E<br>N<br>O<br>Z<br>O<br>I<br>C<br>A | QUATERNÁRIO      | Sedimentos de mangue - Sedimentos praias - Dunas móveis         | Sedimentos aluvionares |
|   |                  | Arenitos praias ("Beach rocks") - Dunas fixas - Dunas arrasadas |                        |
|   | Formação Potengi |   |                        |
|   | TERCIÁRIO        | Formação Barreiras  |                        |
| M<br>E<br>S<br>O<br>Z<br>O<br>I<br>C<br>A | CRETÁCEO         | Formação Guimarães  |                        |

A Formação Potengi, na região de Natal (Figura 3), caracteriza-se por uma fácies arenítica, de granulometria mal selecionada, de cor avermelhada, e caracteriza-se por apresentar materiais residuais com pouca argila devido à lixiviação intensa (Moreira, 1996).

Os sedimentos de mangues são encontrados ao longo da planície de inundação do rio Potengi e consistem de areias finas argilosas e localmente argilas de cor cinza clara; observa-se ainda a presença de grande quantidade de bioclastos recentes. Sob esses sedimentos verificou-se a ocorrência de sedimentos aluvionares de coloração acinzentado a esbranquiçado, de granulometria areia fina a média.

As dunas descaracterizadas compreendem áreas testemunhos de antigas dunas, que foram parcialmente destruídas por atividades de terraplanagem com fins de ocupação urbana. São caracterizadas por areias finas a médias amareladas, cremes, avermelhadas, localmente acinzentadas a marrom, quartzosas, com minerais máficos.

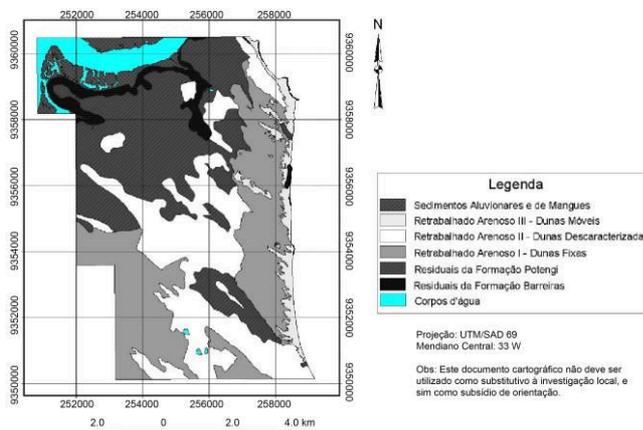


Figura 3. Mapa de Materiais Inconsolidados.

As dunas fixas são depósitos eólicos com cobertura vegetal, distribuindo-se numa faixa paralela ao litoral, apresentando direção predominante SE-NW; consistem de areias quartzosas de coloração amarelada e branca com boa seleção granulométrica entre areia média e fina.

As dunas móveis, compreendem os depósitos provenientes da ação eólica nos sedimentos praias, caracterizados por areias quartzosas bem selecionadas, brancas, amareladas a cremes, localmente acinzentada a marrom (devido à matéria orgânica), granulometria média a fina, sendo evidenciado que localmente e superficialmente ocorrem grãos de tamanho de areia grossa e grânulos.

## 2.4. Mapeamento de Risco

O Programa de Redução de Riscos (Ministério das Cidades, 2007), propõem uma metodologia para mapeamento de áreas de risco de enchentes e inundações elaborado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica - IPT - que segue os seguintes passos: a) identificação e delimitação preliminar de área de risco em fotos aéreas de levantamentos aerofotogramétricos, imagens de satélite, mapas, guias de ruas, ou outro material disponível compatível com a escala de trabalho; b) identificação de área de risco e de setores de risco (setorização preliminar) em fotos aéreas de baixa altitude (quando existir); c) levantamentos de campo para setorização (ou confirmação, quando existir a pré-setorização), preenchimento da ficha de cadastro e uso de fotos de campo.

Há vários enfoques para se chegar a um mapeamento de riscos de escorregamentos. Cada país, e, dentro de cada país, cada grupo, adota metodologias semelhantes, mas com detalhes que as diferenciam, dando produtos às vezes bastante diferentes. Foi com o intuito de padronizar uma metodologia que pudesse ser adotada universalmente que o Comitê Técnico Unificado de Escorregamentos de Terra e Taludes de Engenharia (JTC1 – “Joint Technical Committee 1 – Landslides and Engineered Slopes”, da ISSMGE, IAEG e ISRM) decidiu firmar um documento, com o consenso de especialistas das três entidades internacionais – de Mecânica dos Solos, de Geologia de Engenharia e de Mecânica das Rochas -, que definisse os passos a serem tomados em um Mapeamento de Risco. Desta forma, elaborou-se um “Manual para o zoneamento de susceptibilidade de perigo e risco de deslizamento para o planejamento de uso do solo” (Fell et al., 2008), que foi publicado em um número especial da revista Engineering Geology juntamente com vários outros artigos nesta mesma temática.

## 3. CARTA DE SUSCETIBILIDADE A PROCESSOS GEOAMBIENTAIS E RISCO

Na elaboração da Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Processos Geológicos e Risco Potencial (Figura 4), avaliaram-se: tipo de material inconsolidado, características do substrato geológico, características geomorfológicas, profundidade do nível d’água do aquífero Dunas-Potengi, existência de esgotos domésticos e Carta de Declividade, onde se constata que boa parte da área de Natal apresenta Risco Potencial a Inundações médio e alto.

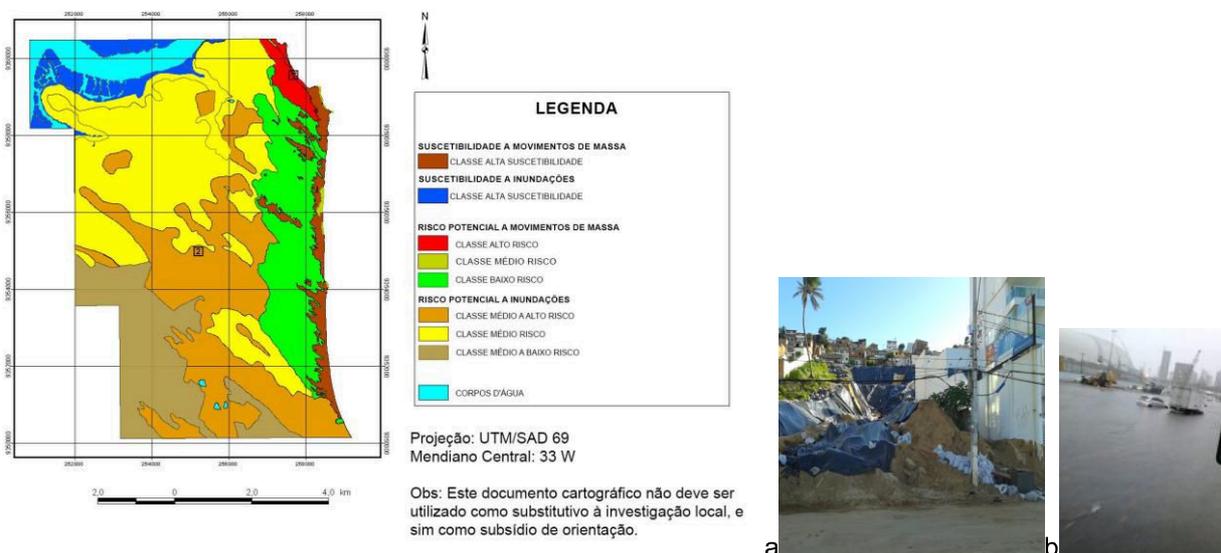


Figura 4. Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Processos Geoambientais e Risco Potencial a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações. Notar Área 1, que corresponde à localização da Figura 4a e a área 2, que corresponde à localização da Figura 4b.

Foram mapeadas duas áreas que correspondem a Alta Suscetibilidade, a área “Alta Suscetibilidade a Movimentos de Massa” correspondente as dunas móveis, que se distribui numa faixa paralela ao litoral, apresentando declividades em termos percentuais variando de 3 a 8%, 8 a 20% e maior que 20%, e a área de “Alta Suscetibilidade a Inundações” no vale aluvial, correspondente aos sedimentos de mangue na região adjacente ao rio Potengi. Em ambos os

casos não há correspondência com Alto Risco Potencial, em virtude da baixa vulnerabilidade, pois é praticamente ausente os elementos em risco.

Destacam-se com menor Risco Potencial a Movimentos de Massa o setor leste (depósitos de dunas fixas – “Baixo Risco Potencial”), correspondendo aos depósitos de dunas fixas que se encontram recobertos naturalmente por vegetação, chegando a atingirem 120m de altitude.

Os materiais residuais da Formação Potengi, com declividades maiores que 8%, onde esses são encontrados com elevado grau de coesão e consolidação e alta porcentagem de finos, são classificados como “Médio Risco Potencial a Movimentos de Massa”. Sendo a área “Alto Risco Potencial a Movimentos de Massa”, correspondente as dunas móveis ocupadas por Habitações Precárias, que distribui-se numa faixa paralela ao litoral na Região de Mãe Luiza, apresentando declividades em termos percentuais variando de 3 a 8% e maior que 20%.

No geral o Risco Potencial a Inundações é menor nas áreas de tabuleiros (“Médio Risco Potencial”), com espessuras da zona não saturada da ordem de 8 a 15 metros, e aumenta no sentido das Dunas Descaracterizadas (“Médio a Alto Risco Potencial”). Destacam-se com menor Risco Potencial a Inundações, o Setor Sudoeste (San Vale – “Médio a Baixo Risco Potencial”).

Nas depressões, cujas cotas são inferiores a 30 metros, as espessuras da zona não saturada são da ordem de 3 a 8 metros. Quanto mais próxima da superfície do terreno está à superfície freática, tanto maior é o Risco Potencial a Inundações (Figuras 4a e 4b).

#### 4. CONCLUSÕES

Durante ou após a estação chuvosa, as dunas mostram-se saturadas em água, com exposição da superfície piezométrica da unidade aquífera Dunas-Potengi na forma de lagoas, podendo causar inundações. Desta forma, sugere-se a infiltração das águas pluviais nos próprios lotes, possibilitando a redução de vazões de pico a valores compatíveis com os encontrados antes da urbanização.

Os resultados apresentados na Carta de Suscetibilidade e Risco Potencial sintetiza um suporte técnico para o planejamento das ações governamentais de controle e proteção da população e infraestruturas urbanas e dos recursos naturais, na medida em que identifica áreas mais susceptíveis e que não devem ser ocupadas para não se tornarem áreas de risco bem como mostra o atual panorama do risco potencial de movimento gravitacional de massa e inundação.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA, J. A. Evolução da Bacia Paraíba durante o maastrichitiano-paleoceno – Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Dissertação Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, UFPE, Recife. 2004.
- DUARTE, M. I. de M. Mapeamento Geológico e Geofísico do Litoral Leste do RN: Grande Natal (Área 1). Rel. Grad, UFRN-DG. (Inédito). 1995.
- FELL, R., COROMINAS, J., BONNARD, C., CASCINI, L., LEROI, E. & SAVAGE, B. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. Engineering Geology 102, pp. 85-98. Strategy for Disaster Reduction (ISDR). Secretariat. 2008.
- MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura – organizadores, Brasília - DF. 2007.
- MOREIRA, M. M. Mapeamento Geotécnico do Município de Natal-RN e Áreas Adjacentes, Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM-028A/96, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Universidade de Brasília, Brasília-DF. 148p. 1996.
- SANTOS, E. J. Ensaio preliminar sobre terrenos e tectônica acrescionária na Província Borborema, In: SBG, CONGR. BRAS. GEOL., 39, Salvador, **Anais...**, 6:47- 50. 1996.
- SOUZA, N. M. Contribuição à cartografia geotécnica com uso de geoprocessamento: sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, Tese de Doutorado, EESC/USP, São Carlos - SP. 2 V., 189p. 1994.