



**MAPA GEOTÉCNICO DE SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS NO
BAIRRO AGRONOMIA - PORTO ALEGRE-RS**

Porto Alegre, 2015

LEONARDO VERRAN LEITE

**MAPA GEOTÉCNICO DE SUSCETIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS NO
BAIRRO AGRONOMIA - PORTO ALEGRE-RS**

Projeto apresentado como requisito para aprovação da disciplina Projeto Temático III do curso de graduação em Geologia, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Clóvis Gonzatti

Porto Alegre, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso “**Mapa Geotécnico de Suscetibilidade a Escorregamentos no Bairro Agronomia - Porto Alegre-RS**”, elaborado por “LEONARDO VERRAN LEITE” como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Luiz A. Bressani

Marcos A. Freitas

Nelson A. Lisboa

“Continuous effort - not strength or intelligence - is the key to unlocking our potential.”

Winston S. Churchill

RESUMO

O crescimento das cidades brasileiras, historicamente, acontece de maneira desordenada e carente de política habitacional e planejamento, o que muitas vezes resulta em ocupações irregulares em áreas de morros e encostas. O presente trabalho teve como principal objetivo realizar o levantamento geológico–geotécnico das características físicas e ambientais da área localizada no entorno da Avenida Bento Gonçalves, na altura do Terminal Antônio de Carvalho, situado no Bairro Agronomia em Porto Alegre – RS, assim como investigar e quantificar a possível suscetibilidade à erosão e escorregamento causados por eventos naturais ou antrópicos das encostas locais, estando elas ocupadas ou não, e, por fim, classificar a região estudada de acordo com a suscetibilidade apresentada e elaborar uma carta de suscetibilidade geológico-geotécnica da área estudada. Para a determinação e avaliação do potencial de suscetibilidade foi utilizada uma metodologia qualitativa adaptada às características geológico-geotécnicas das áreas e às recomendações do Programa de Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários, do Ministério das Cidades.

Palavras-Chave: Geologia de Engenharia, Geotecnia, Cartas Geotécnicas, Áreas de Risco, Porto Alegre

ABSTRACT

The growth of Brazilian cities historically happens in a disorganized and lacking way to housing policy and planning, which often results in irregular occupations in areas of hills and slopes. This study aimed to carry out geological and geotechnical survey of the physical and environmental characteristics of the area located in the vicinity of Avenida Bento Gonçalves, at the time of Terminal Antonio de Carvalho, located in the neighborhood Agronomy in Porto Alegre - RS, as well as investigate and quantify the possible susceptibility to erosion and slippage caused by natural or man-made events of local slopes, as they were occupied or not, and ultimately classify the study area according to the susceptibility presented and draw up a letter of geological and geotechnical susceptibility of the studied area. For determining susceptibility and potential assessment it was used a qualitative methodology adapted to the geological and geotechnical characteristics of the area and the recommendations of the Program for Prevention and Eradication of Risk in Precarious Settlements, the Ministry of Cities.

Keywords: Engineering Geology, Geotechnics, Geotechnical Maps, Risk Zones, Porto Alegre

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Delimitação da área de trabalho - Bairro Agronomia - Porto Alegre-RS	11
Figura 2: Mapa de pontos de coleta de amostras de solo	15
Figura 3: Mapa de Curvas de Nível de Porto Alegre	17
Figura 4: Mapa de Elevação.....	18
Figura 5: Mapa de Declividades	19
Figura 7: Mapa de Solos do município de Porto Alegre	29
Figura 8: Mapa de Solos de Porto Alegre-RS (Modificado de Phillip et al, 2002).....	30
Figura 9: Cambissolo Háplico da área de estudo	36
Figura 10: Mapa Litológico (CPRM)	37
Figura 11: Fluxograma com as etapas do trabalho	38
Figura 12: Relação do Risco com a Área Total do Projeto.....	43
Figura 13: Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Escorregamento da Área de Estudo (Bairro Agronomia)	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Ficha de Levantamento dos Fatores para Avaliação do Potencial de Suscetibilidade das Encostas.....	23
Tabela 2: Tabela de Grau de Risco.....	24
Tabela 3: Descrição geral da área de ocorrência e tipos de solo do Município de Porto Alegre.	34
Tabela 4: Termos e Conceitos da Análise de Suscetibilidade Segundo ZUQUETE 1993.	40
Tabela 5: Listagem final do Grau de Suscetibilidade por Setores do Bairro Agronomia.....	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Caracterização do Problema	9
1.2. Justificativa	10
1.3. Objetivos e Metas	10
2. ESTADO DA ARTE	12
3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	13
3.1. Observação Remota	14
3.1.1. Imagem de Satélite	14
3.1.2. Mapa de Curvas de Nível de Porto Alegre	16
3.2. Observação “ <i>In Situ</i> ”	20
3.3. Observação Visual/Tátil	20
3.4. A Classificação do Grau de Suscetibilidade	21
4. APLICAÇÕES NA LINHA TEMÁTICA DO PROJETO	25
5. RISCOS E DIFICULDADES	26
6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	26
6.1. Fonte de Recursos	27
7. A ÁREA DE ESTUDO	28
7.1. Porto Alegre e o Bairro Agronomia	28
7.2. O Mapeamento das Unidades de Solos de Porto Alegre	28
7.3 O Mapa de Solos de Porto Alegre	29
7.4 As Unidades de Solo Mapeadas em Porto Alegre (Phillip <i>et al</i> , 2002 e CPRM 2006)	31
8. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	34
8.1 O Solo da Área de Estudo	36
9. ANÁLISE DO POTENCIAL DE RISCO NA ÁREA DE ESTUDO	38
9.1 Conceitos e Classificação de Suscetibilidade	39
9.2 Aplicação do Modelo	41
10. RESULTADOS E ANÁLISE	41
11. CONCLUSÕES	45
BIBLIOGRAFIA	46

1. INTRODUÇÃO

Os inúmeros desastres causados anualmente por eventos naturais no Brasil, principalmente em áreas onde há ocupação desordenada e sem o uso de técnicas de construção adequadas, vêm deixando claro a grande necessidade de que sejam realizados maiores estudos sobre a referida questão. Através dos dados produzidos por esses estudos é possível, juntamente aos órgãos governamentais, elaborar planos de prevenções contra futuros novos desastres. A Lei Federal de Nº 10.257, de julho de 2001, denominada de Estatuto da Cidade, tem por objetivo organizar a expansão urbana através de políticas que visem regular o desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes.

Para buscar controlar a ocupação de áreas instáveis, é essencial o conhecimento da situação geológico-geotécnica local, identificando os processos e os parâmetros envolvidos. É, da mesma maneira, imprescindível a obtenção de dados sobre a suscetibilidade do meio e a representação dos mesmos em mapas de risco. Para o estudo de áreas já ocupadas, é preciso levar em consideração o elemento da vulnerabilidade, que indica as perdas materiais e socioambientais decorrentes das ocupações.

1.1. Caracterização do Problema

No ano de 2013 foi concluído o estudo da CPRM que avaliou as áreas de Alto ou Muito Alto Risco no município de Porto Alegre/RS e concluiu que a cidade possui 118 setores de Risco Alto e Muito Alto, estando muitos deles ocupados irregularmente. O estudo foi um trabalho da CPRM dentro do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais com o objetivo de levantar informações geológico-geotécnicas atualizadas e qualificadas a fim de aprimorar as ações de prevenção. A metodologia usada pela CPRM consistiu na observação da topografia local, do escoamento de águas, das condições das construções locais e

do terreno ao seu redor, da medição da declividade do terreno, além de indícios de processos desestabilizadores dos terrenos ou possibilidades de inundação.

Com esse novo estudo, em uma área considerada de Risco Alto a Muito Alto foi possível, através do uso de ferramentas diferentes das usadas pela CPRM, como análises qualitativas e quantitativas de suscetibilidade a escorregamentos e interpretação de mapas temáticos, segmentar a região e realizar um trabalho mais detalhado, capaz de acrescentar informações úteis aos estudos já existentes para melhor classificação dos riscos da área abordada no presente projeto e que acabou por confirmar os resultados encontrados pela CPRM no local.

1.2. Justificativa

O Estatuto da Cidade estabeleceu normas de interesse público e social onde, nas cidades com populações maiores que vinte mil habitantes, era obrigatória a aprovação do Plano Diretor até o ano de 2006, que foi a ferramenta básica da política de desenvolvimento e de expansão urbana. De acordo com um estudo da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), encontram-se, em situação de risco, 11.109 moradias e 44.436 pessoas no município de Porto Alegre/RS. Dessa maneira, é de suma importância que seja realizado o mapeamento geológico-geotécnico das áreas de risco a fim de fornecer diretrizes técnicas para o Plano Diretor de acordo com as características físicas e sociais de cada município.

1.3. Objetivos e Metas

A meta geral do trabalho foi entender as características físicas da área de risco em questão, como declividade das encostas, coesão do solo e densidade de vegetação, com o objetivo de quantificar detalhadamente a suscetibilidade a desastres naturais presente no local.

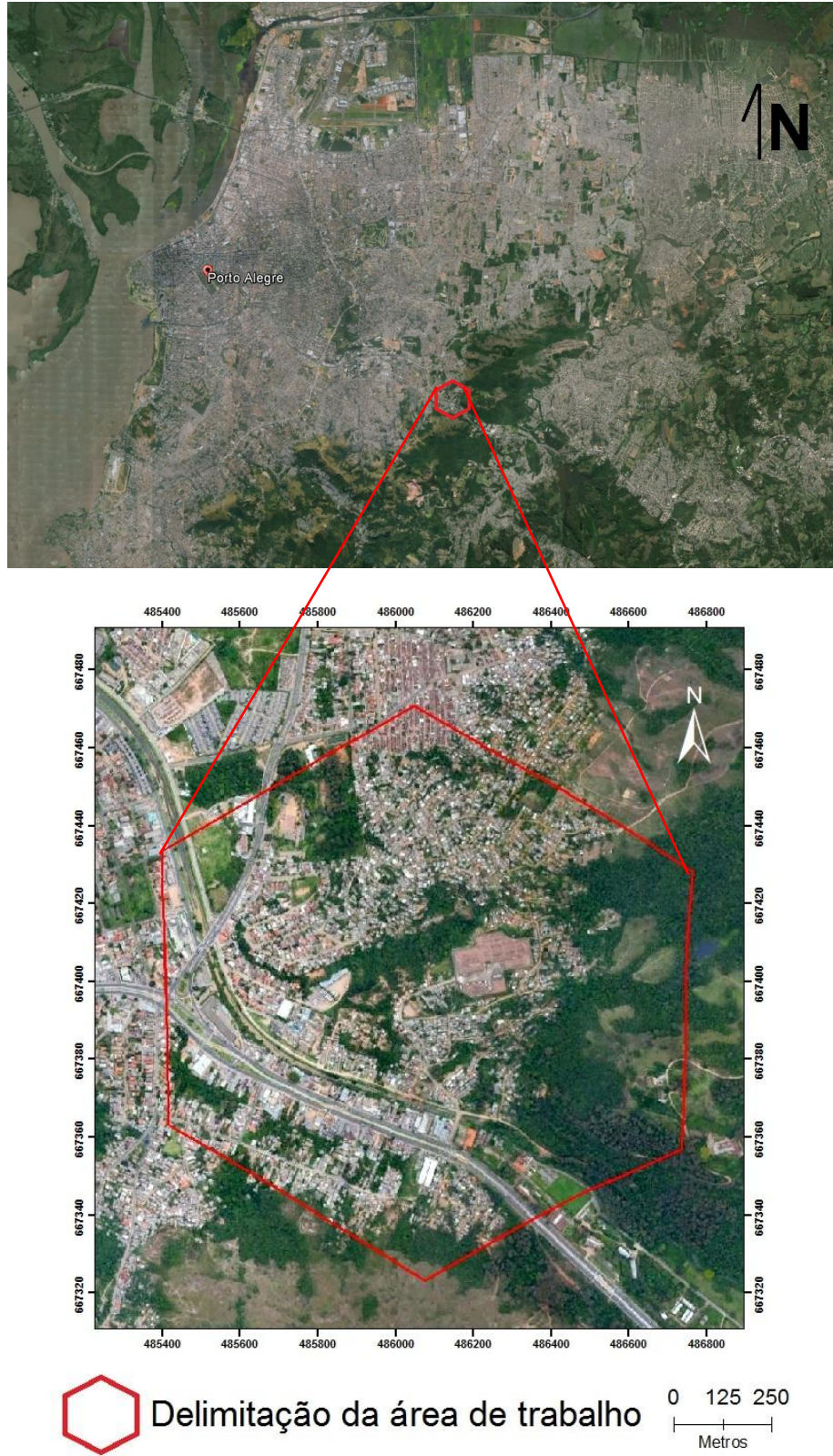


Figura 1: Delimitação da área de trabalho - Bairro Agronomia - Porto Alegre-RS

2. ESTADO DA ARTE

A fim de reduzir significativamente as fatalidades humanas e perdas materiais decorrentes dos desastres naturais, o Governo Federal, em ação comandada pela Casa Civil da Presidência da República em conjunto com os Ministérios da Defesa, Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério das Cidades, Ministério de Minas e Energia e o Ministério da Integração Nacional, estabeleceu convênios para que fosse realizado em todo o país o diagnóstico e mapeamento das áreas com potencial de Risco Alto a Muito Alto.

O programa foi executado pela CPRM, com duração de quatro anos. O projeto teve início em novembro de 2011 em áreas escolhidas pela Defesa Civil Nacional com o objetivo de mapear, classificar e descrever as situações com potencialidade para Risco Alto e Muito Alto.

No município de Porto Alegre/RS, os trabalhos de campo foram realizados entre outubro de 2012 e junho de 2013 com o apoio da SMAM através do PAR – Programa de Áreas de Risco e da Defesa Civil Municipal. A equipe da PAR-SMAM indicou os locais avaliados como sendo de Risco Alto e Muito Alto para deslizamentos, queda de blocos, solapamentos de margem, inundações e enxurradas. Dessa maneira, foram identificados, no total, 118 setores de Risco Alto e Muito Alto no município de Porto Alegre/RS, predominando áreas suscetíveis a inundações e deslizamentos.

Os casos mais críticos foram observados em lugares onde predominou a ocupação desordenada e carente de planejamento. Nestes setores existem dois tipos principais de ocorrências: escavações de encostas naturais, desestabilizando-as ao iniciar construções de casas sem o tratamento do talude de corte, e o outro tipo principal de ocorrência caracteriza-se pela ocupação das margens dos arroios.

Quanto à área que foi abordada neste trabalho, ela é caracterizada por construções de casas à beira de talude de frente de lavra de extração de material de empréstimo e devido à proximidade do talude, essas casas sofrem com uma alta suscetibilidade a deslizamento e, assim sendo, possuem grandes chances de serem atingidas por quedas de árvores e blocos de rochas, como já houve casos no local. Ao delimitar a área, a CPRM concluiu que no local existem aproximadamente 11

casas em situação de risco, assim como cerca de 40 pessoas que as habitam. As sugestões dadas pela CPRM para evitar futuros danos decorrentes de deslizamentos na área são: a realização de obras de contenção da encosta, um programa de delimitação da ocupação nas proximidades do talude através de placas de sinalização e cercas e a evacuação preventiva em períodos de eventos climáticos extremos.

3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

BOLT *et al.* (1975) determina duas maneiras para estabelecer o grau de risco geológico-geotécnico em uma área, sendo elas: a análise probabilística (quantitativa), através da definição da probabilidade de ocorrência do evento geológico-geotécnico, em um intervalo de tempo específico - *risco probabilístico*; e a análise relativa (qualitativa), através da comparação entre as situações de riscos identificadas, sem o uso de cálculos probabilísticos relacionados à ocorrência - *risco relativo*.

No presente trabalho, a metodologia de estudo usada foi a desenvolvida por GUSMÃO FILHO *et al.* (1992). Trata-se de um método índice, por usar um índice numérico relacionado a cada fator observado; e de análise relativa, onde compara-se as situações de suscetibilidade sem cálculos probabilísticos tendo, porém, resultados de caráter qualitativo.

3.1. Observação Remota

3.1.1. Imagem de Satélite e Fotografias Aéreas

Trata-se da primeira etapa prática do projeto, onde foram levantados todos os dados pertinentes à pesquisa que poderiam ser obtidos de maneira remota. Através do uso de imagem de satélite da área de estudo (imagem do Google Earth, tirada em 2013), juntamente com as fotos aéreas da região, foram calculadas a Densidade Vegetacional e a Área Construída da região, que são dadas em porcentagem em relação à área total. Além disso, ainda através da imagem de satélite, foram determinados os pontos ideais para a realização da coleta de amostras do solo da região, de modo que as mesmas pudessem representar fielmente as características gerais do solo encontrado na área de estudo.

Os pontos de coleta apresentam a seguinte distribuição (Figura 2):

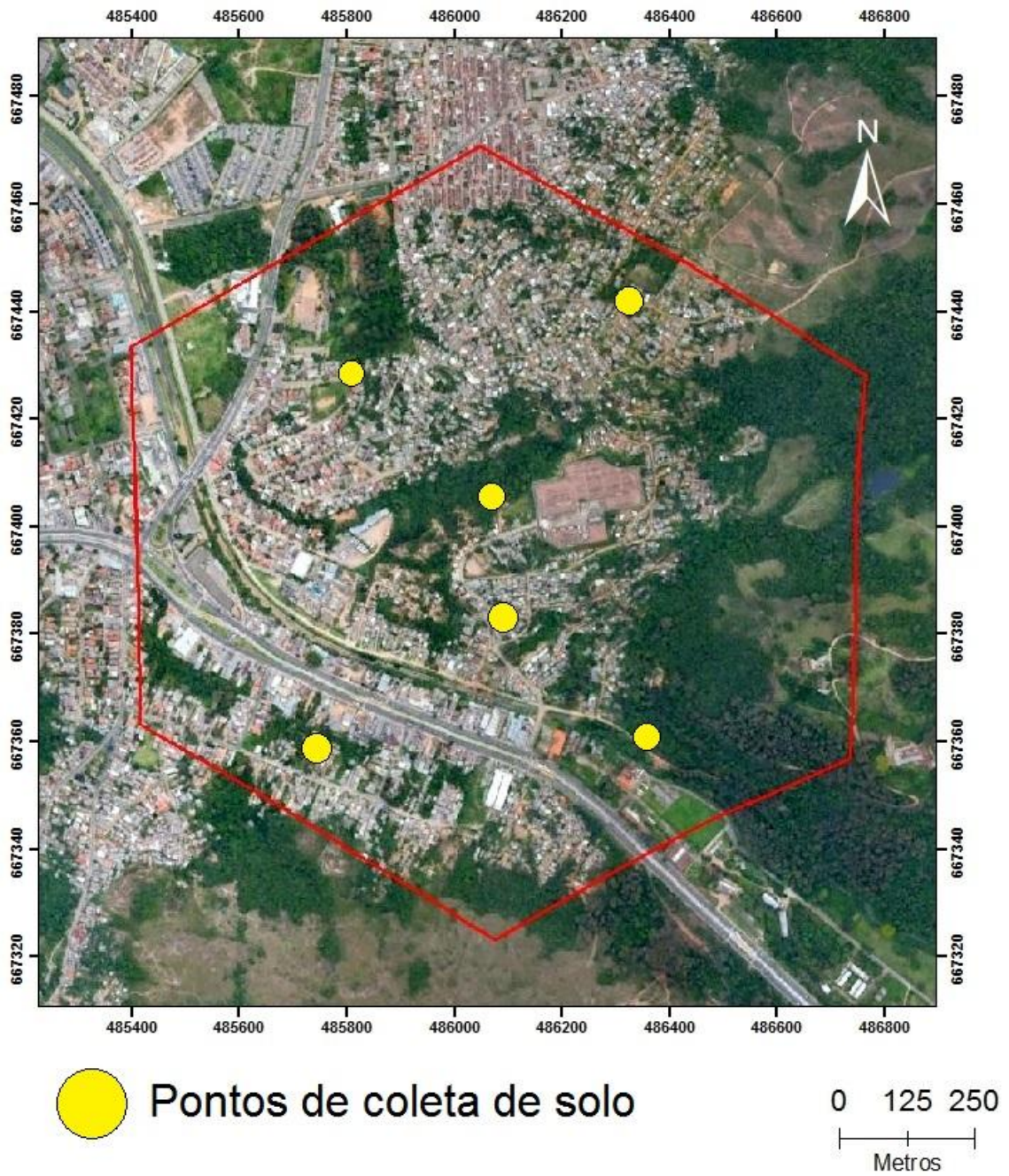


Figura 2: Mapa de pontos de coleta de amostras de solo

3.1.2. Mapa de Curvas de Nível do Município de Porto Alegre

Ainda dentro da etapa de Observação Remota, foi utilizado o Mapa de Curvas de Nível com precisão de 1 metro do município de Porto Alegre, feito pela prefeitura do mesmo, como base para a elaboração do Mapa de Elevações e o Mapa de Declividades da região, utilizando-se da ferramenta “ArcGIS”. Os mapas de Elevações e de Declividades auxiliaram na setorização da região em áreas homogêneas relativas às características chaves desses mapas, a fim de facilitar o cálculo final de classificação do grau de suscetibilidade dessas áreas.

Mapa de Curvas de Nível - Área de Estudo (Bairro Agronomia)

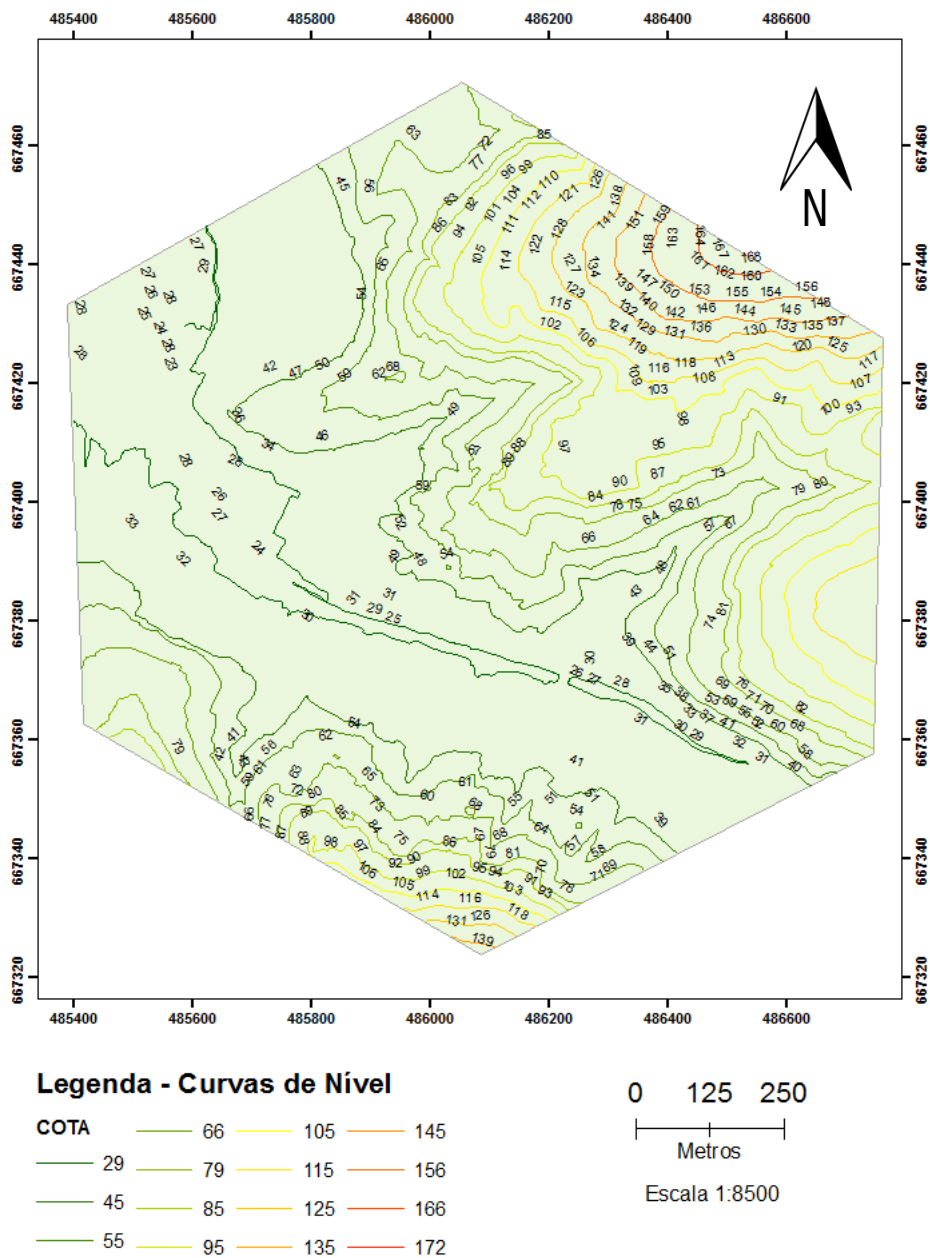


Figura 3: Mapa de Curvas de Nível (Prefeitura de Porto Alegre)

Mapa de Elevação - Área de Estudo (Bairro Agronomia)

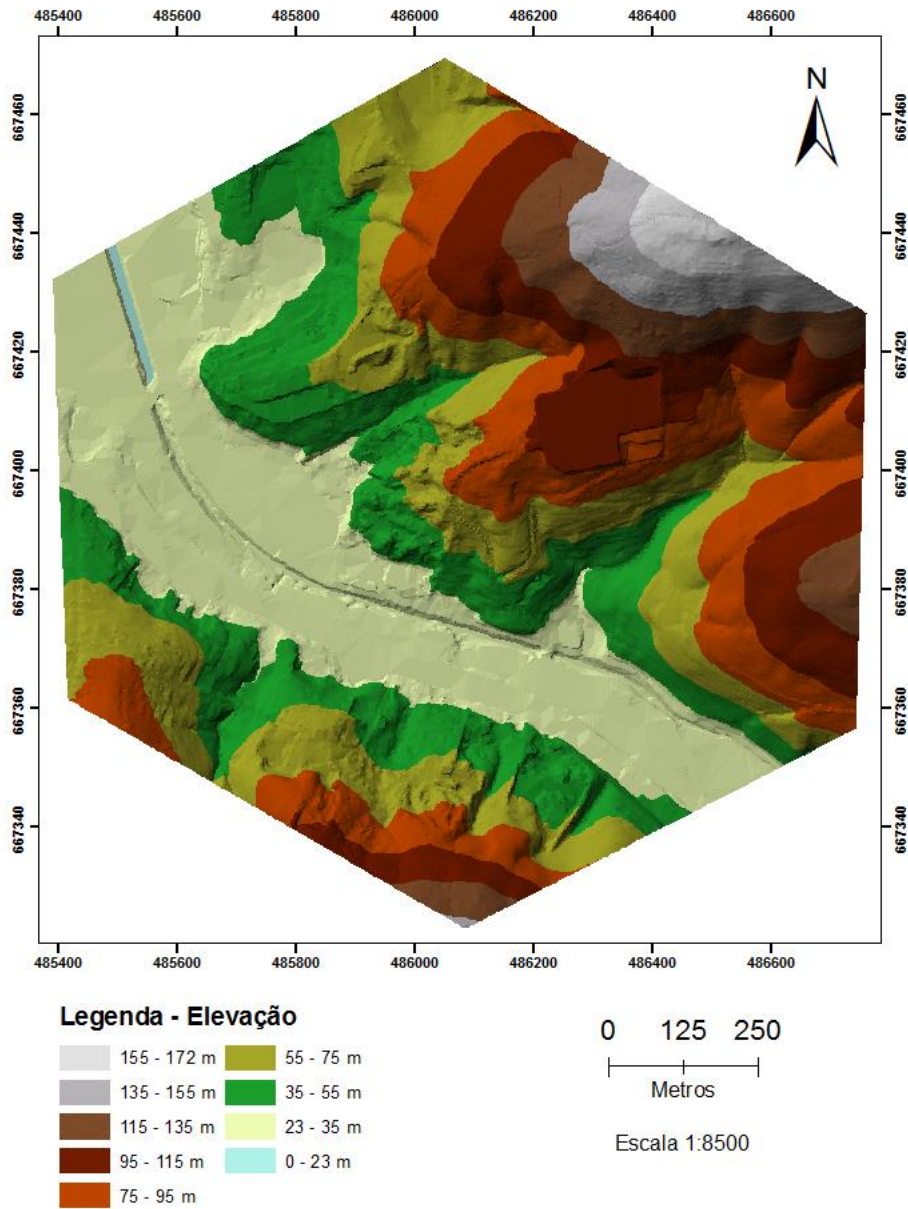


Figura 4: Mapa de Elevação

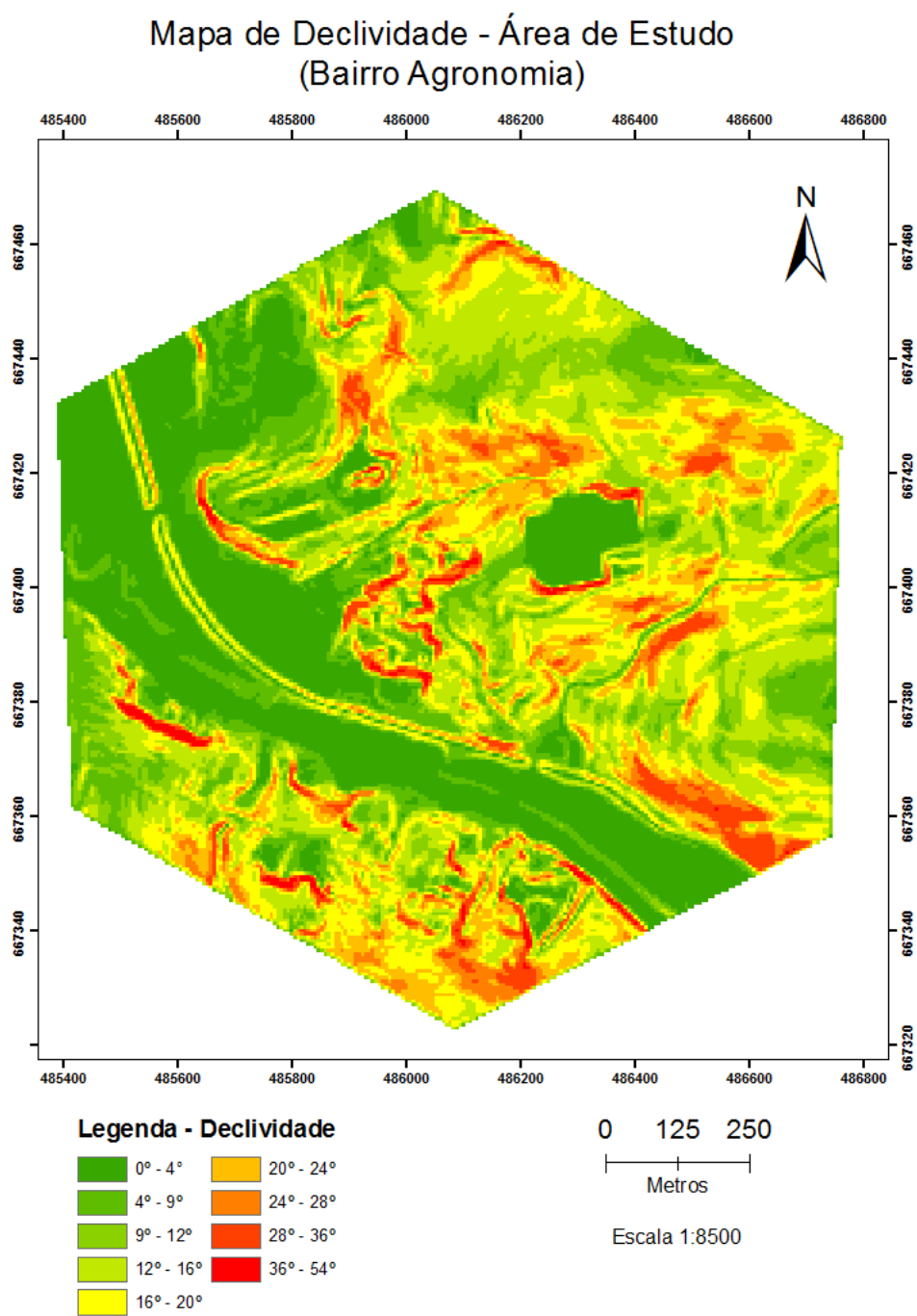


Figura 5: Mapa de Declividades

3.2. Observação “*In Situ*”

A etapa da Observação “*in situ*” corresponde à etapa de levantamento de campo da área de estudo e foi dividida em duas visitas à região. No dia 13 de maio de 2015, foi feita a coleta de amostras de solo, utilizando como referência as locações delimitadas pela imagem de satélite, as quais foram determinadas de modo que as amostras pudessem ser representativas quanto às características de toda a área. Os materiais utilizados na coleta foram uma pá, sacos plásticos e etiquetas para a identificação das amostras. Na segunda ida a campo, no dia 25 de julho de 2015, foram realizadas as medidas das alturas e extensões dos taludes cujo risco seja considerado possivelmente existente, de acordo com as análises anteriores. Tais medições foram feitas com o uso de uma trena de mão simples.

3.3. Observação Visual/Tátil

A etapa da Observação Visual/Tátil corresponde à realização de uma análise Visual/Tátil das porções de solo coletadas na etapa de campo, a fim de estimar as seguintes propriedades dos solos: Dilatância, plasticidade, resistência em estado seco, desagregação enquanto submerso e dispersão em água.

O ensaio para testar a dilatância consiste em adicionar água no material, tornando-o pegajoso. A massa formada deve ter um volume capaz de caber na palma da mão. Coloca-se a massa de solo na palma de uma das mãos em posição horizontal. Bate-se vigorosamente uma mão de encontro com a outra, várias vezes e espreme-se a massa entre os dedos. Segundo as reações ocorridas durante o ensaio, os solos podem classificar-se em: Solos não plásticos – siltes e areias, que apresentam uma reação rápida (presença de água livre quando sacudido) e em Solos altamente plásticos (argilas), cujo ensaio resulta em reação nula.

O teste de plasticidade consiste em fazer uma pasta com pouca quantidade de água e moldar com a mão pequenas bolas. A plasticidade é a propriedade de solos finos, entre largos limites de umidade, de se submeterem a grandes

deformações permanentes, sem sofrer ruptura, fissuramento ou variações de volume significativa. Solos siltosos ou arenosos se tornam quebradiços.

Para determinar a resistência do solo em estado seco, é preciso moldar uma amostra de solo úmido, na forma de 3 bolas com 12mm de diâmetro, aproximadamente, e deixar secar em estufa ou ao ar livre. Após a secagem tenta-se desagregar a amostra com a pressão dos dedos. De acordo com o esforço aplicado na amostra podemos defini-la como: Solos de pouca resistência seca, onde pelo menos duas bolas desagregam-se imediatamente com pequeno esforço (solos siltosos) e Solos de resistência seca razoável, onde as bolas não se desagregam ou desagregam-se sob certo esforço (solos argilosos orgânicos).

Para o teste de desagregação do solo submerso, coloca-se um torrão de solo parcialmente imerso em um recipiente com água e verifica-se a desagregação da amostra. Essa desagregação é rápida quando os solos são siltosos e lenta quando os solos são argilosos.

O teste de dispersão em água foi realizado pelo método de decantação, que consiste em misturar o solo com água num recipiente e derramar a mistura turva de água e solo. Repete-se a operação várias vezes, até que se consiga remover todos os finos. Por comparação do material primitivo com o resíduo, se tem a estimativa da quantidade de finos.

Esses testes tiveram como objetivo determinar o comportamento dos solos da área de estudo sob condições de umidade e saturação de água a fim de quantificar a capacidade da percolação de água de causar deslizamentos e queda dos taludes.

3.4. A Classificação do Grau de Suscetibilidade

A metodologia de Gusmão *et al.*, utilizada no presente projeto, foi aplicada em setores individualizados de encostas. No campo observa-se uma área determinada, verificando suas características de infraestrutura e ocupação, separando-a em setores de encostas homogêneos. A elaboração de uma ficha, exemplificada pela Tabela 1, possibilita uniformizar os dados a serem coletados e são considerados os

fatores geológicos, topográficos e ambientais, levando em conta os grupos principais de atributos que afetam a estabilidade das encostas.

Os fatores topográficos e geológicos têm como atributos os elementos litológicos, estruturais e geomorfológicos, enquanto o fator ambiental envolve os atributos relacionados ao clima, densidade vegetacional e densidade populacional. Já o fator meteorológico é considerado uniforme para toda a região estudada, considerando-se, para toda a área, os mesmos índices pluviométricos. Ao avaliar os riscos de cada fator isoladamente, considera-se que os mesmos se encontram sob condições de chuvas intensas.

Com a ficha para levantamento dos fatores previamente formulada, avaliam-se em campo e em escritório os valores e características dos atributos. Após coletadas as informações de todos os setores de encostas, cada atributo é avaliado qualitativamente quanto ao seu grau de suscetibilidade, seguindo o modelo da Tabela 2.

Tabela 1: Ficha de Levantamento dos Fatores para Avaliação da Suscetibilidade das Encostas

FICHA PARA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO		
No. _____ localização: _____ avaliador: _____ data: _____		
Fatores Topográficos		
Altura da encosta (m): (A) < 5 (B) 5 – 10 (C) 10 – 20 (D) 20 – 30 (E) > 30	Perfil da encosta: (A) côncavo (B) retilíneo (C) convexo (D) côncavo-convexo	Morfologia da encosta: (A) côncava (B) retilínea (C) convexa (D) côncava-convexa
Extensão da encosta (m): (A) < 100 (B) 100 – 250 (B) 250 – 350 (D) 350 – 500 (E) > 500	Declividade da encosta (%): (A) < 20 (B) 20 – 30 (C) 30 – 40 (D) 40 – 50 (E) > 50	OBS:
Fatores Geológicos		
litologia: (A) solo residual (B) Saprolito	textura: (A) areno-argilosa (B) argilo-arenosa (C) arenosa / argilosa (D) argilosa / arenosa (D) topo arenoso (E) topo argiloso	estrutura: (A) maciça (B) mergulho oposto (C) subvertical (D) subhorizontal (E) mergulho concordante
evidências de movimento: (A) ravinamento sup. (B) rav. prof. (C) cicatrizes (D) erosão no pé da enc	(E) voçorocas (F) fendas (G) surgências N.A. (H) ausentes	OBS:
Fatores Ambientais		
vegetação (%): (A) 100 (B) 100-70 (C) 70-30 (D) 30-0 (E) ausente	drenagem: (A) extensiva (B) parcial (C) insuficiente (D) tópica (E) inexistente	cortes: (A) próx. a crista (B) próx. ao pé (C) próximos (D) desordenados (E) em patamares
densidade populacional (hab/ha): (A) <100 (B) 100-200 (C) 200-300 (D) 300-500 (E) >500	tratamento: (A) extensivo (B) parcial (C) insuficiente (D) tópico (E) inexistente	OBS:

Tabela 2: Tabela de Grau de Suscetibilidade
GUSMÃO FILHO *et al.* (1992)

Graus de Risco Atributos	Muito Baixo 1	Baixo 2	Mediano 3	Alto 4	Muito Alto 5
Fator Topográfico					
Altura (m)	< 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	> 30
Extensão (m)	< 100	100 - 250	250 - 350	350 - 500	> 500
Decividade (%)	< 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	> 50
Perfil	côncavo	retilíneo	cônc. - conv.	convexo	convexo
Morfologia	convexa	retilínea	sinuosa	côncava	côncava
Fator Geológico					
Litologia	calcário	conglomerado	solo residual	sedimento	sedimento
Estrutura	maciça	merg. oposto	subhorizontal	subvertical	merg. concord.
Textura	arenosa	areno-siltosa	areno-siltosa	areno-argilosa	areno-argilosa
Evidências	ausentes	ravinamento	cicatrizes -	cicatrizes +	fenda/barriga
Fator Ambiental					
Vegetação (%)	100	100 - 70	70 - 30	30 - 0	ausente
Drenagem	extensiva	parcial	insuficiente	tópica	inexistente
Cortes	isolados	dispersos -	dispersos +	desordenados -	desordenados +
Dens. Pop. (hab/ha)	< 100	100 - 200	200 - 300	300 - 500	> 500
Tratamento	extensivo	parcial	insuficiente	tópico	inexistente

Após obter os valores associados de graus de suscetibilidade de cada atributo, calculam-se os graus de suscetibilidade de cada fator (topográfico, geológico e ambiental), através da média aritmética dos valores de seus atributos, ou seja, a nota do fator topográfico, geológico e ambiental será a média aritmética de seus respectivos atributos. Em seguida calcula-se a nota de cada setor de encosta através da média aritmética ou ponderada, dependendo dos pesos que lhes são atribuídos, entre os fatores topográfico, geológico e ambiental, conforme a seguinte fórmula:

$$GRF_{ENC} = \left[\frac{(P1 * GRT) + (P2 * GRG) + (P3 * GRA)}{(P1 + P2 + P3)} \right], \text{ onde:}$$

GRF_{ENC} = Grau de risco para cada setor de encosta;

GRT = grau de risco topográfico (média aritmética dos atributos topográficos);

GRG = grau de risco geológico (média aritmética dos atributos geológicos);

GRA = grau de risco ambiental (média aritmética dos atributos ambientais);
P1, P2 e P3 são, respectivamente, os pesos dos fatores topográfico, geológico e ambiental.

Com o valor do grau de risco de cada setor de encostas, pode-se observar a faixa de seus valores, para então separá-los em cinco intervalos, atribuindo-lhe seus equivalentes numéricos (de 1 a 5), os quais são relacionados aos termos linguísticos (Tabela 2), para a determinação do grau de risco final.

4. APLICAÇÕES NA LINHA TEMÁTICA DO PROJETO

Espera-se que o trabalho desenvolvido possa contribuir para um melhor entendimento da atual situação geológico-geotécnica das áreas, habitadas ou não, próximas a encostas e taludes no bairro Agronomia, em Porto Alegre – RS. O presente estudo terá um impacto considerável no que diz respeito ao levantamento de informações úteis ao planejamento urbano local, podendo ser usado como base de dados relevantes para futuros projetos habitacionais ou mesmo para a manutenção de habitações já consolidadas que possam encontrar-se sob algum tipo de risco. Os produtos gerados são:

- Caracterização da topografia na área de estudo;
- Mapas de Elevações e de Declividades da região
- Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Escorregamento no Bairro da Agronomia.

5. RISCOS E DIFICULDADES

As principais dificuldades enfrentadas durante a realização do estudo estão relacionadas, principalmente, com a dificuldade no acesso em determinados pontos da área a ser pesquisada. Por se tratar de uma região periférica aos principais centros urbanos da cidade e carente de maiores investimentos em infraestrutura urbana, as condições para o tráfego entre as propriedades (muitas delas contendo obras irregulares) não foram as melhores possíveis. Apesar disso, tais fatores acabaram por não implicar na impossibilidade de coletas de amostras de solo, visto que o solo se mostrou homogêneo em toda a área de estudo.

6. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

- Planejamento:

Primeiramente, foi definida a área de estudo, as metas do trabalho e o modelo de análise a ser utilizado. Foi realizada também, neste início, uma revisão bibliográfica sobre o assunto.

- Levantamento dos dados existentes:

Procurou-se, nesta etapa, o maior número de informações já existentes sobre estudos de suscetibilidade a escorregamento e erosão no município de Porto Alegre - RS e, principalmente, na área de estudo. Foram levantados dados relevantes para a elaboração do mapa de risco.

- Trabalho de Campo:

As visitas de reconhecimento permitiram detalhar melhor os estudos. Nessa fase foram identificados os padrões de ocupação dos taludes e encostas, as características geológicas locais, as feições morfológicas relevantes e os processos

erosivos atuantes, a fim de permitir a elaboração do modelo da análise de suscetibilidade.

- Aquisição e elaboração de mapas temáticos:

Nesta etapa, foram adquiridos ou confeccionados os mapas necessários para a elaboração da Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Escorregamento, sendo eles: mapa de curvas de nível, mapa litológico, mapa de declividades e mapa de elevação.

- Aplicação do modelo:

Após a obtenção das informações básicas através dos estudos já existentes, análise por imagem de satélite, fotografias aéreas e trabalho de campo, os dados foram submetidos ao modelo metodológico proposto por GUSMÃO FILHO *et al.* (1992).

- Cartografia das zonas suscetíveis:

Esta etapa refere-se às atividades de desenvolvimento da Carta de Suscetibilidade a Escorregamento e Erosão a partir da delimitação cartográfica das diferentes áreas de suscetibilidade, sendo indicadas, com legendas, as zonas de grau de suscetibilidade baixo, médio, alto e muito alto.

- Revisão Bibliográfica:

A etapa de revisão da bibliografia se estendeu do início do projeto até o final do mesmo.

6.1. Fonte de Recursos

As despesas decorrentes do presente estudo estão relacionadas a gastos com combustível para o deslocamento de pesquisadores e eventuais testes laboratoriais de rochas e solos encontrados na área a ser trabalhada. Tais despesas foram custeadas pelo próprio aluno.

7. A ÁREA DE ESTUDO

7.1. Porto Alegre e o Bairro Agronomia

O município de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, com cerca de 1.4 milhões de habitantes, equivalente à 13% da população do estado e está localizado dentre as coordenadas (30°1'58" S e 51° 13' 48") no sul do Brasil. As atividades econômicas de maior destaque na cidade são o comércio, a construção civil e o setor primário, mas a sua grande força está no setor de prestação de serviços e na administração pública, que correspondem quase 30% do universo de 767 mil empregados, de acordo com o DataViva (2014).

A área de estudo está situada no bairro da Agronomia, na zona leste de Porto Alegre. O bairro é limitado pelo município de Viamão e pelos bairros Partenon e Jardim Carvalho. O bairro Agronomia apresenta baixo índice demográfico, com cerca de 12 mil moradores em 2010 (IBGE), e, por estar localizado entre a Avenida Protásio Alves e a Avenida Bento Gonçalves, acabou por desenvolver apenas um pequeno comércio local, a nível de subsistência. A área do presente projeto abrange, conforme delimitado na Figura 1, uma porção significativa do bairro Agronomia, e foi escolhida por ser conhecidamente uma região suscetível a deslizamentos e escorregamentos de massas, com riscos que variam até Alto e Muito Alto (CPRM, 2013).

7.2. O Mapeamento das Unidades de Solos de Porto Alegre

O estudo de mapeamento de solos é capaz de fornecer as informações primárias sobre as características dos solos, as quais permitem gerar uma gama de informações aplicadas, como a classificação da aptidão agrícola das terras ou a localização de zonas preferenciais para a implantação de empreendimentos de desenvolvimento agrícola, assim como áreas que podem vir a serem usadas para descarte de lixo industrial e doméstico e, o mais importante para esse projeto, as

áreas mais propícias para o desenvolvimento urbano, levando em conta os eventuais riscos proporcionados pelos solos da região.

7.3 O Mapa de Solos de Porto Alegre

As unidades de mapeamento mostram no mapa (Figura 8) o arranjo, a localização, a extensão e a disposição dos diferentes tipos de solo no município de Porto Alegre-RS. As unidades de mapeamento são identificadas, na ilustração, pelo nome da respectiva unidade taxonômica. Uma unidade taxonômica ou tipo de solo é equivalente a uma classe de solo de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

As unidades de mapeamento podem ser formadas por um ou mais tipos de solos. Quando são formadas por um único tipo de solo dominante, há a ocorrência de uma unidade simples de mapeamento, que pode portar inclusões de outros tipos de solos ou variações (de textura, profundidade, etc.) da unidade taxonômica dominante. Quando duas ou mais unidades taxonômicas constituem a unidade de mapeamento, ela pode ser chamada de associação de solos.

A associação de solos trata-se de um agrupamento de duas ou mais tipos de solos distintos que ocorrem associados geograficamente e regularmente, segundo um padrão bem definido e normalmente ocupando posições diferentes na paisagem. Os agrupamentos não diferenciados de solos são formados pela assembléia de duas ou mais unidades taxonômicas com características morfogênicas parecidas e, portanto, pouco diferenciadas, permitindo práticas de uso e finalidades similares.

Neste levantamento dos tipos de solos realizado no Município de Porto Alegre-RS, as nove classes taxonômicas de solos mapeadas foram agrupadas em 12 diferentes unidades. Destas, uma se trata de uma unidade de mapeamento simples e uma é um grupo indiferenciado de solos. Nove delas são associações de solos e uma das unidades consiste de “Tipos de Terreno” (TT), que são superfícies alteradas por atividades humanas (remoções, aterros, terraplanagens, etc).

As unidades de mapeamento delineadas no mapa deste levantamento de solos são a seguir caracterizadas. Descrições mais detalhadas das características de cada tipo de solo são apresentadas na caracterização das unidades taxonômicas.

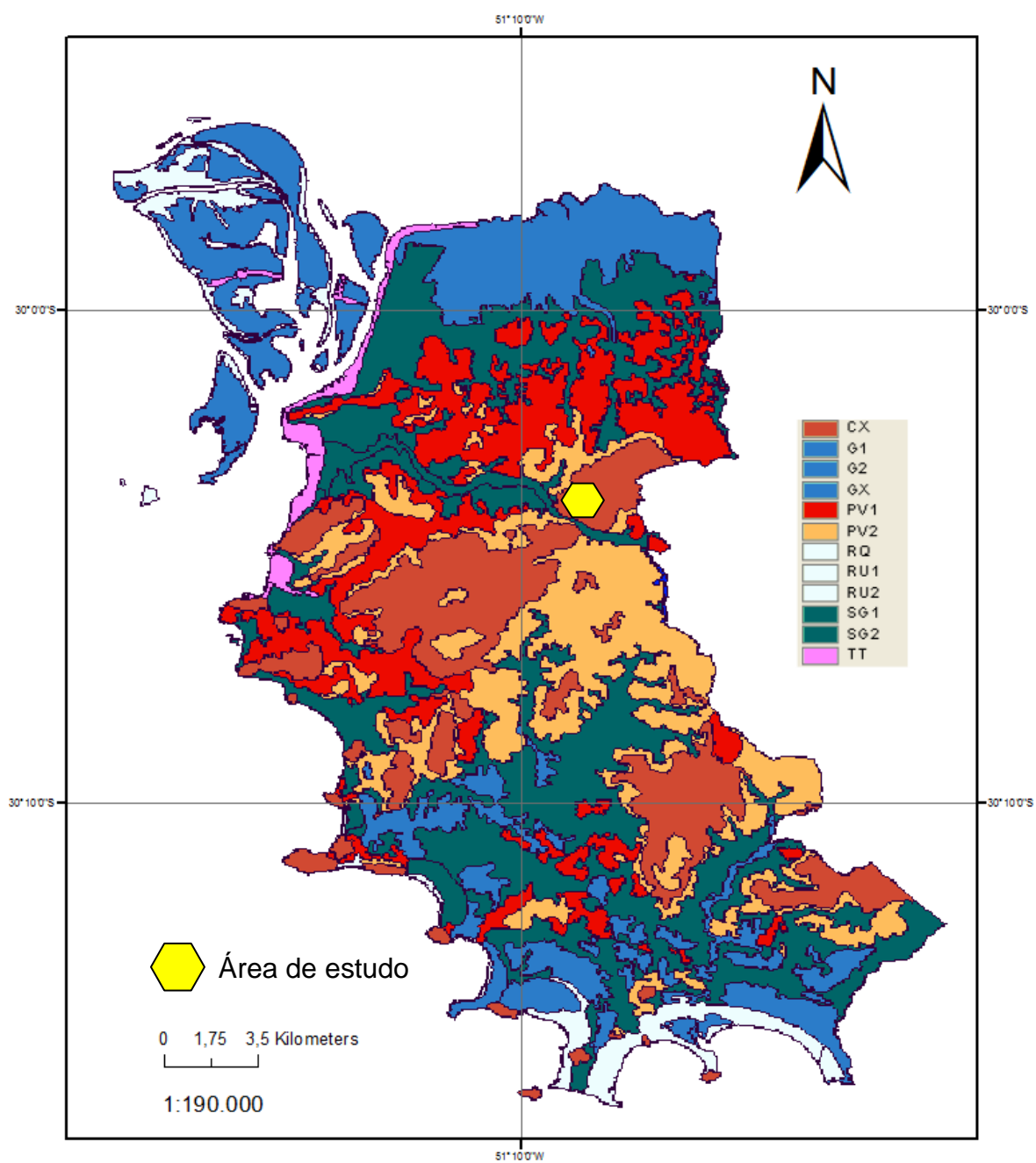


Figura 7: Mapa de Solos de Porto Alegre-RS (Modificado de Phillip et atl, 2002)

7.4 As Unidades de Solo Mapeadas em Porto Alegre (segundo Phillip *et al*, 2002 e CPRM 2006)

Unidade PV1 - Grupo Indiferenciado de argissolos vermelhos e argissolos vermelho-amarelos: Esta unidade de mapeamento ocorre em topos e encostas de elevações, em relevo suavemente ondulado a ondulado. É constituída por Argissolos Vermelhos (PV) e Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), que não foram diferenciados no mapa por causa da dificuldade de separação e da semelhança entre as duas unidades taxonômicas, diferindo basicamente pela cor. Podem ainda ocorrer ainda inclusões de Cambissolos Háplicos (CX), Neossolos Litólicos (RL) e Neossolos Regolíticos (RR).

Unidade PV2 - Associação de argissolos vermelhos ou argissolos vermelho-amarelos com cambissolos háplicos: Esta unidade de mapeamento ocorre em topos e encostas de elevações, em relevo ondulado a fortemente ondulado e nas porções inferiores de encostas de morros em relevo fortemente ondulado e montanhoso. É constituída por solos Argissolos Vermelhos (PV) ou Argissolos Vermelho-Amarelo (PVA) associados com Cambissolos Háplicos (CX), sendo que estes últimos estão locados nas zonas de relevo forte ondulado, enquanto os Argissolos estão locados nas áreas de relevo ondulado. Podem ocorrer ainda inclusões de Cambissolos Háplicos (CX), Neossolos Litólicos (RL) e Neossolos Regolíticos (RR).

Unidade CX - Associação de cambissolos háplicos com neossolos litólicos ou neossolos regolíticos: Esta unidade de mapeamento ocorre em topos e encostas de morro, em relevo fortemente ondulado a montanhoso, constituindo-se na Associação de Cambissolos Háplicos (CX) com Neossolos Litólicos (RL) ou Neossolos Regolíticos (RR). Podem ocorrer inclusões de Argissolos (PV) e afloramentos de rochas (AR).

Unidade SG1 - Associação de planossolos hidromórficos, gleissolos háplicos e plintossolos argilúvicos: Esta unidade ocorre em planícies aluviais e lagunares com microrrelevo e é constituída pela associação de Planossolos Hidromórficos,

Gleissolos Háplicos (GX) e Plintossolos Argilúvicos (FT). Como inclusões ainda ocorrem solos Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Neossolos Flúvicos (RU).

Unidade SG2 - Associação de planossolos hidromórficos, gleissolos háplicos e neossolos flúvicos: Esta unidade ocorre em áreas marginais ao longo de arroios em relevo plano e é constituída pela associação de Planossolos Hidromórficos (SG), Gleissolos Háplicos (GX) e Neossolos Flúvicos (RU).

Unidade GX - Associação de gleissolos háplicos e planossolos hidromórficos: Esta unidade ocorre em planícies aluviais e lagunares, constituindo-se na associação de Gleissolos Háplicos (GX) e Planossolos Hidromórficos (SG) e podendo apresentar como inclusões manchas de Gleissolos Melânicos (GM), que apresentam horizonte superficial mais escuro e mais rico em matéria orgânica que os Gleissolos Háplicos (GX).

Unidade G1 - Associação de gleissolos e neossolos flúvicos: Esta unidade de mapeamento é composta de uma associação de Gleissolos (G) e Neossolos Flúvicos (RU), podendo apresentar inclusões de Organossolos (O) e ocorre nas planícies aluviais situadas nas ilhas do Delta do Jacuí.

Unidade G2 - Associação de gleissolos, planossolos e tipos de terreno: Unidade de mapeamento que ocorre em planícies aluviais e lagunares que tiveram parte de suas áreas alteradas pela ação humana, caracterizando os tipos de terreno (TT). Nas áreas não alteradas ocorrem Gleissolos (G), podendo ocorrer inclusões de Plintossolos Argilúvicos (FT).

Unidade RQ - Associação de neossolos quartzarênicos e gleissolos: Esta unidade ocorre em feixes de restinga, ocupando relevo plano e suavemente ondulado no extremo sul do Município de Porto Alegre, constituindo-se de associação de Neossolos Quartzarênicos (RQ) e Gleissolos (G), ocorrendo também inclusões de Gleissolos Melânicos (GM).

Unidade RU1 - neossolos flúvicos: Esta unidade de mapeamento simples constituída por Neossolos Flúvicos (RU) ocorre em planícies aluviais situadas em ilhas do Delta do Jacuí. Nestas áreas também podem ocorrerem inclusões de Gleissolos (G).

Unidade RU2 - Associação de neossolos flúvicos e tipos de terreno: Esta unidade de mapeamento ocorre em diques marginais e aterros ocupando relevo plano nas bordas das ilhas do Delta do Jacuí, apresentando-se como uma associação de Neossolos Flúvicos (RU) e tipos de terreno. Podem apresentar inclusão de Gleissolos (G).

Unidade TT - Tipos de Terreno: Os Tipos de Terreno (TT) são áreas fortemente alteradas pela ação humana, na forma de áreas de empréstimo, decapagem, terraplenagem e aterros com materiais diversos (entulhos de construção, lixo, resíduos industriais e outros). Nestas situações o solo original foi removido parcial ou totalmente, ou foi soterrado pelo material depositado. Pelo fato de não haver até a presente previsão para inclusão destes solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, eles são referidos por termos genéricos, tais como solos construídos, solos urbanos, solos tecnogênicos, tipos de terreno e outros.

Os TTs são encontrados em maior ou menor proporção em praticamente todas as unidades de mapeamento. As áreas urbanizadas, apesar de constarem no mapa de solos como constituídas por diversas unidades de solos, constituem em grande parte “tipos de terreno”, devido a sua significativa alteração no processo de urbanização.

A tabela a seguir apresenta uma síntese das unidades de mapeamento descritas, indicando o símbolo da UM, o tipo de UM, as classes taxonômicas de solos, a descrição geral das áreas de ocorrência e a ocorrência de solos pertencentes a outras classes taxonômicas (inclusões).

Tabela 3: Descrição geral da área de ocorrência e tipos de solo do Município de Porto Alegre (Phillip *et al*, 2002 e CPRM 2006)

Simbolo	Descrição da unidade de mapeamento	Inclusões	Descrição geral da área de ocorrência
PV1	Grupo indiferenciado de ARGISSOLOS VERMELHOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS	C, RL e RR	Topo e encosta de elevações, em relevo suavemente ondulado e ondulado
PV2	Associação de ARGISSOLOS VERMELHOS ou ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS com CAMBISSOLOS HÁPLICOS	C, RL, RR	Topo e encosta de elevações, em relevo ondulado e fortemente ondulado e nos terços inferiores de encostas de morros em relevo fortemente ondulado e montanhoso
CX	Associação de CAMBISSOLOS HÁPLICOS com NEOSSOLOS LITÓLICOS ou NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	PV, AR	Topo e encosta de morro, em relevo fortemente ondulado a montanhoso
SG1	Associação de PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICO, GLEISSOLOS HÁPLICOS e PLINTOSSOLOS ARGILÚVICOS	RQ, RU	Planícies aluviais e lagunares com microrrelevo
SG2	Associação de PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICO, GLEISSOLOS HÁPLICOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS	FT, RQ	Áreas marginais ao longo de arroios em relevo plano
GX	Associação de GLEISSOLOS HÁPLICOS E PLANOSSOLOS HIDROMÓRFICOS	GM	Planícies aluviais e lagunares
G1	Associação de GLEISSOLOS e NEOSSOLOS FLÚVICOS	O	Planícies aluviais situadas nas ilhas do Delta do Jacuí
G2	Associação de GLEISSOLOS, PLANOSSOLOS e Tipos de Terreno	FT	Planícies aluviais e lagunares com áreas alteradas pela ação humana
RQ	Associação de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS e GLEISSOLOS	GM	Feixes de restinga ocupando relevo plano e suavemente ondulado
RU1	NEOSSOLOS FLÚVICOS	G	Planícies aluviais situadas em ilhas do Delta do Jacuí
RU2	Associação de NEOSSOLOS FLÚVICOS e Tipos de Terreno	G	Diques marginais e aterros ocupando relevo plano nas bordas das ilhas do Delta do Jacuí
TT	Tipos de Terreno		Áreas com influência antrópica (aterros, pedreiras, etc)

8. GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende substratos do complexo granítico-gnáissico do Morro Santana, em Porto Alegre. Originários de rochas sujeitas a metamorfismo intenso e diferenciado apresentam solos saprolíticos muito heterogêneos quanto à composição e estrutura. O solo saprolítico ainda guarda características da rocha mãe e tem basicamente os mesmos minerais, porém a sua resistência já se encontra bastante reduzida. Este pode ser caracterizado como uma matriz de solo envolvendo grandes pedaços de rocha altamente alterada. Visualmente pode confundir-se com uma rocha alterada, mas apresenta pequena resistência ao manuseio.

De acordo com BASTOS (1991), a idade geológica das rochas do embasamento indica que foram sujeitas a longos processos intempéricos e erosivos, configurando um relevo mais suave de coxilhas. Os perfis de solos típicos são mais profundos, evoluídos e bem drenados. A rocha são raramente aflora. O horizonte B

avermelhado apresenta textura argilo-arenosa. Uma estrutura bastante friável, resultante de lixiviação, foi verificada. Já os solos do horizonte C mostraram-se muito heterogêneos, com textura e coloração variadas. A análise dos componentes mineralógicos do material de origem e solos saprolíticos torna-se tão complexa quanto a própria litologia. A importante presença de solos saprolíticos micáceos foi verificada. Amostras da fração fina do horizonte B revelaram caulinita como argilomineral e também quartzo. Já amostras do horizonte C indicaram a presença de quartzo, caulinita e illita.

8.1 O Solo da Área de Estudo

Os tipos de solos predominantes na porção do bairro Agronomia referente à área de estudo, são do tipo Cambissolos Háplicos (CX - Figura 7). São solos que variam de profundidade inferior a 1 m, até profundos. Apresentam, no perfil, uma sequência de horizontes A-B-C (Figura 9). Possuem coloração comumente acinzentada no horizonte A e amarelada ou avermelhada no horizonte B, enquanto que o horizonte C possui uma coloração variada (amarelo, vermelho, branco, cinza) normalmente observada no saprólito de granito. As diferentes profundidades e colorações caracterizam as variações dos tipos de Cambissolos Háplicos. A coloração amarelada e avermelhada do horizonte B é indicativa, respectivamente, da condição de solo moderado a bem drenado. Dependendo da composição da rocha mãe (na área de estudo são granitóides, predominantemente), esse tipo de solo pode apresentar uma fração significativa de partículas grosseiras constituída predominantemente por grãos de quartzo, o que realmente ocorre na região. Quanto à fertilidade, os Cambissolos Háplicos podem ser classificados como distróficos, ou seja, são ácidos e apresentam uma baixa oferta de nutrientes para as plantas.

Os Cambissolos Háplicos normalmente ocupam relevos de morfologia ondulada a fortemente ondulada, isto é, mais acidentadas do que as regiões ocupadas pelos Argissolos, por exemplo. Podem ocorrer associados com os Neossolos Litólicos e os Neossolos Regolíticos.

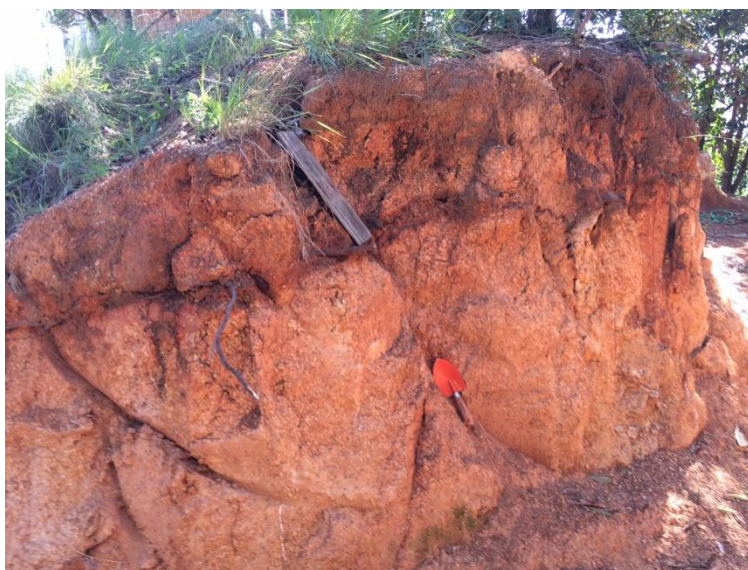


Figura 8: Cambissolo Háplico da área de estudo

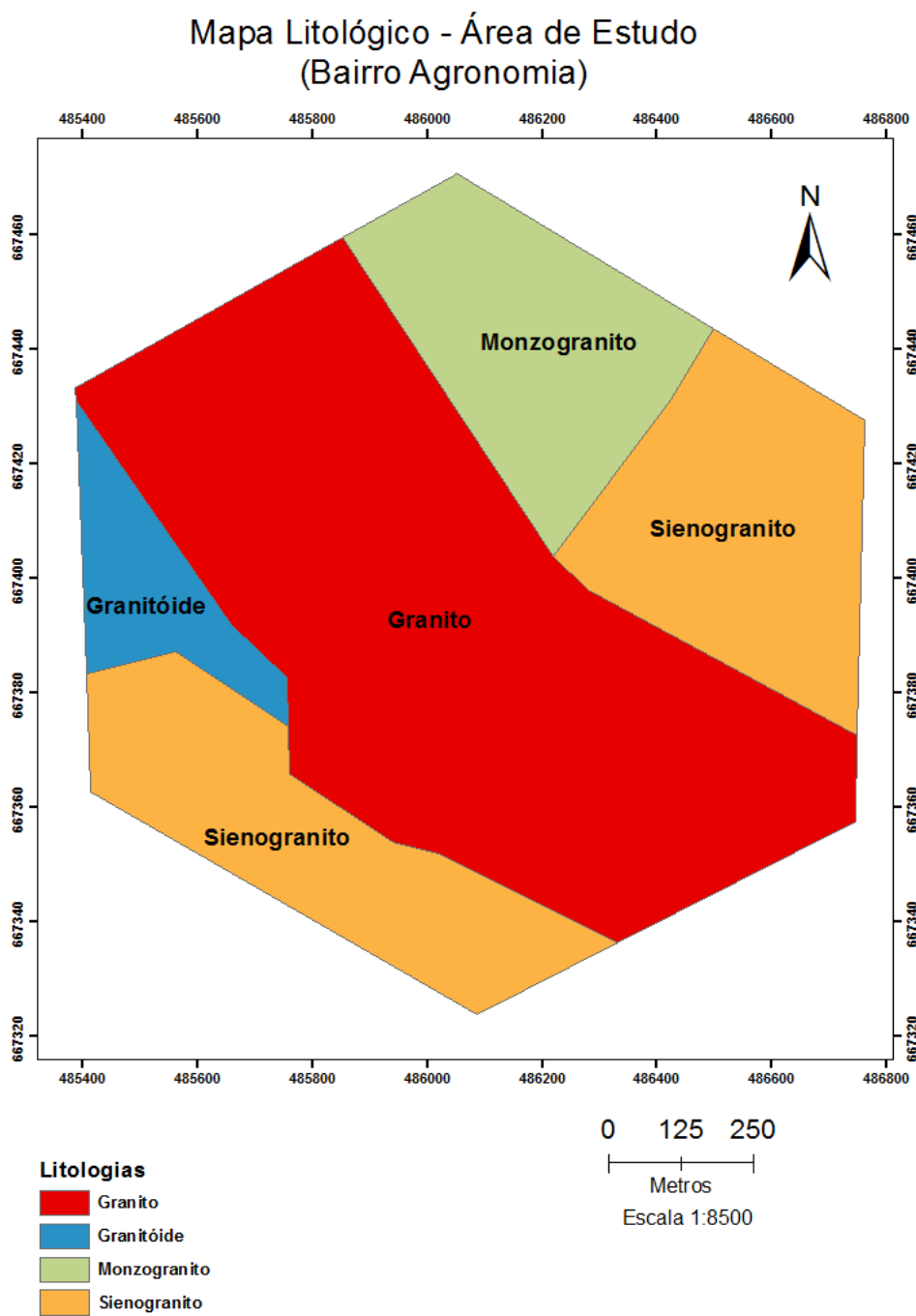


Figura 9: Mapa Litológico (CPRM)

9. ANÁLISE DO POTENCIAL DE SUSCETIBILIDADE NA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho para a confecção da Carta de Suscetibilidade a Escorregamento do Bairro Agronomia foi realizado em escala de detalhe 1:8.500 para as cartas em tamanho A4 e em escala 1:6.500 para a carta final, em tamanho A3. A produção da Carta de Suscetibilidade visa fornecer ferramentas para eventuais gestões de eventos catastróficos e elaboração de Plano Diretor do município. A Figura 11, a seguir, apresenta o fluxograma com as etapas de trabalho:

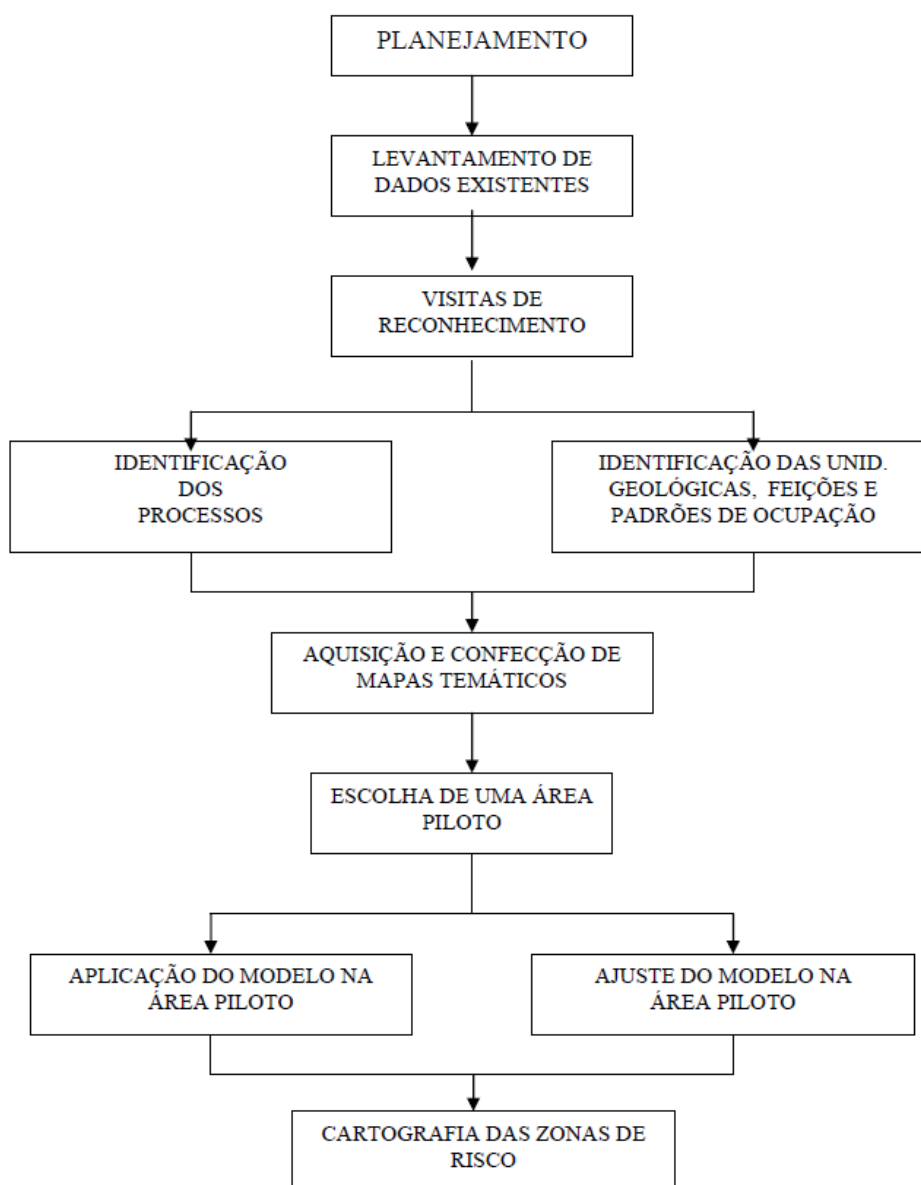


Figura 10: Fluxograma com as etapas do trabalho

As cartas temáticas geradas a partir do mapa topográfico do município de Porto Alegre foram interpretadas em conjunto com a observação de fotografias aéreas da região. Foram usadas fotografias aéreas verticais em filme preto e branco, no formato de 23cm x 23cm, com apoio de estereoscópio de espelho, na escala de 1:6.000. Nesse processo foi possível traçar os principais contatos entre as unidades geológicas, localizar as redes fluviais e de acesso e as principais concentrações urbanas. O trabalho de campo posterior ajustou a fotointerpretação e permitiu validar e complementar as informações do mapa.

A fotointerpretação representa um poderoso instrumento para o estudo de escorregamentos, permitindo uma visão tridimensional do terreno e a identificação das interrelações entre a topografia, drenagem, cobertura superficial, feições geológicas e atividades humanas, todas funcionando como importantes agentes/condicionantes da dinâmica dos escorregamentos (AUGUSTO FILHO, 1994).

9.1 Conceitos e Classificação de Suscetibilidade

Para se avaliar a suscetibilidade em uma determinada situação, deve-se levar em consideração o tipo de desastre em questão, a suscetibilidade específica, o potencial de periculosidade, o nível de exposição e a vulnerabilidade dos sistemas encontrados na área. Entre os autores que definem os conceitos básicos de acidente, desastre, suscetibilidade, vulnerabilidade e evento, podemos citar VARNES (1984) e ZUQUETE (1993).

Os seguintes termos são definidos por VARNES (1984):

- **Elemento em risco:** população, propriedades e atividades econômicas em uma determinada área de risco.
- **Perigo Natural:** probabilidade de ocorrência de um fenômeno dentro de um certo período de tempo e de uma determinada área (suscetibilidade).
- **Suscetibilidade específica:** grau esperado de perda devido a um fenômeno natural.
- **Suscetibilidade:** número de perda de vida, de danos à pessoas e propriedades, e de atividades econômicas interrompidas devido ao fenômeno.
- **Vulnerabilidade:** grau de perda de um determinado elemento ou conjunto de elementos de risco, devido a ocorrência de um fenômeno natural.
- **Zoneamento:** divisão de áreas homogêneas com graus de perigo atual ou potencial devido a movimentos de massa.

ZUQUETE (1993) em seus trabalhos de análise de riscos discute e define os seguintes termos (Tabela 4):

Tabela 4: Termos e Conceitos da Análise de Risco Segundo (ZUQUETE 1993).

TERMOS	CONCEITOS
EVENTO	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo;
EVENTO PERIGOSO (HAZARD)	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 sujeito, sistema ou elemento que estão expostos a um evento perigoso (hazard), correspondendo à predisposição destes em serem afetados ou suscetíveis 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 (considerado normal ou aceitável), para um lugar específico, durante um período de tempo determinado. É considerado o resultado da relação entre um “hazard” e vulnerabilidade dos elementos (seres humanos, residências, etc.) expostos.

9.2 Aplicação do Modelo

Com as informações básicas obtidas, foram definidos os setores de estudo na área piloto. A setorização da área foi elaborada levando em consideração os critérios de elevação, declividade e litologia do terreno, o que resultou na divisão do local de estudo em quatro setores diferentes e que depois foram subdivididos em 30 outros subsetores. Com a ficha de campo previamente formulada para o modelo adotado (qualitativo baseado em índices), foram registradas as notas para os fatores de suscetibilidade em cada subsetor de estudo, percorrendo assim os quatro setores.

Com a delimitação dos setores de estudos traçados na ferramenta ArcGIS, foi possível definir os limites desses setores. Durante o trabalho de campo foram observados os parâmetros da topografia das encostas, como altura e extensão, assim como dos taludes de cortes. Entre os atributos geológicos, foram observadas a litologia, textura e estrutura do solo e nos fatores ambientais, observou-se, entre outros, o percentual de cobertura vegetal, a drenagem, o tratamento e a densidade demográfica. Nas áreas que não se caracterizavam como perigosas, mas incluíam alguns pontos isolados com essas características, esses pontos foram plotados no mapa como Pontos de risco alto.

10. RESULTADOS E ANÁLISE

Para fins de melhor atender à logística ao elaborar os cálculos de suscetibilidade, a região de trabalho foi dividida em quatro, levando em consideração afinidade litológica e geomorfológica, e esses setores foram novamente divididos em 30 subsetores com características físicas semelhantes entre si. O potencial de suscetibilidade a escorregamento e erosão da área de estudo no bairro Agronomia, em Porto Alegre/RS foi analisado para cada um dos subsetores. O grau de suscetibilidade final para cada um desses subsetores foi definido de acordo com o modelo adotado, utilizando os dados disponíveis relacionados aos atributos

pertinentes ao método de GUSMÃO FILHO *et al.* (1992) para o preenchimento das fichas de cada subsetor, e posteriores cálculos da suscetibilidade. O modelo adotado se mostrou consistente com as avaliações técnicas realizadas anteriormente pela equipe da CPRM e da Defesa Civil.

Tabela 5: Listagem final do Grau de Suscetibilidade por Setores do Bairro Agronomia

SETORES	SUBSETORES	FATORES DE RISCO			GRAU DE RISCO
		TOPOGRÁFICO	GEOLÓGICO	AMBIENTAL	
SETOR 1	1A	2	3	2,4	A
	1B	2,4	2,75	3,4	M.A.
	1C	2,4	2,75	3,4	M.A.
	1D	2,4	2,75	3,4	M.A.
	1E	1,75	2	1,5	B
SETOR 2	1A	2	3	2,4	A
	2A	1,6	2,25	3	M
	2B	2,25	2,8	3,4	M.A.
	2C	2,25	2,25	2,8	A
SETOR 3	2D	1,6	2,25	3	M
	3A	1,5	2	1,75	B
	3B	2,4	3	3,4	M.A.
	3C	1,75	2	2	M
	3D	2,4	3	3,4	M.A.
	3E	2,75	2,4	2,4	A
	3F	2,4	3	3,4	M.A.
	3G	1,75	2	2	M
	3H	2,75	2,4	2,4	A
	3I	2,75	2,4	2,4	A
	3J	2,4	3	3,4	M.A.
	3K	2,4	3	3,4	M.A.
	3L	1,75	1,75	2	B
	3M	2,4	3	3,4	M.A.
	3N	2,75	2,4	2,4	A
SETOR 4	3O	2,25	1,8	3	M
	3P	2,25	1,8	3	M
	4A	1,75	2	2	B
	4B	1,8	2,4	3	M
	4C	2,5	3	2,6	A
	4D	2,75	2,8	3	M.A.
	4E	1,8	2,4	3	M

A suscetibilidade na área estudada do bairro Agronomia, em Porto Alegre/RS, concentra-se nos subsetores de maiores declividades. Esse fator que, aliado à presença de assentamentos precários, falta de drenagens, pouco ou nenhum tratamento das encostas e às propriedades mecânicas do solo presente, juntamente com os demais fatores propostos por GUSMÃO FILHO (1992), faz com que o grau de suscetibilidade na área do projeto varie de Baixo (áreas de baixa declividade com poucas encostas) até Muito Alto (áreas de alta declividade densamente ocupadas).

Os polígonos verdes na Carta Geotécnica de Risco (Figura 13) são os subsetores com Suscetibilidade Baixa a erosão e escorregamento e representam 18,66% da área total estudada. Os polígonos amarelos representam os subsetores de Suscetibilidade Mediana e representam 33,40% da área total, enquanto os de cor laranja são os de Alto grau de Suscetibilidade e correspondem a 29,25% do total. Os polígonos vermelhos representam os subsetores de Suscetibilidade Muito Alta e correspondem a 18,60% da área total estudada.

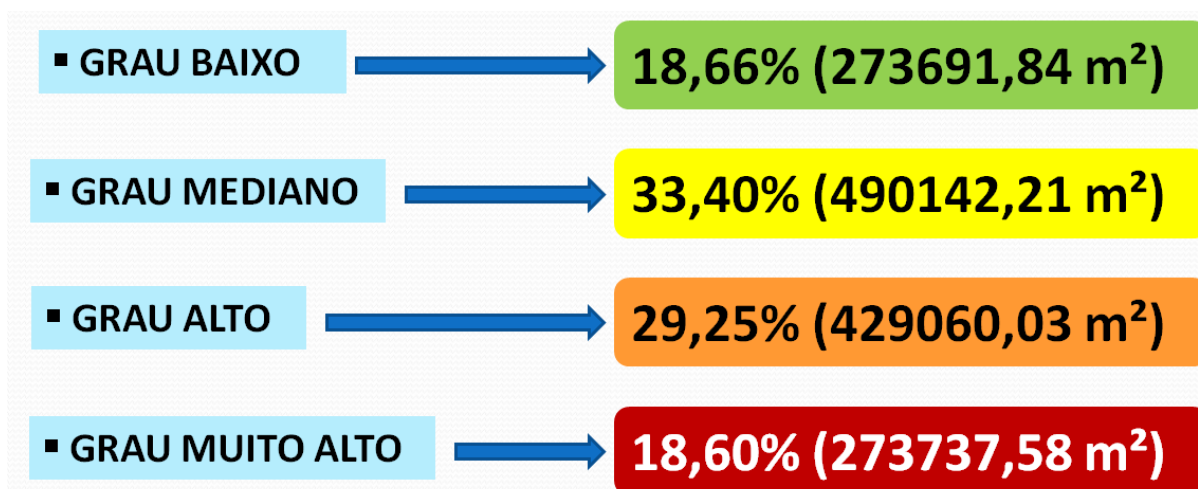


Figura 11: Relação da Suscetibilidade com a Área Total do Projeto.

Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Escorregamentos da Área de Estudo (Bairro Agronomia)

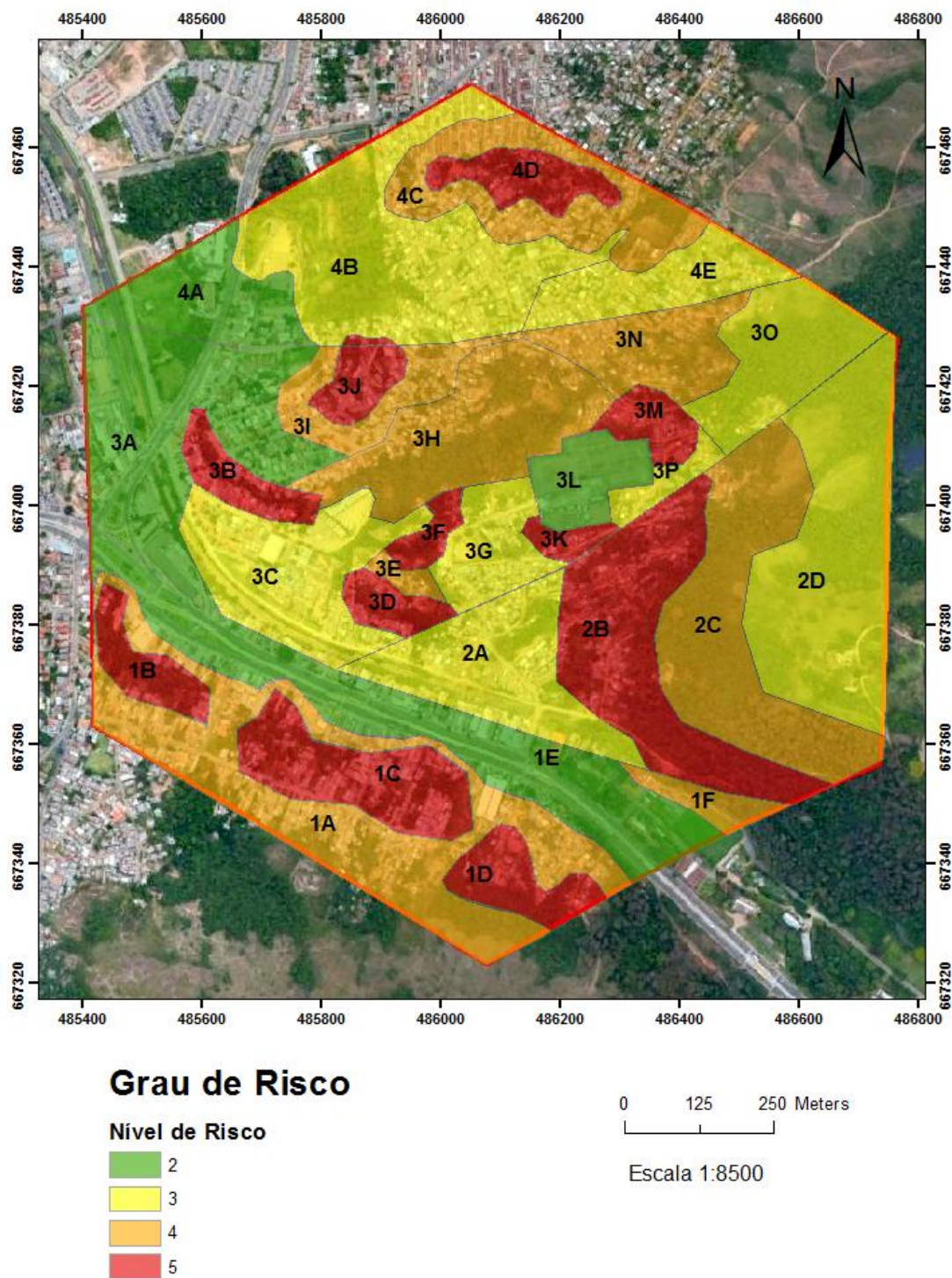


Figura 12: Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Escorregamento da Área de Estudo (Bairro Agronomia)

11. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por esse trabalho permitiram elaborar com sucesso e com ótimo grau de detalhamento a Carta Geotécnica de Suscetibilidade a Escorregamentos do Bairro Agronomia, mais precisamente, na área de estudo, inserida no mesmo. Os estudos mostraram também que os fatores Geológicos e Ambientais possuem uma relevância e um peso semelhante na influência da suscetibilidade total da região.

É possível afirmar que a hipótese principal desse trabalho foi confirmada, pois foram encontrados resultados coerentes com os estudos realizados CPRM e da Defesa Civil no local. As situações de suscetibilidade a escorregamentos foram confirmadas, além de ter sido possível a graduação do perigo em um novo nível para a área: o grau Mediano de Suscetibilidade, em amarelo (Figura 13).

Ainda foi possível comprovar a eficácia do método qualitativo de análise de suscetibilidade de GUSMÃO FILHO (1992) quando aplicado à outra região com características geológicas e ambientais diferentes das de Recife, município para o qual esse método de análise de suscetibilidade geotécnica foi desenvolvido. Essa constatação pode vir a ser de grande utilidade para o município de Porto Alegre-RS, pois habilita uma nova ferramenta para o uso no estudo sobre áreas suscetíveis a escorregamentos, deslizamentos e queda de blocos.

BIBLIOGRAFIA

ABGE (1990), Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. São Paulo: Estatutos.

AUGUSTO FILHO, O., CERRI, L. E. S., AMENOMORI, C. J. (1990a), Riscos Geológicos: Aspectos Conceituais. In: Simpósio Latino-Americano Sobre Risco Geológico Urbano, 1, São Paulo, 1990. Anais... São Paulo: ABGE, pp. 334-341.

BASTOS, C.A.B. 1991. Mapeamento e caracterização geomecânica das unidades geotécnicas de solos oriundos dos granitos, gnaisses e migmatitos de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BASTOS, C. A., & Dias, R. D. (1995). Unidades Geotécnicas de solos de Porto Alegre. Revista IG, São Paulo, 87-89.

BOLT, B. A.; HORN, W.L.; MACDONALD, G.A.; SCOTT, R.F. (1975), Geological Hazards. Berlim, Spriger-Verlag, 328p.

CARVALHO, C. S. (1996), Gerenciamento de riscos geotécnicos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão. São Paulo, 192p. Tese (Doutorado em Engenharia de Solos) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

DataViva. (Dezembro de 2014). Disponível em Data Viva - Beta: Visualizando a Economia do Brasil: <http://dataviva.info/profiles/bra/rs020416/?app=2>

GUSMÃO FILHO, J. A.; ALHEIROS, M. M.; JUSTINO DA SILVA, J. M.; GUSMÃO, A. D.; BASTOS, E. G.; LEAL, P. C.; FERREIRA, H. N. (1992), Mapeamento de Risco das Encostas Ocupadas do Recife. Gusmão Eng. Associados.

PEIXOTO, C. A. (2013), Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes, Inundações e Movimentos de Massa. Porto Alegre: CPRM, 13 p.

VARNES, D.J. (1984), Landslide Hazard Zonation: A review of Principles and Practice. UNESCO, Paris, pp.63.

ZUQUETTE, L. V. (1987), Análise Crítica da Cartografia Geotécnica e Proposta Metodológica para Condições Brasileiras. Tese (Doutorado) EESC/USP, São Carlos. 4v.

ZUQUETTE, L. V. (1993), Importância do Mapeamento Geotécnico no uso e Ocupação do meio Físico: Fundamento e Guia para Elaboração. Tese de livre docência EESC/USP, São Carlos. 2v.