



Mapeamento Geológico-Geotécnico e Análise de Suscetibilidade a Movimentos de Massa em Braço do Norte – SC

Thaynara Loch Fornasa

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, naraforfornasa@gmail.com

Murilo da Silva Espíndola

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, murilo.espindola@ufsc.br

Luana Moreira Florisbal

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, luana.florisbal@ufsc.br

RESUMO: O mapeamento geotécnico e o mapa de suscetibilidade desenvolvidos neste trabalho possuem como principal função o auxílio no planejamento urbano de Braço do Norte. A metodologia utilizada para a construção do mapa geotécnico, em escala 1:100.000, foi a de Davison Dias (1995). As principais etapas de metodologia utilizadas foram: Classificação das unidades geológicas e pedológicas em campo e laboratoriais; Atualização cartográfica; Estruturação em SIG do banco de dados geológico e pedológico; Geração das unidades geotécnicas; Coleta, realização e análise dos ensaios laboratoriais; Criação do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa utilizando o método de Janbu Simplificado, e a média de três ensaios por unidades geotécnicas. Como resultado deste trabalho, o Município apresenta uma atualização cartográfica com novas disposições espaciais; E, a caracterização geotécnica das unidades. Esses dados tornaram possível, na área de estudo, a identificação de 9.73% de alta, 77.12% de baixa e 13.15% de média suscetibilidade a movimentos de massa.

PALAVRAS-CHAVE: Atualização cartográfica, Mapeamento geotécnico, Suscetibilidade a movimentos de massa.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento do crescimento populacional aliado à ocupação do solo de forma desordenada das últimas décadas, no Brasil, faz-se necessário o uso de mapas de dados para auxiliar no planejamento urbano das cidades. Zuquette (1993) aponta o mapeamento geotécnico como um instrumento importante de apresentação de informações do meio físico, visando o uso e ocupação ordenados do terreno e o planejamento ambiental.

Neste contexto, este trabalho apresenta uma análise do meio físico por meio de um sistema de informações geográficas – SIG, que

proporciona uma avaliação da expansão do centro urbano do Município de Braço do Norte e aponta as áreas mais aptas à ocupação, do ponto de vista geotécnico.

O trabalho de conclusão de curso propõe a atualização dos dados cartográficos existentes no Município; e a manutenção de forma aplicada dos dados em ambiente SIG, possibilitando a elaboração de mapas temáticos em escala 1:100.000.

Além do SIG e o geoprocessamento, outros procedimentos essenciais desenvolvidos para compor o bando de dados foram a realização de ensaios laboratoriais de caracterização geotécnica e resistência dos solos e o auxílio da



ferramenta de modelagem 2D para a estabilidade de taludes.

Portanto, procura caracterizar, mapear e atualizar as unidades geológicas, pedológicas e geotécnicas no Município de forma a apresentar o comportamento geotécnico de unidades semelhantes, o qual trará resultados estratégicos para a tomada de decisão, favorecendo políticas de uso e ocupação do solo para a implementação de forma adequada de novas comunidades no município Braço do Norte – SC.

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral elaborar um mapa geotécnico com ênfase na identificação de áreas susceptíveis a deslizamentos de massa no município de Braço do Norte em Santa Catarina e assim, contribuir com o planejamento urbano da cidade.

1.2 Objetivos Específicos

- Atualizar a escala do mapa geológico da CPRM 1:250.000 da área de estudo para uma escala de 1:100.000;

- Atualizar o mapa pedológico da Embrapa 1:250.000 para 1:100.000, com ênfase em geotecnia;
- Calcular e avaliar possíveis deslizamentos por meio de MDT e de modelagem 2D;
- Utilizar os dados de ensaios laboratoriais para entender os parâmetros de resistência e o comportamento geotécnico do solo;
- Desenvolver um mapa temático de suscetibilidade a movimentos de massa, visando o fácil entendimento de profissionais técnicos e não técnicos.

1.3 Localização e Acesso

O município de Braço do Norte está situado no Estado de Santa Catarina, aproximadamente 173km a SW da cidade de Florianópolis, entre as coordenadas 28° 16' 30'' de latitude sul e 49° 09' 56'' de longitude oeste. Possui uma área de 223,9 km², com população de 31 mil habitantes. A Figura 1 ilustra a localização do município de Braço do Norte, bem como as principais vias de acesso.

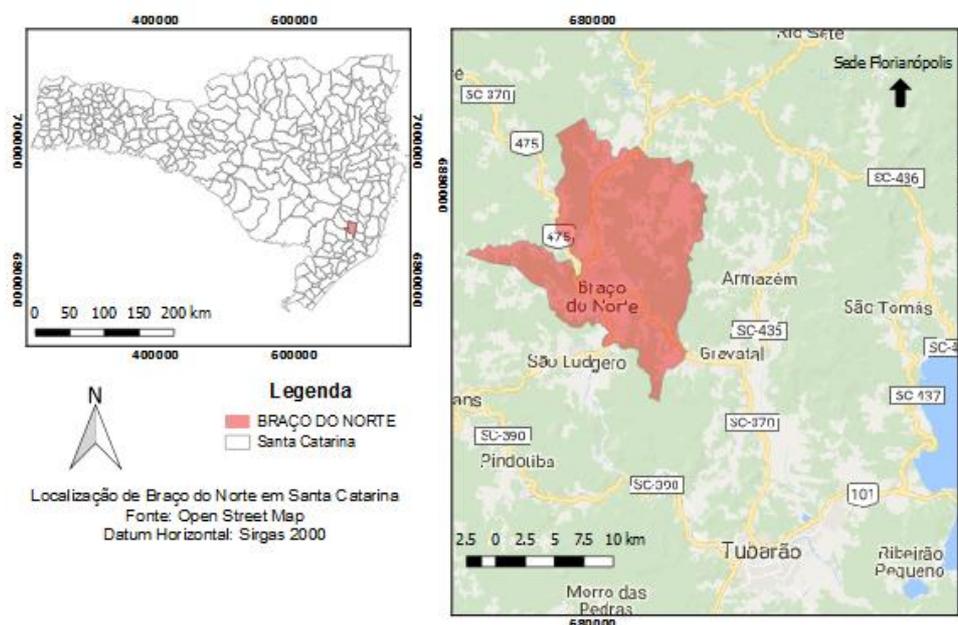


Figura 1. Localização da área de estudo.



2 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho se deu inicialmente por uma ampla revisão bibliográfica de dados e conceitos referentes aos dados geológicos e à movimentos de massa, sobretudo associados as características regionais do município de Braço do Norte.

O mapeamento geotécnico segue os parâmetros da metodologia de Davison Dias (1995), que faz a superposição dos dados obtidos através da atualização cartográfica dos mapas geológico e pedológico. A metodologia adotada na análise de estabilidade de taludes é a de Janbu Simplificado, por apresentar os menores FS para todas as simulações de declividades.

Foram necessários 10 dias de campo para a realização deste trabalho, os quais a Prefeitura Municipal de Braço do Norte financiou, por meio do projeto 007/2018, intermediado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU).

2.1 Dados Cartográficos

As referências geológicas e pedológicas utilizadas para a construção do mapa base das saídas de campo estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Mapas existentes utilizados em campo.

Mapa	Escala	Fonte
Pedológico de Santa Catarina	1:250.000	EPAGRI
Folha Criciúma SG-22-X-B	1:250.000	CPRM

2.2 Amostragem em Campo

Foram destinados três dias de campo para esta etapa, de 07/09 a 09/09 e se procurou realizar o campo de coleta de amostras para análises laboratoriais em período sem registro de chuvas recentes.

A coleta de amostras em campo para a realização dos ensaios laboratoriais de cisalhamento direto foi feita por meio de

moldes de alumínio biselados com 2cm de altura e área de 93.32cm².

Além dos corpos de prova indeformados, formam coletados materiais desagregados para a determinação do teor de umidade, massa específica e ensaio de granulometria. Para cada unidade geotécnica foram coletados quatro corpos de prova destinados ao cisalhamento direto, um para o caso de erro no ensaio, e procurou-se coletar ao menos três encostas por unidade. Para os ensaios de caracterização, foram coletados aproximadamente 3 kg de solo por ponto amostrado.

2.3 Ensaios Laboratoriais

Os ensaios de caracterização realizados, massa específica e análise granulométrica, foram executados de acordo com as normas NBR 6508/1984 e NBR 7181/1984, respectivamente.

Afim de apresentar e analisar a pior condição possível do solo, os ensaios de cisalhamento foram realizados de forma inundada. Para calcular a envoltória de ruptura de cada encosta, determinando seu ângulo de atrito e coesão, cada ponto de coleta foi analisado em três estágios, apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2. Caracterização dos estágios utilizados no ensaio de Cisalhamento Direto.

Estágio	Tempo mínimo de consolidação (min)	Peso na ponta da alavanca (kg)	Tensão Aplicada (kPa)
1	60	3	32
2	240	12	77
3	720	22	127

2.4 Mapeamento Geológico

Para a atualização cartográfica foram realizados perfis estratégicos baseados no mapa geológico da CPRM (2000), Folha Criciúma SG-22-X-B, 1:250.000. A metodologia utilizada foi a de rastreamento de contatos, cruzando zonas de contatos de acordo com a base geológica pré existente. Os perfis foram planejados de



maneira estratégica, os quais preferencialmente acompanhassem os contatos das unidades delimitadas e cruzassem unidades importantes para verificação terrestre da base geológica, em áreas com acesso a veículos, traçados de modo que cruzassem o maior número de afloramentos delimitados no pré-campo, por meio de imagens de satélite do Google Earth.

Nos cinco dias de campo, 09/06 a 13/06, foram feitos cinquenta e seis pontos, um a cada quilômetro, com a finalidade de caracterizar as unidades, coletar amostras para estudos laboratoriais, análise das rochas em lupa e a fabricação de lâminas para posterior descrição. Com esses resultados, foi possível a atualização cartográfica para 1:100.000, com auxílio de fotointerpretação do modelo digital de terreno (MDT) fornecido pela SDS (2010), formando o mapa geológico do Município.

Por meio dos resultados analisados da campanha de campo, foi possível ainda, criar uma seção geológica do município, por meio de ferramentas como o *software Corel Draw* e o complemento *Profile Tools*, do Qgis, usando o mapa geológico atualizado e o modelo digital de terreno da SDS (2010). A seção foi representada na porção Sul do mapa geológico, de A-B, pela maior representatividade geológica, de maneira que sintetizasse o maior número de unidades geológicas possíveis.

2.5 Mapeamento Pedológico

Foram destinados dois dias de campo para a atualização pedológica, 05/09 e 06/09, a qual seguiu a mesma metodologia adotada na etapa de mapeamento geológico, rastreamento de contatos. Foram realizadas classificações tató-visuais em campo de 65 pontos, afim de caracterizar, dentro dos parâmetros pedológicos, os solos existentes na área de estudo. Os contatos foram reajustados de acordo com o volume de pontos descritos e com a fotointerpretação das imagens matriciais da SDS.

2.6 Mapeamento Geotécnico

Para a criação do mapa geotécnico, 1:100.000, foi utilizada a metodologia de Davison Dias (1995), ajustando a superposição dos documentos cartográficos atualizados nesse trabalho, mapa geológico e pedológico 1:100.000, além do modelo digital de terreno da SDS (2010).

2.7 Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa

A confecção do mapa de suscetibilidade a movimentos de massa do município de Braço do Norte foi realizada a partir das análises geotécnicas de cada unidade. Os parâmetros utilizados na análise foram as médias de coesão, ângulo de atrito e peso específico saturado para cada unidade, de maneira que as modelagens 2D fossem realizadas utilizando modelos determinísticos.

A avaliação do cálculo do fator de segurança (FS) de cada unidade geotécnica utilizando o *software SlopeTM, SoilVision*, foi feita por meio da criação de modelos de taludes com inclinações de: 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40° e 45°, utilizando nível d'água a 5 metros de profundidade, com uma espessura de solo de 25m e bancada de 5m, de maneira que a geometria do modelo utilizado não seja limitante para a superfície de ruptura.

Nas análises foi utilizado o método de Janbu Simplificado, com superfícies circulares. Com os FS obtidos em cada inclinação, foi possível estabelecer funções por meio de gráficos de FS x Declividade Limite, nas quais o melhor ajuste se deu em polinômios de ordem 3. Com as funções estabelecidas, as encostas que apresentaram FS acima de 1,5 foram consideradas como de baixo grau de suscetibilidade aos deslizamentos. Assim como as encostas que apresentaram FS abaixo de 1,15 e entre 1,5 e 1,15 foram consideradas,



respectivamente, como de alto e médio grau de suscetibilidade.

3 RESULTADOS

Os resultados apresentados neste tópico incluem os mapas geológico e pedológico em uma escala 1:100.000, o mapa geotécnico, ensaios laboratoriais e o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa.

3.1 Atualização da Cartografia Geológica

A atualização geológica (Figura 2), aborda a descrição das unidades, fotointerpretação e documento cartográfico gerado.

3.1.1 Descrição das Unidades Geológicas

Alguns contatos e delimitações estão apresentadas espacialmente diferentes do mapa da CPRM (2000), em função da atualização dos dados geológicos em escala maior.

3.1.1.1 Granitóide Santa Rosa de Lima

Sieno a Monzogranito, mesocrático, cor cinza rósea com variação de cinza claro a cinza escuro, predominante de estrutura maciça, com presença menos frequente de foliação magmática incipiente e rara foliação milonítica. Textura porfirítica com megacristais de K-feldspato esparsos a raros (1-4.5cm), dispostos em uma matriz inequigranular seriada a inequigranular média a fina. Mineralogia composta por biotita (10%), sericita e raros epidoto e clorita como minerais de alteração e os acessórios titanita, apatita, zircão, rara allanita e opacos.

3.1.1.2 Granito Imaruí-Capivari

Sieno a Monzogranitos, mesocrático, cor cinza rósea a cinza claro, majoritariamente de estrutura maciça, frequente foliação magmática

a incipiente marcada pela forma dos megacristais de K-feldspato ou alinhamento de cristais, raramente estrutura cataclástica. Textura porfirítica com megacristais de K-feldspato (2-6cm), com peritita do tipo foi ou fita, em uma matriz média a grossa. Mineralogia composta por biotita (10%), por vezes em agregados, sericita e clorita como minerais de alteração e os acessórios allanita, ilmenita, zircão, apatita e opacos. Presença de enclaves máficos centimétricos.

3.1.1.3 Granito Jaguaruna

Sieno a Monzogranito, mesocrático, cor cinza rósea, majoritariamente de estrutura maciça, localmente com foliação incipiente marcada pelos cristais máficos, textura equigranular média a grossa a inequigranular seriada pela presença de cristais arredondados de K-feldspato; rara textura rapakivi. Mineralogia composta por biotita (15%) e os acessórios apatita, titanita, zircão, allanita e opacos. Presença frequente de enclaves máficos subarredondados.

3.1.1.4 Formação Rio do Sul

Arenitos médios a finos, micáceos, bem selecionados, intercalados com Siltito com estratificação plano paralela e lentes de Arenito descontínuas; Rochas Pelíticas de cor amarelada a cinza escura; Raramente conglomerado de matriz suportada composto por clastos de variados tamanhos e litologias; Muito raramente Heterolito composto por camadas de Silte cinza escuro intercalado com camadas contínuas de Arenito e camadas de Argilito fino, cinza escuro, com lamina de Silte.

3.1.1.5 Formação Serra Geral

Derrames basálticos, diques de diabásio relacionados ao magmatismo toleítico da Bacia do Paraná.



Os Cambiossolos possuem características diagnósticas como horizonte A pouco espesso, seguido de um horizonte B incipiente. Já os Argissolos, predominantes na área de estudo, possuem horizonte A pouco espesso, seguido de horizonte B bem espesso e com textura argilosa a muito argilosa e em sua grande maioria apresentam-se com coloração vermelho a vermelho escuro.

Os depósitos residuais são classificados como solos de origem sedimentar que não se encaixam nas unidades Cambiossolo e Argi ssolo por não apresentarem Horizonte B bem definido.

pontos amostrados e suas devidas unidades geotécnicas em escala 1:100.000. Foram obtidos dados de ensaios de resistência e caracterização em três encostas para cada unidade. As unidades presentes na área de estudo são Cambi ssolo e Argi ssolo do Granitóide Santa Rosa de Lima (CgSR e AgSR), Cambi ssolo e Argi ssolo do Granito Imaruí-Capivari (CgIC e AgIC), Argi ssolo do Granito Jaguaruna (AgJ), Saprólito de arenito e siltito (SasRS) e Argi ssolo de diabásio Serra Geral (AdSG). A Formação Rio do Sul é representada por arenitos e siltitos, os quais são mais representativos nos solos da unidade. A Formação Serra Geral não foi amostrada em campo, pela presença de vasta vegetação na área, impossibilitando a coleta. De maneira geral, os dados obtidos em todas as unidades estão apresentados na Tabela 3.

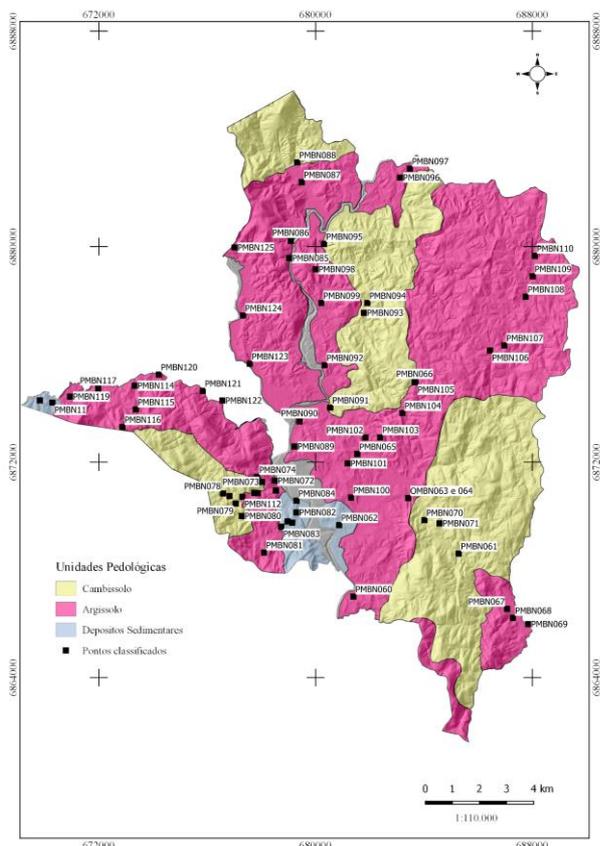


Figura 3. Base cartográfica geológica atualizada.

3.3 Mapa Geotécnico e Comportamento Mecânico

A Figura 4 apresenta o mapa geotécnico de Braço do Norte, com a espacialização dos

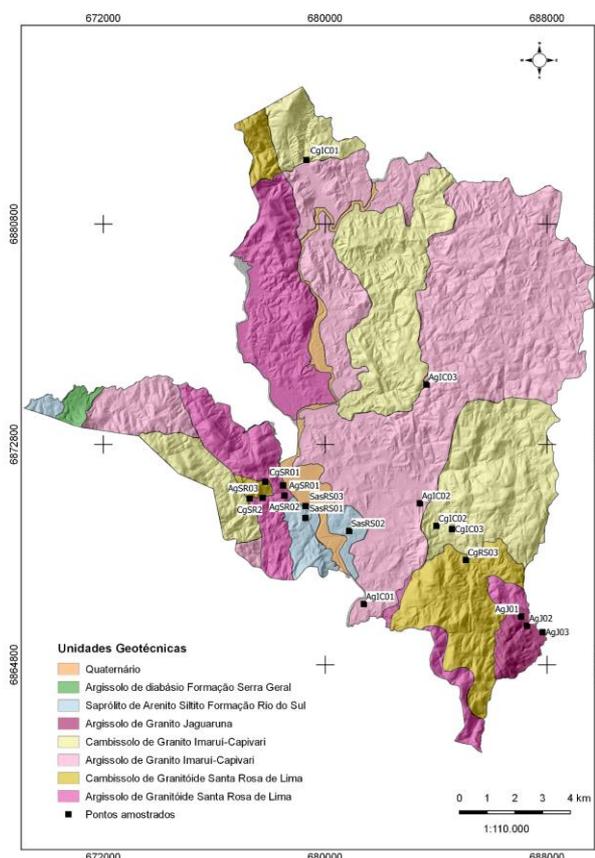


Figura 4. Mapa geotécnico, escala original 1:100.000.



Tabela 3. Índices físicos e resultados de ensaios de resistência e caracterização das unidades geotécnicas.

Ponto	Argila	Silte	Areia			Pedregulho		ϕ	c	γ_{sec} (kN/m ³)	γ_{nat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	w%
			f	m	g	(%)							
CgIC01	1.5	7.9	1.47	7.71	8.09	73.32	31	5.2	15.0	16.5	17.97	13.43	
CgIC02	0.26	2.82	0.84	2.97	4.28	88.83	36.6	2.1	14.9	16.8	18.60	13.92	
CgIC03	0.96	3.85	0.21	3.55	5.13	86.3	31.2	4.5	14.0	17.0	18.31	11.21	
AgIC01	2.76	18.22	3.06	15.24	17.15	43.57	28.3	7.1	14.2	15.6	18.48	10.14	
AgIC02	11.38	33.76	0.52	1.03	0.15	53.16	30.9	14.1	11.0	13.2	16.66	25.85	
AgIC03	3.35	18.57	5.65	7.72	8.21	56.5	26.7	9.8	11.0	13.5	16.32	21.84	
CgSR01	0.48	12.92	4.07	21.40	13.00	48.13	38.1	1.6	16.7	19.2	19.88	14.78	
CgSR02	1.73	7.31	1.36	11.96	20.01	57.63	35.2	3.2	14.4	16.8	18.61	16.94	
CgSR03	1.7	16.17	2.19	14.01	15.58	50.35	33.4	3.0	14.3	15.8	18.12	10.14	
AgSR01	16.01	25.61	3.41	9.64	3.27	42.02	27.6	18.8	15.1	19.0	19.09	25.81	
AgSR02	9.30	15.57	5.93	16.31	11.89	41.00	27.7	14.6	14.0	17.0	18.28	22.69	
AgSR03	9.38	10.63	5.76	17.37	12.50	44.37	28.9	14.9	13.0	15.2	17.54	16.48	
AgJ01	15.06	5.68	2.74	6.49	5.58	64.46	26.7	17.2	14.7	17.5	18.70	18.45	
AgJ02	4.61	15.64	4.13	15.03	10.51	50.08	30.4	10.2	13.6	16.4	18.00	21.02	
AgJ03	15.75	6.38	0.63	1.90	2.18	73.16	28.4	15.6	13.6	16.5	17.97	21.02	
SasRS01	2.52	33.09	27.66	35.84	0.89	0	42.2	14.6	17.2	19.9	20.12	13.11	
SasRSa02	10.22	40.25	41.29	7.46	0.78	0	37.9	8.6	16.0	18.5	19.58	15.25	
SasRS03	2.41	30.15	30.62	34.57	2.25	0	36.4	11	16.0	18.1	19.65	15.35	

3.4 Estabilidade de Taludes e Análise de Suscetibilidade a Movimentos de Massa

São apresentadas neste tópico as médias dos parâmetros geotécnicos de coesão, ângulo de atrito e peso específico saturado utilizados para o cálculo do fator de segurança e da declividade limite de cada unidade geotécnica.

3.5 Fator de Segurança e Declividade Limite das Unidades Geotécnicas

Os valores utilizados para coesão, ângulo de atrito e peso específico de todas as unidades estão apresentados no Quadro 1. Os parâmetros utilizados na unidade AdSG foram retirados de Pinheiro (2000). Os resultados das análises representados em declividade limite para os fatores de segurança alto, médio e baixo estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 1. Parâmetros geotécnicos utilizados para o cálculo de FS de cada unidade geotécnica.

Unidade	c (kPa)	ϕ	γ_{sat} (kN/m ³)
CgIC	3.93	32.93°	18.29
AgIC	10.33	28.63°	17.15
CgSR	2.6	35.57°	18.87
AgSR	16.1	28.06°	18.3
AgJ	14.33	28.5°	18.22
SasRS	11.4	38.83°	18.78
AdSG	11.9	31.5°	18.23

Quadro 2. Declividade Limite e FS das unidades geotécnicas.

Ponto	CgIC	AgIC	CgSR	AgSR	AgJ	AbSG	SasRS
1.5	20.71°	19.34°	22.28°	21.02°	20.75°	23.61°	26.87°
1.3	23.21°	21.89°	24.67°	23.73°	23.41°	25.24°	30.12°
1.15	25.56°	24.26°	27.14°	26.49°	26.09°	27.45°	33.63°
FS	Declividade limite						



3.6 Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa

O mapa de suscetibilidade a movimentos de massa da área apresenta, em sua totalidade, 77.12% de áreas com baixa suscetibilidade, 13.15% de média e 9.73% alta suscetibilidade a movimentos de massa (Figura 5).

Além do quaternário, a unidade geotécnica que mais apresentou porcentagens de baixas suscetibilidade a movimentos de massa foi a SasRS com 96.97%, enquanto que as maiores porcentagens de alta suscetibilidade estão na unidade CgIC com 13.86%. A Tabela 4 traz as porcentagens totais das áreas de alta, média e baixa suscetibilidade para as unidades.

Tabela 4. Porcentagem de suscetibilidade em cada unidade geotécnica.

%	AgI	SasRS	AgSR	AgIC	CgIC	AbSG	CgSR	Q	TOTAL
Baixa	82.08	96.97	73.85	81.56	69.24	94.80	70.06	100	77.12%
Media	13.01	2.15	15.83	10.755	16.90	3.17	19.09	-	13.15%
Alta	4.9	8.83	10.32	7.68	13.86	5.19	10.84	-	9.73%

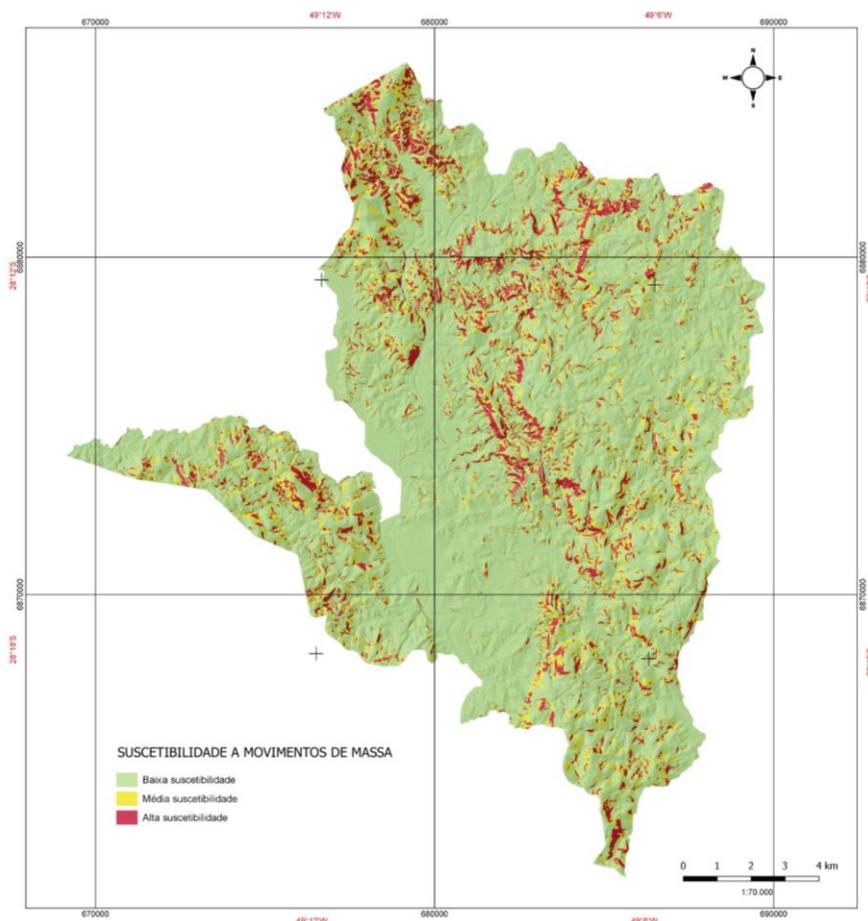


Figura 5. Mapa de Suscetibilidade a Movimentos de Massa de Braço do Norte.

4 DISCUSSÕES

A metodologia aplicada a atualização cartográfica, por meio de rastreamento de

contatos, perfis regionais em escala maior e análise de MDT e dados geofísicos, mostrou-se eficiente para a delimitação e ajuste de novos contatos nos mapas geológico e pedológico.



A metodologia de Davison Dias (1995) apresentou-se, em partes, eficiente. Para as unidades geotécnicas propostas, somente um ensaio por unidade não representa os parâmetros geotécnicos reais, visto que os resultados dos três ensaios por unidade não se mostram totalmente homogêneos, apresentando algumas diferenças em valores de coesão, atrito e peso específico saturado, além da caracterização granulométrica.

Em relação ao mapa de suscetibilidade a movimento de massa, se o compararmos ao mapa existente da CPRM (2016), o produzido por este trabalho apresenta menores valores de alta suscetibilidade e maiores de baixa suscetibilidade. Além da utilização de uma base cartográfica em maior escala para a classificação, os parâmetros de resistência de cada unidade geotécnica aplicado neste trabalho são os fatores com maior representatividade nas diferenças de suscetibilidade entre os mapas.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho evidenciou a necessidade de melhor discriminação das unidades geotécnicas, e conseqüentemente melhora na estimativa de parâmetros geotécnicos.

A utilização da metodologia realizando três amostras por unidade proporcionou resultados de solos com comportamento granulométrico e parâmetros de resistência com variações em uma mesma litologia, visto as diferentes possibilidades de texturas e estruturas em uma mesma unidade geológica. Classificar por superposição de solos e litologias, atribuindo a comparação de diferentes tipos de granitos como sendo da mesma unidade geotécnica, os resultados de coesão e ângulo de atrito não representam os parâmetros reais. Como apresentado neste trabalho, granitos porfiríticos (CgIC) possuem parâmetros de resistência diferentes dos porfiríticos com megacristais esparsos (CgSR).

As atualizações do mapa geológico e pedológico para a superposição do mapa geotécnico se mostraram essenciais na geração do mapa preliminar de suscetibilidade a movimentos de massa. Assim como os parâmetros geotécnicos relacionados com o FS e declividade de cada unidade geotécnica. A unidade SasRS a 33.63° de declividade possui alta suscetibilidade a movimentos de massa, enquanto que o AgIC a 24.26° de declividade adquire alta suscetibilidade. Classificar a suscetibilidade a movimentos de massa sem apresentar parâmetros de resistência, neste trabalho, não apresentaria valores reais de suscetibilidades a movimentos de massa.

O mapeamento geotécnico e o mapa de suscetibilidade desenvolvidos neste trabalho, não substituem análises pontuais, possuem uma escala 1:100.000 e são considerados de escala regional.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (1984). *NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (1984). *NBR 06508: Grãos de solo que passam na peneira de 4.8mm – Determinação da massa específica*. Rio de Janeiro.
- Davison Dias, R. (1995). Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. *Revista do Instituto Geológico*. V.16, p. 51-55.
- Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA). (2006). *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. Rio de Janeiro, 306p.
- Pinheiro, Rinaldo José Barbosa. (2000). *Estudo de alguns casos de instabilidade da encosta serra geral no estado do Rio Grande do Sul*. 342p. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Serviço Geológico do Brasil (CPRM). (2000). *Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil*. Carta Geológica (1:250.000). Folha Criciúma SH.22.X.B.
- Zuquette, L.V. (1993). *Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico: Fundamentos e guia para elaboração*. Tese de livre-docência, Universidade de São Carlos, 2v, 388 p.