

Análise dos deslizamentos em São Gonçalo – Rio de Janeiro: uma abordagem multi-escalar

Resumo

Os movimentos gravitacionais de massa têm sido objeto de amplos estudos nas mais diversas regiões, os quais desencadeiam problemas de natureza ambiental e social. No Brasil e nos países da faixa intertropical, os movimentos de massa gravitacionais têm suas ocorrências evidenciadas com maior intensidade nas estações úmidas, que ocorre entre os meses de novembro a abril, período no qual o regime pluviométrico é elevado com totais superiores a 100 mm/mês. Os problemas gerados a partir dessas ocorrências estão relacionados com as propriedades físicas, composição mineralógica e propriedades hidráulicas do solo, além da influência da cobertura vegetal e de ações antrópicas, acarretando perdas de vidas, gerando prejuízos e afetando também economias locais. A fim de entender esses processos de movimento de massa no município de São Gonçalo, foram realizados estudos de campo e catalogação de dados dos deslizamentos de encosta e deslizamentos de blocos no período de 1995 a 2010. Constatou-se que os deslizamentos no município têm, em seus processos deflagradores, inúmeras variáveis associadas ao lineamento estrutural das rochas, declividade da encosta, presença de argilominerais de alta atividade e baixa condutividade hidráulica ao longo do perfil de solo.

Palavras-chave: Deslizamentos, propriedades físicas, composição mineralógica e condutividade hidráulica

Abstract:

Gravitational mass movements, which generate problems of environmental and social nature, have been studied extensively in many regions. In Brazil and in countries of the intertropical band, the occurrence of gravitational mass movements increases in wet periods, which occurs around the months of November and April. During this period, precipitation exceeds 100 mm/month. The problems caused by these occurrences are related to the physical properties, mineralogical composition and soil hydraulic properties, as well as the influence of vegetation and anthropic activities, leading to loss of life and jeopardizing local economies. In order to understand these processes of mass movement in São Gonçalo, field studies and data collection of landslides and block slips were carried out from 1995 to 2010. Results showed that the trigger mechanism of landslides in São Gonçalo has numerous variables related to structural lineament of rocks, hillside slope, the presence of high activity clay minerals and low hydraulic conductivity along the soil profile.

Key-Words: Landslides, physical properties, mineralogical composition and hydraulic conductivity

Introdução

Os movimentos gravitacionais de massa têm sido objeto de amplos estudos nas mais diversas regiões, não apenas por sua importância como agentes atuantes na evolução das formas de relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico (Guidicini e Nieble, 1984). Os movimentos de massa são, assim como os processos de intemperismo e erosão, fenômenos naturais contínuos de dinâmica externa, que modelam a paisagem da superfície terrestre (FERNANDES e AMARA, 2009).

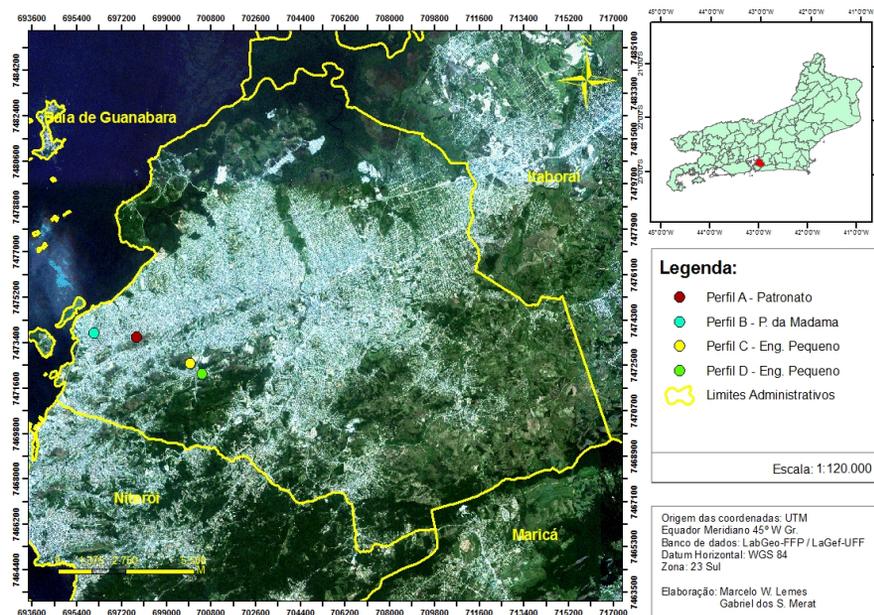
Diversos fatores podem afetar a estabilidade das encostas, tais como: as características lito-estruturais, o gradiente e a forma da encosta (SELBY, 1982 e SIDLE et al., 1985), as propriedades físicas e mineralógicas dos solos, a intensidade da pluviosidade e a umidade antecedente (MONTGOMERY et al., 1997) e a presença ou não da vegetação. Esses fatores também podem estar associados à intervenção antrópica, tornando o entendimento dos movimentos de massa extremamente complexos (SIDLE et al., 1985; AUGUSTO FILHO e VIRGILI, 1998; ZHOU et al., 2002).

O objetivo principal deste trabalho é identificar e avaliar os movimentos de massa em São Gonçalo, com a finalidade de compreender a ocorrência desses fenômenos em escala espacial e temporal.

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de São Gonçalo, localizado na porção sudoeste do Estado do Rio de Janeiro (Brasil) (Figura 1), com um contingente populacional que ultrapassa a casa de um milhão de habitantes, distribuídos numa área total de 241km². No local há o predomínio de dois tipos de movimentos de massa: a) deslizamentos de encosta e b) deslizamentos de blocos.

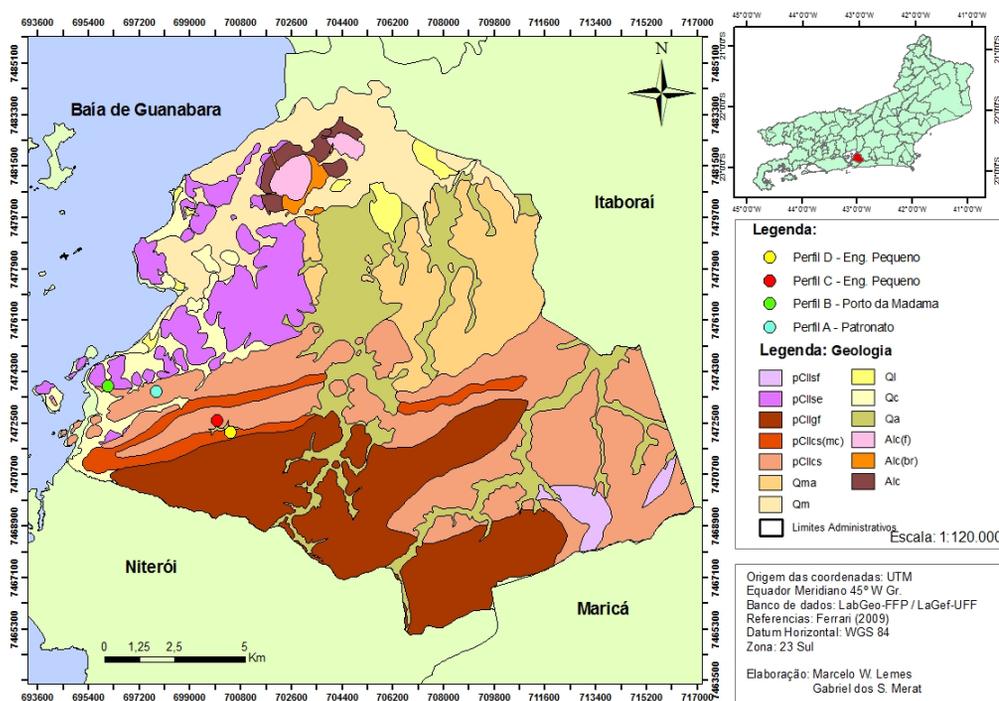
Figura 1 Localização espacial dos perfis de solo estudados.



Os domínios geológicos que possuem maior representatividade na região são formações do Pré-Cambriano, dentre elas destacam-se duas unidades: a) pEIIgf – Unidade Gnaiss Facoidal – compreende (granada) biotita–plagioclásio–K feldspatos, gnaisses homogêneos, com características estruturais semioftálmicas e b) pEIIcs – Unidade Cassorotiba – compreende (granada) biotita–plagioclásio–K feldspato gnaisses homogêneos (Ferrari, 2001). Foliação incipiente a bem desenvolvida, presença local de porções migmáticas heterogêneas da Unidade Santo Eduardo, não mapeáveis à escala. Contatos transicionais para as Unidades Santo Eduardo, São Fidélis e Gnaiss Facoidal (Figura 2).

O relevo do município é caracterizado por três feições distintas: relevo de morros isolados, planícies flúvio-marinhas e superfícies coluvionares. São Gonçalo é caracterizado por um relevo colinoso, que corresponde a 35% da área total, e pela presença de maciços, tabuleiros e planícies costeiras. Nessas serras e morros que compõem o relevo, as declividades das encostas são superiores a 30%, o que, segundo Cunha (1991) exige critérios minuciosos para serem ocupadas.

Figura 2 Domínios geológicos do município de São Gonçalo e a distribuição dos perfis estudados (Modificado de FERRARI, 2001).



O clima da região é do tipo AW (Köppen), e o período mais seco ocorre nos meses de maio a outubro, com totais pluviométricos mensais inferiores a 100 mm. A estação chuvosa acontece no período de novembro a abril. Cerca de 22,0% do total acumulado está concentrado no mês de janeiro, no qual, em geral, registra-se um total de chuva superior a 170 mm. A temperatura média anual é de cerca de 26°C. Em geral, a região apresenta temperaturas quentes e alta umidade relativa do ar, em média 74,0%, na maior parte do ano (BERTOLINO et al., 2007).

Em estudos recentes, Bertolino et al. (2014, inédito) demonstraram que os valores de intensidade de chuva para o município de São Gonçalo apresentam o predomínio de chuvas de menor intensidade (insignificante e leve) que perfazem um total de 86,3%. Em seguida, ocorrem os eventos de intensidades moderada (13,0%) e forte (0,6%), não havendo nenhum registro de chuvas muito fortes no período analisado. Os resultados mostram um padrão para o município de São Gonçalo de chuvas até 10 mm (93,0%) com predomínio de intensidades insignificantes e leves (86,3%), ocorrendo preferencialmente nos períodos úmidos. O padrão de precipitação do município está atrelado a frequências de chuvas de pequenas magnitudes e de baixa intensidade com longa duração, estando os movimentos de massa relacionados a esse padrão, sobretudo após dias seguidos de eventos de chuvas (insignificante e leve) devido à umidade antecedente acumulada.

Materiais e métodos

Os dados sobre os movimentos de massa entre o período de 1995 a 2005 no município de São Gonçalo foram obtidos pelo Laboratório de Geociências - UERJ, por intermédio dos Boletins de Ocorrência da Defesa Civil de São Gonçalo. Entre o período de 2006 a 2010, os dados foram obtidos a partir de trabalhos de campo e levantamento na imprensa. Todos os movimentos de massa que ocorreram no período de 1995 a 2010 foram georreferenciados utilizando-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Com a finalidade de entender as características dos materiais, bem como demonstrar a importância dos solos nos movimentos de massa, foram escolhidos 4 (quatro) perfis de solos para serem estudados: 1) Morro do Patronato (PERFIL A) 2) Porto da Madama (PERFIL B) 3) Engenho Pequeno (PERFIS C e D). Os perfis pedológicos foram descritos em campo e as determinações da porosidade total, macroporosidade e microporosidade, foram realizadas no Laboratório de Geociências (LABGEO) segundo o Método do Anel Volumétrico (Embrapa, 1997).

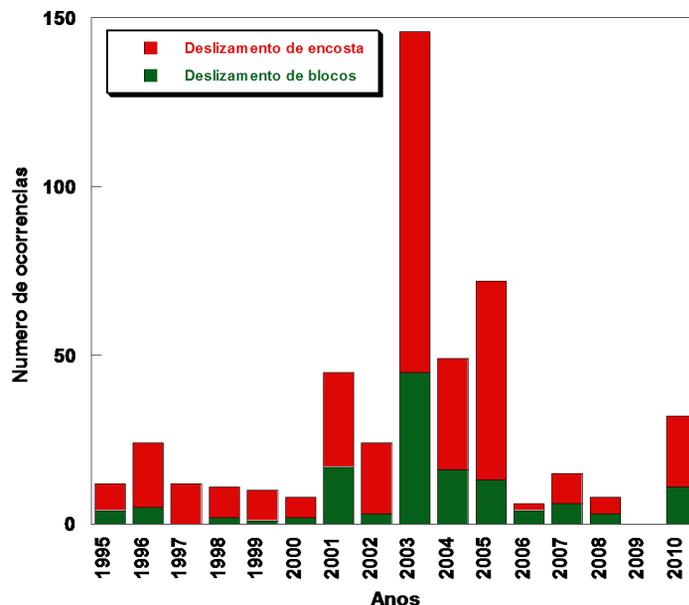
Os experimentos de condutividade hidráulica foram realizados através de ensaios com o permeâmetro de Guelph, tendo como base princípio de Mariotte, fornecendo água sob carga constante a orifício feito no solo. Logo, pode-se medir em qualquer profundidade no perfil, e por isto permite detectar mudanças na estrutura do solo.

Resultados

A partir do mapeamento e do georreferenciamento dos movimentos de massa que ocorreram no período de 1995 e 2010, foram registrados 474 eventos, os quais foram classificados como: deslizamento de encosta (342) e deslizamento de blocos (132). Em relação aos materiais mobilizados, constatou-se que grande parte dos deslizamentos de encosta estão relacionados a solos residuais e em menor proporção a depósitos de tálus/colúvio (Figura 3). Constata-se que existe uma grande concentração de ocorrências em área urbana, em área de gramínea e floresta, principalmente nas áreas mais elevadas ao sul do município que, por vezes também, são áreas ocupadas por construções civis.

Figura 3

Distribuição dos deslizamentos de encosta e dos deslizamentos de blocos no município de São Gonçalo durante o período de 1995 a 2010.



Entre 1995 a 2010 houve uma média de 46 movimentos de massa/ano. A distribuição anual desses eventos demonstra que o ano de 2003 apresentou-se como um ano com grande ocorrência de escorregamentos e queda de blocos, totalizando em 2003 (210), 2005 (88) e 2004 (49) (Figura 3).

Os movimentos de massa são mais comuns no período de verão, apresentando um incremento expressivo no mês de janeiro, com 150 de movimentos de massa ao longo de 15 anos, o que demonstra a importância das chuvas de verão que apresentam intensidade maior. Entretanto, observa-se também a ocorrência de movimentos de massa ao longo de todos os meses. Isto está relacionado ao padrão de distribuição de chuvas no município, que apresenta chuvas de baixa magnitude e intensidade, distribuídas ao longo de vários dias (BERTOLINO et al., 2007 e BERTOLINO et al., 2014 inédito).

A análise dos dados referentes à declividade revela um relevo bastante acidentado com declividades entre 20 e 45%, principalmente mais ao sul do município, com relevo classificado como forte ondulado. Os deslizamentos de encosta e os deslizamentos de blocos ocorrem localizados nas encostas dos maciços montanhosos e em morros isolados, podendo trazer grandes prejuízos para a cidade, já que ao redor dos maciços montanhosos e dos morros isolados as áreas são bastante urbanizadas.

O Perfil A de solo localiza-se no Morro do Patronato, é derivado de rocha gnáissica, muito frequente no município de São Gonçalo (Figura 4), o Perfil B, derivado da alteração de um dique de diabásio localizado no bairro Porto da Madama. O terceiro e quarto perfis de solo (Figura 5) estão localizados no bairro do Engenho Pequeno, porém identificados em distintos domínios geológicos, sendo o Perfil C associado ao domínio pEIIgf e o Perfil D associado ao domínio pEIIcs.

Figura 4 Perfil para coleta de material no Morro do Patronato (Perfil A) e no Porto da Madama (Perfil B), São Gonçalo-RJ, croqui em sequencia (Lemes, 2011 e Merat, 2011).

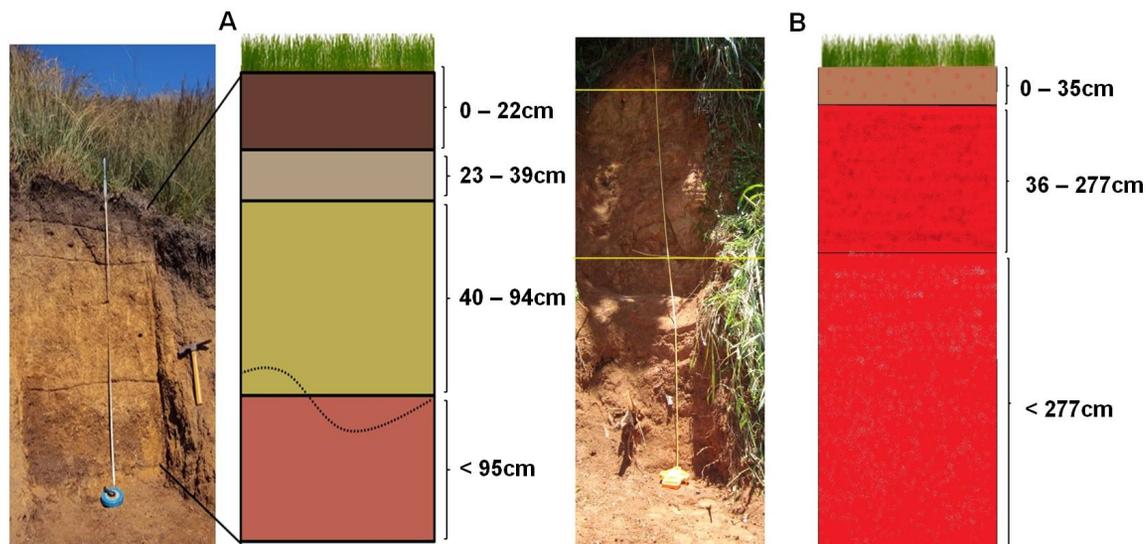
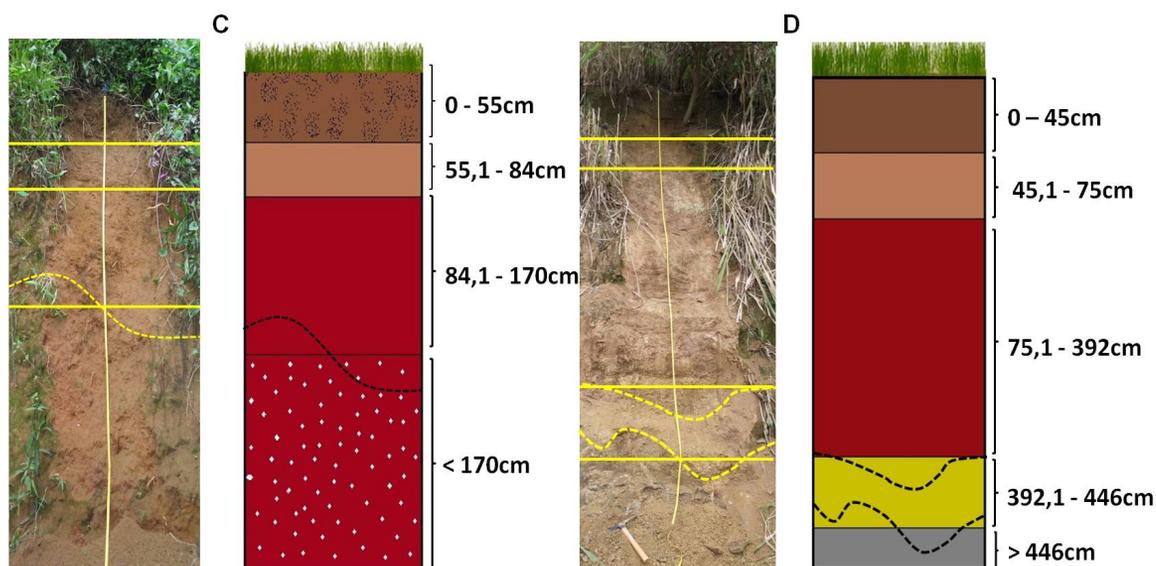


Figura 5 Perfil para coleta de material no Engenho Pequeno (Perfis C e D), São Gonçalo-RJ, croqui em sequencia (MERAT, 2013).



Os locais em questão estão identificados com elevado número de registros de ocorrência de movimentos de massa, com um total de 164 ocorrências, apresentando como características litológicas, perfis de solos derivados de rocha gnáissica, porém apresentam características físicas e químicas diferentes.

Através das análises texturais do solo, observa-se em ambos os perfis o predomínio de frações finas, com predomínio do silte. Com a obtenção desses valores, pode-se classificar os horizontes no Perfil A (Patronato) em H1 Franco-arenoso, H2 Franco-arenoso, H3 Franco-siltoso e H4 Franco-siltoso e no Perfil B (Porto da Madama) em H1 Argiloso, H2 Franco-siltoso e H3 Franco-siltoso. Nos dados da classificação textural referentes aos Perfis localizados no Engenho Pequeno, o Perfil C no H1 e H2 foram classificados como Argilo-arenoso, visto que as frações argila e areia foram as que mais sobressaíram e detrimento da fração silte e o H3 e H4 classificados como Argila-pesada em função dos elevados teores de argila encontrados em ambos horizontes. No Perfil D o H1 foi classificado como Franco-arenoso, o H2 e H3 como Argilo-arenoso, sobretudo pelos relevantes teores de areia e argila e o H4, assim como o H1 foi classificado como Franco-arenoso.

Os quatro perfis de solos, de uma maneira geral, apresentam uma capacidade intermediária e baixa de infiltração da água. Constatou-se também, em ambos os perfis, um incremento das frações finas em maiores profundidades, o que pode minimizar infiltrabilidade nas encostas estudadas.

Os resultados da porosidade total, apresentados na Figura 6, o Perfil A, obtiveram no H1 um total de poros de 50,71%, o H2 chegando a 51,61%, H3 com 49,45% e por fim H4 com 46,68%. No Perfil B, no H1 58,75%, enquanto que no H2 foram encontrados 55,19%, e no H3 53,51%. No Perfil C foram encontrados no H1 41,1%, H2 43,6%, H3 49,5% e H4 com 46,7%. O comportamento observado no Perfil C indica um aumento do percentual e diâmetro dos poros conforme aumento da profundidade, podendo ser justificado pela influência dos valores da microporosidade, estes elevados, nos horizontes mais profundos. No Perfil D foram encontrados no H1 40,9%, H2 34,1%, H3 33,0% e H4 apresentou 40,2%.

Costa e Matos (1988) relataram que solos francos arenosos e siltosos, apesar de apresentarem boas condições naturais das propriedades físicas, podem apresentar-se susceptíveis a erosão assim, observou (Marchão et al., 2007) que os menores valores de índice de vazios estão nos horizontes subsuperficiais, indicando que suas partículas sólidas tendem a estar arrançadas em íntimo contato, que pode estar também relacionado a grande presença de minerais na fração silte, justificando esse menores valores de microporosidade.

Figura 6

Distribuição dos valores da porosidade total nos Perfis A, B, C e D para todos os horizontes do solo.

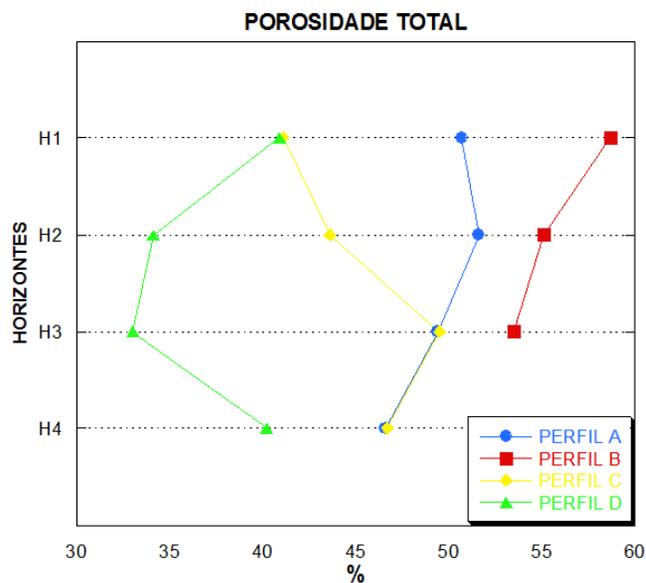
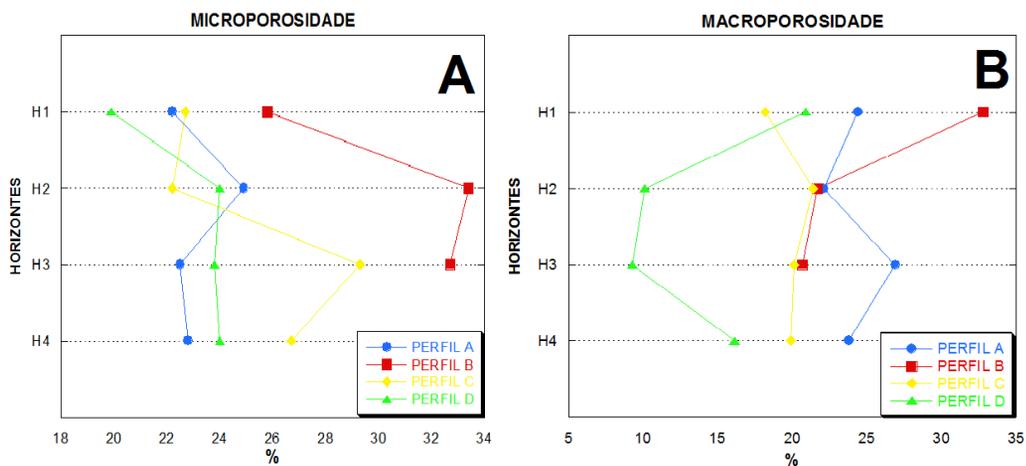


Figura 7

(A) Distribuição dos valores de microporosidade e (B) Distribuição dos valores de macroporosidade nos Perfis A, B, C e D para todos os horizontes do solo.



Os valores da microporosidade (Figura 7A), no Perfil A, apresentaram-se constantes com variações em torno dos 2%; o H1 apresentou 22,27% de microporos, o H2 24,93%, H3 22,54% e o H4 22,85. Os horizontes do Perfil B, apresentam valores de 25,86% no H1, 33,46% no H2 e H3 com 32,76%. No Perfil C foram encontrados valores de 22,7% no H1, 22,2% no H2, 29,3% no H3 e 26,7% no H4, indicando desta forma um comportamento típico desses valores, que tende a aumentar conforme o aumento da profundidade. Nos valores do Perfil D foram encontrados no H1 19,9%, no H2 24,0%, no H3 23,8% e 24,0% no H4, apresentando desta forma um comportamento de aumento dos valores, embora de forma incipiente, conforme o aumento da profundidade.

Os dados de macroporosidade de ambos os perfis indicam que há um declínio da macroporosidade com o aumento da profundidade (Figura 7B). Já os valores da microporosidade do Perfil A apresentaram-se constantes, o H1 apresentou 22,2% de microporos, o H2 24,9%, H3 22,5% e o H4 22,8%. Os dados de microporosidade do Perfil B apresentam-se no H1 25,8%, no H2 33,4% e H3 32,7%. Nas análises da macroporosidade, no Perfil C foram encontrados valores de 22,7% no H1, 22,2% no H2, 29,3% no H3 e 26,7% no H4. Nos valores da macroporosidade do Perfil D, o H1 apresentou um total de 20,9%, H2, 10,1%, H3 9,3% e no 16,1% no H4. O Perfil C apresentou um comportamento atípico, enquanto que no Perfil D há uma discrepância do valor do H4 com relação aos horizontes H2 e H3.

Os resultados dos ensaios de condutividade hidráulica dos dois solos são apresentados na Tabela 1. De acordo com Stephens (1996), no Perfil A, a condutividade hidráulica ficou entre média e baixa, sendo que se verifica uma diminuição ordem de 10 vezes entre a superfície e a região de subsuperfície. Isto demonstra o decréscimo da entrada de água ao longo do perfil. Para o perfil B, a condutividade hidráulica foi classificada como baixa nas diferentes profundidades, ocasionando assim, drenagem baixa.

Nos resultados de condutividade hidráulica do Perfil C, foram realizados ensaios com o Permeâmetro de Guelph nas profundidades de 30, 60 e 90 cm. Na profundidade de 30 cm, foi obtido $1,92 \times 10^{-3}$ cm/s e na profundidade de 60 cm foi obtido $7,25 \times 10^{-3}$ cm/s podendo ser classificados como alta permeabilidade de acordo com a classificação de Stephens (1996). Na profundidade de 90 cm, foi obtido um valor negativo de $-1,77 \times 10^{-5}$, valores negativos indicam a presença de uma descontinuidade hidráulica no perfil de solo.

Para determinação da condutividade hidráulica do Perfil D foram realizados ensaios com o Permeâmetro de Guelph nas profundidades de 20 e 60 cm. Na profundidade de 20 cm foi obtido $2,28 \times 10^{-4}$ cm/s e na profundidade de 60 cm foi obtido $3,0 \times 10^{-7}$ cm/s. A condutividade hidráulica da profundidade de 20 cm pode ser classificada como média permeabilidade e na profundidade de 60 cm pode ser classificada como baixa permeabilidade. A diminuição dos valores exponenciais de 10^{-4} na profundidade de 20 cm para 10^{-7} indica uma significativa diminuição da condutividade hidráulica, podendo ser caracterizada como uma descontinuidade hidráulica.

Tabela 1

Valores de condutividade hidráulica (Ksat) dos perfis A, B, C e D em diferentes profundidades e sua respectiva classificação.

PERFIL - LOCAL	PROFUNDIDADE (cm)	COND. HIDRAULICA (cm/s)	CLASSIFICAÇÃO
PERFIL A - PATRONATO	25	$1,2 \times 10^{-3}$	Alta
	32	$5,0 \times 10^{-4}$	Média
	120	$1,3 \times 10^{-4}$	Média
PERFIL B - PORTO DA MADAMA	180	$1,2 \times 10^{-4}$	Média
	320	$1,5 \times 10^{-4}$	Média
PERFIL C - ENGENHO PEQUENO	30	$1,9 \times 10^{-3}$	Alta
	60	$7,9 \times 10^{-3}$	Alta
	90	$1,7 \times 10^{-5}$	Baixa
PERFIL D - ENGENHO PEQUENO	20	$2,2 \times 10^{-4}$	Média
	60	$3,0 \times 10^{-7}$	Baixa

Verifica-se que os perfis de solos do Morro do Patronato e do Porto da Madama apresentaram em subsuperfície incremento de materiais finos, diminuição da porosidade e condutividade hidráulica. Os resultados das propriedades físicas e hidráulicas indicam que os solos nestas áreas podem apresentar uma saturação progressiva e lenta do perfil de solo, podendo resultar em aumento da poro-pressão positiva, o que poderia vir a propiciar movimentos de massa na região. Os resultados anteriores de Bertolino et al., 2014 (inédito) demonstraram que os movimentos de massa de São Gonçalo estão associados a um comportamento de chuvas de pequena magnitude e frequência, com duração de períodos iguais ou superiores a três dias. Esses resultados são importantes, pois a água acumulada em solos com propriedades físicas e hidráulicas, tais como as relatadas anteriormente, podem vir a proporcionar a deflagração dos movimentos de massa no município.

Conclusões

As ocorrências de movimentos de massas associados ao sistema de encosta do município de São Gonçalo constituem um problema de natureza social e ambiental, as áreas de maiores ocorrências estão associadas às regiões do Morro do Patronato, Galo Branco, Mutondo, Nova Grécia, Vila Laje, Tenente Jardim, Neves, Novo México, Engenho Pequeno, Porto da Madama e Mutuaguacú. As áreas de quedas de blocos estão associadas ao Morro do Patronato, Engenho Pequeno, Galeria Cruzeiro, Arsenal e Tenente Jardim

Os movimentos de massa no município de São Gonçalo, sobretudo nas áreas analisadas, têm em seus processos deflagradores inúmeras variáveis associadas ao lineamento estrutural das rochas, declividade da encosta, presença de argilominerais de alta atividade e baixa condutividade hidráulica com lenta drenagem do perfil, devido a presença de descontinuidades.

No município de São Gonçalo há também um outro agravante, que é a interferência antrópica associada ao despejo de dejetos in natura no topo da encosta, mantendo-a em constante grau elevado de umidade, que associada ao regime pluviométrico elevado na estação úmida propicia a deflagração dos movimentos de massa.

Agradecimentos

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelas bolsas de Estágio Sênior, processos BEX 3959-13-9 e BEX. 3955-13-3. À Defesa Civil de São Gonçalo, à FAPERJ e ao CNPq.

Referências Bibliográficas

- AUGUSTO FILHO, O., VIRGILI, J.C. Estabilidades de Taludes. In: Oliveira, A.M.S.; Brito, S.N.A. (Orgs.). Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE. p. 243-269. 1988.
- BERTOLINO, A.V.F.A., COSTA, A.R.C., BERTOLINO, L.C., FIALHO, E.S. Análise da Dinâmica Climatológica no Município de São Gonçalo/RJ: triênio 2004 – 2007. Revista Tamoios, v. 3, n° 2, p. 1-13. 2007.
- BERTOLINO, A.V.F.A., BERTOLINO, L.C., MERAT, G.S., LEMES, M.W. As Repercussões Pluviais e os Movimentos de Massa na Porção Leste da Baía de Guanabara: Estudo de Caso de São Gonçalo. 2014 (Inédito).
- COSTA, L.M.; MATOS, A.T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA, De-POLLI, H. (Coord.) Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. 1988 Itaguaí: Editora Universidade Rural, 1988. 179p. (Coleção Universidade Rural. Ciências Agrárias, 2)
- CUNHA, M.A.; FARAH, F.; CERRI, L.E.S. Ocupação de encostas: manual. São Paulo; IPT; 1991. 216 p.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solos. SNLC, 210p, 1997.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ministério de Agricultura e do Abastecimento. Brasília-DF. 412p, 1999
- FERNANDES, N.F.; AMARAL, C.P. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B.. Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 123-194, 2009.
- FERRARI, A.L. Evolução do Graben da Guanabara. São Paulo. Tese (Doutorado em Geologia). IGC/ Universidade de São Paulo. 412p, 2001.
- GUIDICINI, G., NIEBLE, C.M. Estabilidade de taludes Naturais e de Escavação. São Paulo: Edgard Blucher, 1984.
- LEMES, M.W. Análise físico-química, mineralógica e petrográfica de um Cambissolo Háplico em área de movimentos de massa: estudo de caso do Morro do Patronato – São Gonçalo/RJ. Monografia (Graduação em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FFP. São Gonçalo, 78p, 2011.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M.; SANTOS JÚNIOR, J. D. G.;

- SÁ, M. A. C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. Pesquisa agropecuária Brasileira, v.42, p.873-882, 2007.
- MERAT, G.S. Avaliação físico-química, mineralógica e hidráulica em Latossolo Vermelho no bairro Porto da Madama - São Gonçalo/RJ. Monografia (Graduação em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FFP. São Gonçalo, 75p, 2011.
- MERAT, G.S. Parâmetros físico-químicos, hidráulicos e pluviométricos na incidência de escorregamentos no bairro Engenho Pequeno/São Gonçalo-RJ – Subsídios para a gestão do território. Monografia (Especialização em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FFP. São Gonçalo, 79p, 2013.
- MONTGOMERY, D.R., DIETRICH, W.E., TORRES, R. Hydrologic response of a steep, unchanneled valley to natural in applied rainfall. Water Resources Research, v.33, p. 91-109, 1997.
- SELBY, M.J. Strength and Behaviour of Rock and Soil. In: Hillslope Material and Processes. Nova York: Oxford University Press. 1982.
- SIDLE, R.C., PEACE, A. J., O’Loughlin, C. L. Natural Factors Affecting Slope Stability. In: American Geophysical Union (Org). Hillslope Stability and Land Use. Washington. p. 31-72, 1985.
- STEPHENS, D.B. Vadose Zone Hydrology. New York: Lewis Publishers. 347p, 1996.
- ZHOU, C.H. et al. On the spatial relationship between landslides and causatives factors on Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology, v. 43, p. 197-207, 2002.