

CORRELAÇÃO DE CHUVAS x ESCORREGAMENTOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO NO MÊS DE JANEIRO DE 2013

Apresentação

Este 12º Relatório Técnico apresenta uma análise da correlação chuvas x escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro, no mês de Janeiro 2013, realizada com base em dados pluviométricos do INEA, INMET e SIMERJ, e em vistorias de campo.

1. Introdução

Janeiro 2013 foi marcado por pancadas de chuva de verão e pela atuação, nos dias 17 e 18, da Zona de Convergência do Atlântico Sul, os quais levaram à ocorrência de escorregamentos diversos, principalmente em Angra, Caxias e Petrópolis. Uma descrição detalhada dos resultados do trabalho do NADE/DRM, tal como previsto no seu Plano de Contingência (PC 12-13)^{*1}, é aqui apresentada, complementando o já disponível em www.drm.rj.gov.br. – “escorregamentos 2-4/01” e “corrida do Capivari”.

2. Distribuição de Chuvas e Escorregamentos no Mês de Janeiro de 2013

2.1. Chuva dos dias 02 e 03.

As tempestades atingiram em primeiro lugar a região da Costa Verde, com o pluviômetro de Angra dos Reis (Faz. Fortaleza, INEA) registrando às 19h45 do dia 02, 10.6mm/1h; 50.4mm/4h; 143.4mm/24h e 166.0mm/96h. À noite a chuva alcançou a Baixada Fluminense. Na Estação Xerém-Mantiquira (INEA), às 21h15, a chuva atingiu 22.0mm/h, 84.4mm/24hs e 109.0mm/96hs. Às 21h30, a chuva horária atingiu 38.8mm.

A previsão do SIMERJ, de chuva fraca na madrugada do dia 03, se confirmou, mas pela manhã, a acumulada em 24h já chegara a 208.0mm em Xerém e a 212.0mm em Angra. Após contato das COMDEC (e o envio de dados sobre os escorregamentos ocorridos) e da SEDEC Estadual, teve início uma imediata mobilização da equipe do NADE, correspondente ao cenário 1^{*1} do Plano de Contingência do DRM 12-13.

^{*1} Cenário 1: registro ou expectativa de escorregamentos ocasionais (<5/município), afetando taludes de corte e deflagrados por chuvas > 50mm/h OU > 120mm/24h, após sucessão de dias secos.

No dia 03, após reunião do Gabinete de Crise, o NADE/DRM promoveu a primeira avaliação de risco em Xerém, a região mais afetada. Com o agravamento do cenário de risco às 18h00 na Serra Fluminense (as estações de Petrópolis indicavam índices superiores a 100.0mm/24 horas - cenário 2^{*2}), e com a previsão de que os limiares críticos do cenário 3^{*3} seriam atingidos pela madrugada, decidiu-se pelo deslocamento das equipes para Angra, Friburgo, Teresópolis e Caxias, excluindo-se Petrópolis, que contava com um geólogo na sua equipe de resposta a desastres.

Tal como detalhado no Relatório Técnico Especial DRM-01-2013, o 1º escorregamento ocorreu na tarde do dia 2, em Mangaratiba, com um bloco rochoso rolando sobre a BR-101. O 2º ocorreu em Rio Claro, à meia-noite, um deslizamento atingiu uma casa em Guarita. Com a intensificação da chuva a 01h30 do dia 03, ocorreram escorregamentos em Angra [no Bracuí, (fluxo torrencial destruindo 11 casas e deslizamentos atingindo 04 casas)], e em Mangaratiba [no Sahy (deslizamento obstruindo via) e na Bela Vista (deslizamento destruindo uma casa)]. Às 02hs, em Rio Claro, um deslizamento destruiu 01 casa no Morro do Ciano e outro obstruiu a RJ-155.

Depois de provocar fluxo torrencial/concentrado/corrida de massa em Xerém (Relatório Técnico DRM/01/2013), que levou 02 pessoas à morte e gerou prejuízos para 1000 pessoas, a chuva avançou para Petrópolis, onde, com 78.8mm/h, às 03h30, causou deslizamentos de solo e rocha (no Independência e no Vital Brasil, onde um deslizamento raso seguido de uma corrida destruiu 06 casas). À mesma hora, em Teresópolis, dois deslizamentos pequenos ocorreram na Coréia e no Meudon. Ao amanhecer, com uma chuva horária de apenas 2.6mm/h, mas com acumuladas de 158.4mm/24h e 229.2mm/96h, ocorreram deslizamentos em Angra (Morro de Santo Antônio e na Caputera) e em Mangaratiba (Jacareí, Praia Pequena e Serra do Piloto). Às 08h00, em Seropédica [embora a estação mais próxima - Paracambi (INEA) – não indicasse chuva e apenas acumuladas de 36.0mm/24h e 49.6mm/96h], um deslizamento atingiu dois imóveis no Campo Limpo.

*2 – registro ou expectativa de escorregamentos esparsos - $5 < x < 25$ /município, afetando taludes indistintos e drenagens, deflagrados por chuvas 30mm/h + 100mm/24h + 115mm/96hs + 270mm/mês.

*3 – registro ou expectativa de escorregamentos generalizados - > 25 /município, com mobilização coletiva da massa deslizada em taludes e drenagens naturais, deflagrados pela combinação de chuvas, para a região serrana, de 50mm/h + 120mm/24h + 130mm/96h + 300mm/mês.

Com o afastamento da frente fria, diminuição dos acumulados em 24 horas e previsão de melhora do tempo, o NADE/DRM concluiu que cenário 1 fora reestabelecido no dia 05, e encerrou, com exceção de Angra (vistoria no Morro do Carmo solicitada pela Prefeita ao Presidente do DRM) o atendimento emergencial.

2.2. Pancada de chuva no dia 06.

Uma pancada de 34.0mm/h ocorreu em Barra Mansa (Estação Faz. Escola UBM – INEA), às 18h45. Como a chuva antecedente era de apenas 2.2mm/24h, 74.6mm/96h e 179.0mm/mês, não foram registrados escorregamentos no município.

2.3. Pancada de chuva no dia 07.

Uma pancada de 29.4mm/h ocorreu em Nova Friburgo (Estação Suspiro – INEA), às 18h00 do dia 07. Sem chuva nas 24hs anteriores e com antecedentes de apenas 32.4mm/96h e 194.4mm/mês, não foram registrados escorregamentos no município.

2.4. Pancada de chuva no dia 08.

Uma pancada de 44.0mm/h ocorreu em Nova Iguaçu (Catavento – INEA), às 19h15 do dia 08. Devido aos antecedentes de apenas 6.4mm/24h e 6.8mm/96h, mesmo com os 374.0mm/mês, não foram registrados escorregamentos no município.

2.5. Pancada de chuva no dia 09.

Uma pancada de 43.8mm/h ocorreu em Nova Iguaçu (Clube XV – INEA), às 16h30 do dia 09. Como a antecedente, na região da estação, era de apenas 15.8mm/24h, 16.0mm/96h e 225.2mm/mês, não foram registrados escorregamentos no município.

2.6. Chuva no dia 10.

A chegada de uma frente fria provocou, no fim da tarde, chuva forte em Paraty e Angra e em Barra Mansa. Em Angra, a pancada de 31.8mm/h, às 17h, ocorreu após uma chuva de 56.8mm/24h, 57.6mm/96h e 630.2mm/mês (Faz. Fortaleza - INEA). Em Barra Mansa, a pancada de 30.2mm/h, às 17h00, ocorreu após acumulado mensal de 282.0mm, porém os antecedentes recentes eram baixos - 20.2mm/24hs e 96.6mm/96hs - (Estação Rialto – INEA).

Presente no CESTAD para fechar o novo protocolo de acionamento das sirenes na região serrana^{*4}, o NADE/DRM acompanhou a evolução do quadro. Com o agravamento da situação e o contato direto da Prefeita de Angra (atendendo ao critério do cenário 2 do PC 12-13), 02 equipes foram deslocadas para a região sul do Estado.

Em Angra dos Reis, escorregamentos pontuais, sem danos, afetaram os bairros Lagartixa e Bairro da Velha, e dois significativos afetaram a BR-101 (fotos 1 e 2). Na Lagartixa, o deslizamento não expunha ao risco as 03 casas situadas na crista do talude rompido, mas a SEDEC-Angra optou pela sua interdição. Na BR-101, ambos os deslizamentos de solo residual e blocos de rocha (alterada), nos taludes, foram condicionados pela presença de fraturas sub-horizontais e verticais persistentes também no solo residual jovem; no primeiro, a obra de contenção inadequada (concreto projetado) foi parcialmente destruída.



Fotos 1 e 2: Vista frontal dos locais na BR-101 - 23K575950/7455907 e 23K578609/7455408.

Em Barra Mansa houve uma pequena reativação do escorregamento da Rodovia Sérgio Braga, na divisa com Volta Redonda, com a massa deslizada atingindo a lateral da pista. A equipe do NADE vistoriou também a situação da obra de contenção Escorregamento do Ano Bom, na Rua Orlando Brandão, estudado pelo NADE/DRM em Julho de 2011. Observou-se que a estabilização foi inadequada, havendo, hoje, ravinas e trincas junto à crista, e um degrau de abatimento com rejeito de 1m junto à superfície de ruptura. É provável que o processo erosivo evolua e a massa deslizada atinja a rua.

^{*4} [(registro de chuva horária > 50.0mm/h) ou (chuvas de 60.0mm em 48hs e registro de chuva horária > 40.0mm/h) ou (antecedentes de 270mm/mês + 110mm/96hs + 70mm/24hs + registro de 10mm nos últimos 15 minutos ou de 15mm nos últimos 30 minutos, ou previsão de 30mm na próxima hora)].

A chuva forte também atingiu Petrópolis, onde uma pancada de 27.5mm/h, às 19h00 (Estação LNCC), mesmo com antecedentes baixas (exceção para a mensal de 369.5mm) - de 33.75mm/24h e 39.25mm/96h – causou 02 escorregamentos em cortes na Estr. da Saudade e no Retiro, e em Pádua, onde a pancada de 39.2mm/h, às 22h30, sem chuva nas últimas 96hs, não deflagrou escorregamentos.

2.7. Pancada de chuva no dia 13.

Em Tanguá, uma pancada de 40.2mm/h, às 17h00, com antecedentes de apenas 0.6mm/24h, 23.8mm/96h e 111.4mm/mês, não deflagrou escorregamentos.

2.8. Pancadas de chuva no dia 14.

Pancadas em Petrópolis [20.0mm/h às 04h45 (Alto da Serra), sem chuva nas 24hs anteriores e com 80.3mm/96h e 444mm/mês], em Angra (25.4mm/h às 17h00, com antecedentes de 34.0mm/24h, 160.3mm/96h e 467.7mm/mês) e em Paracambi (21.8mm/h às 19h00, com antecedentes de 31.0mm/24h, 77.6mm/96h e 226.0mm/mês), não deflagraram escorregamentos.

2.9. Pancadas de chuva no dia 15.

Pancadas em São Gonçalo [39.6mm/h às 18h30 (Estação Colubandê), com antecedente de 2.2mm/24h, 29.0mm/96h e 92.2mm/mês]; em Petrópolis [22.2mm/h às 18h30, (Estação Quitandinha), com antecedente de 0.2mm/24h, 37.2mm/96h e 222.7mm/mês]; em Duque de Caxias [41.2mm/h às 18h45 (Estação Mantiquira), com antecedente de 6.2mm/24h, 15.6mm/96h e 366.8mm/mês]; e Nova Iguaçu [30.0mm/h às 19h00 (Estação Catavento), com antecedentes de 4.6mm/24h, 14.6mm/96h e 382.2mm/mês], não deflagraram escorregamentos.

2.10. Chuvas do dia 17 e 18.

No dia 17, a ZACA voltou a atuar no Estado do Rio de Janeiro, tendo o SIMERJ emitido 03 avisos (às 14h20, 19h00 e 22h20 do dia 17 e às 12h30 do dia 18) de chuvas de intensidade moderada à forte para todas as regiões, em especial o Centro-Sul, o Vale do Paraíba, a Região Serrana, a Baixada Fluminense e a Região Metropolitana.

Presente no CESTAD, o NADE/DRM recebeu a 1ª comunicação sobre a gravidade dos escorregamentos vinda de Mendes, com o registro de 01 morte. A equipe que se encontrava em Pinheiral, fiscalizando o serviço de cartografia de risco iminente, foi então deslocada para lá. À tarde, entretanto, o Vice-Governador solicitou ao Presidente do DRM-RJ um atendimento emergencial à Barra Mansa, iniciado prontamente às 17h30. Para atender Mendes outra equipe foi mobilizada na manhã do dia 18, quando o NADE/DRM foi informado também de um deslizamento com morte em Niterói.

2.10.1. Deslizamentos com morte em Mendes

Um deslizamento planar, raso, com volume de 15m³, num corte de 8m de altura, a montante de uma casa na Av. das Jaboticabeiras, em Cinco Lagos, destruiu a parede e causou a morte de uma menina de 04 anos e ferimentos num adulto (Foto 3 e figura 1). O deslizamento ocorreu às 7h40 do dia 17, quando, segundo a estação pluviométrica mais próxima, em Paracambi, não chovia e a acumulada diária era de apenas 35mm/24h. Outro escorregamento atingiu, às 09hs, o talude a montante da Rua Dona Luiza, no Bairro Humberto Antunes; ele obstruiu a via e, diante da presença de trincas de tração junto à crista do talude rompido, 05 casas foram interditadas.



Foto 3: Vista lateral do deslizamento que causou uma morte em Mendes

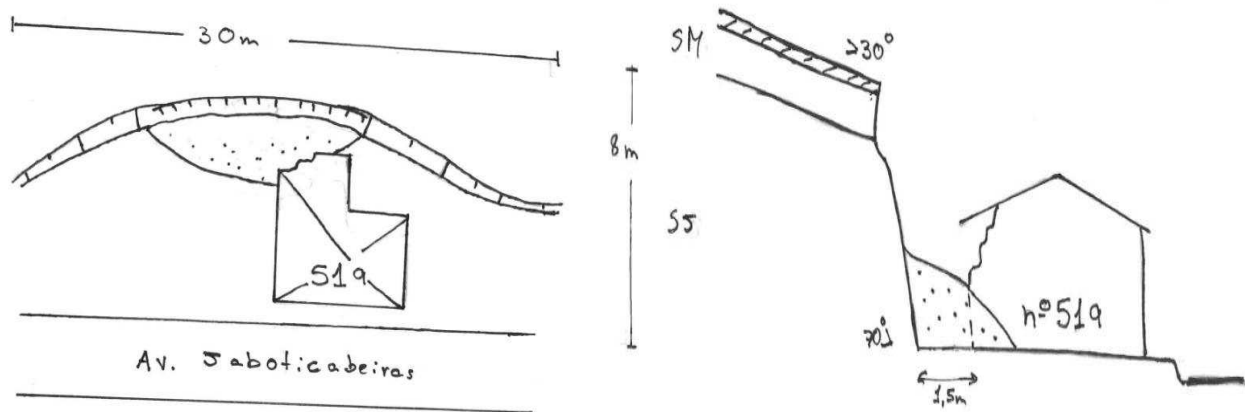


Figura 1: Croquis e perfil do talude rompido. O deslizamento envolveu apenas o terço superior do talude e atingiu um único cômodo, mais próximo do talude.

2.10.2. Deslizamento com desabamento de prédios em Barra Mansa

Um deslizamento num talude em forma de anfiteatro, no bairro Boa Vista II, entre as ruas L, a montante, e Miguel Gomes de Souza, a jusante, iniciado às 22h30 do dia 15, sem chuva, já havia destruído 04 imóveis, provocado interdição de mais 14, no final do dia 17, quando o NADE/DRM iniciou sua inspeção. Estranhamente, o deslizamento também não esteve relacionado à chuva diária, que era apenas 37.2mm/24hs.

Como degraus de abatimento e trincas no terreno indicavam risco remanescente, o NADE/DRM sugeriu a ampliação da área interditada (mais 04 casas). Além disto, devido ao elevado grau de saturação do solo, a COMDEC foi orientada a evacuar as casas e a não executar nenhuma ação corretiva. Com a delimitação do risco iminente, o Prefeito deu uma entrevista ao final do dia 18. Posteriormente, com o monitoramento da evolução do escorregamento uma nova delimitação de Risco a Escorregamentos foi enviada ao Prefeito da Cidade, ao DGDEC/RJ e à REDEC Sul em 31/01 (figura 2).

O movimento continua em evolução (fotos 4 e 5). Por conta disto, um mês depois de deflagrado, recomendou-se à COMDEC que eliminasse o persistente vazamento de esgoto junto à crista do escorregamento; impedisse a circulação dos seus agentes junto ao pé do movimento; providenciasse a contratação de uma empresa para retirar os escombros dos prédios destruídos e monitorar os deslocamentos, por teodolito, dos muros de contenção já parcialmente rompidos na área afetada; e monitorasse a evolução dos deslocamentos e da vazão d'água nos taludes a jusante da rua de baixo.

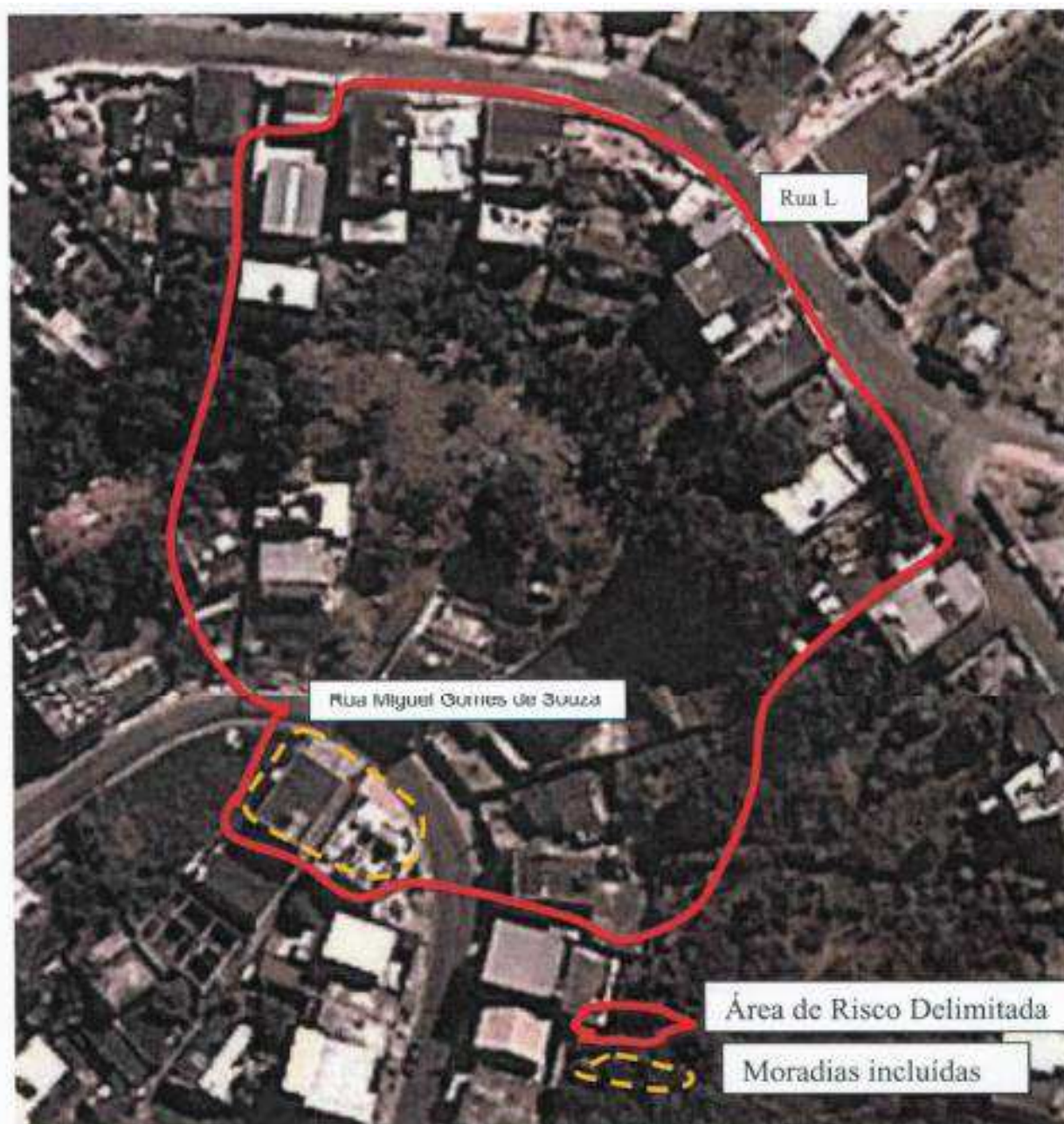


Figura 1: Área em risco remanescente do escorregamento

P/1 *Yara C. Lopes de Almeida*
Carvalho Lopes
Geóloga
DE RECURSOS MINERAIS
RJ

Rúbia Azevedo
Geóloga

Raquel Ofrante Salles
Raquel Ofrante Salles
Engenheira Geotécnica

Figura 2: delimitação da área de risco iminente em 31.01:



Fotos 04 - situação pós deslizamento (dia 18.01) e 05 – situação atual (dia 14.02). O deslizamento, que é objeto de análise permanente por parte do NADE/DRM, através da realização de vistorias técnicas semanais e contato permanente com a COMDEC local, tem todas as características peculiares dos escorregamentos lentos de Barra Mansa e guarda estreita relação com o deslizamento do ano de 1997 no bairro 09 de Abril, reportado por Amaral et al. no Congresso Internacional de Geologia, no Rio de Janeiro, em 2000. Como se pode ver na imagem editada da figura anterior e nas duas fotos acima, a ruptura lenta tem um eixo central que segue a orientação do vale em forma de U, ocupado por bananeiras. Em 30 dias, o rejeito da escarpa principal do movimento evoluiu de 2m para 4m. Com o empurrão da massa deslizada, os prédios da rua de baixo começam a ser empurrados e o risco se alastra por todo o anfiteatro.

2.10.3. Queda de Muro com morte em Niterói

A queda de um muro na Favela do Morro do Palácio, no Centro de Niterói, durante uma chuva que atingiu às 00h15 do dia 18 (Estação Engenhoca - INEA), 43.2mm/h, com antecedentes de 12.4mm/24h 54.0mm/96h e 129.2mm/mês, causou uma morte. O NADE/DRM não prestou atendimento emergencial, pois a COMDEC local informou que a sua mobilização era suficiente para a resposta ao desastre.

2.10.4. Cenário de Escorregamentos Generalizados não confirmado em Petrópolis

Em função da combinação da previsão de chuva forte com registro de acumulados significativos após a pancada de 41.7mm/h às 17h45 do dia 17 – 54.2mm/24h, 82.4mm/96h e 238.5mm/mês (Estação Itamarati - INEA), o NADE/DRM concordou imediatamente com a recomendação de acionamento de sirenes de alerta em Petrópolis, cuja COMDEC mobilizou também técnicos para monitoramento in situ da evolução dos cenários de risco no Bairro Independência. À 00h00, ocorreu uma 2ª pancada - 39.5mm/h –, porém, não houve escorregamentos.

2.10.5. Registros em outros municípios

Pancadas de chuva foram registradas em Nova Iguaçu [33.6mm/h às 18h15 e 26.6mm/h às 22h45, (Estação Catavento), com antecedente de 48.4mm/24h, 97.0mm/96h e 460.4mm/mês]; em Miguel Pereira [30.0mm/h às 17h30, com antecedente de 14.6mm/24h, 50.2mm/96h e 265.4mm/mês]; e em São João de Meriti [39.6mm/h às 22h30 (Estação CETMeriti), com antecedente de 28.4mm/24h, 60.8mm/96h e 168.2mm/mês, mas não houve nenhum registro de escorregamentos, sendo as ocorrências limitadas a pequenos alagamentos. A forte chuva alcançou também os municípios de Itaperuna, Natividade, e especialmente Porciúncula, onde a chuva atingiu 50.8mm/2hs, entre 19h e 21h, dividida em duas pancadas - 25mm/h às 19h00 e 28mm/h às 20h15. Com antecedentes de 63.4mm/24h, 96.6mm/96h e 168.0mm/mês, não foram registrados escorregamentos. Com o recrudescimento da chuva, o NADE/DRM concluiu que o cenário 1 fora reestabelecido. Às 22hs de sexta feira, 18, o atendimento emergencial foi encerrado oficialmente.

2.11. Pancada de chuva no dia 19.

Pancadas de chuva ocorreram em Visconde de Mauá - 30.0mm/h, às 00h45, após uma chuva antecedente de 15.4mm/24h, 62.0mm/96h e 592.0mm/mês, e em Itaperuna 33.0mm/h, às 17h45, após antecedentes de 5.0mm/24h, 72.0mm/96h e 127.75mm/mês. Não foram deflagrados escorregamentos.

2.12. Pancada de chuva no dia 20.

Em Petrópolis (Estação Independência - INEA), uma pancada de chuva de 23.5mm/h, às 15h45 do dia 20.01, após uma chuva antecedente de 26.5mm/24h, 64.75mm/96h e 485.75mm/mês, deflagrou dois escorregamentos ocasionais: o primeiro, às 18h45, em Itaipava, e o segundo, às 20h25, no Bingen.

2.13. Pancada de chuva no dia 21.

Em Duque de Caxias (Estação Mantiquira - INEA), uma pancada de 22.6mm/h, às 12h30, do dia 21, associada a uma chuva antecedente de 29.0mm/24h, 92.8mm/96h e 501.0mm/mês, não deflagrou escorregamentos no município.

2.14. Pancada de chuva no dia 23.

Em Bom Jardim (Estação São José do Ribeirão - INEA), a pancada de 23.8mm/h, às 17h15, do dia 23, associada a uma chuva antecedente de 0.4mm/24h, 96.6mm/96h e 163.4mm/mês, não deflagrou escorregamentos no município.

2.15. Pancada de chuva no dia 26.

Pancadas de chuva em horários seguidos em Mesquita [44.8mm/h, às 02h00, x 1.0mm/24h, 3.0mm/96h e 349.2mm/mês (Est. Clube XV)]; Nova Iguaçu [35.8mm/h, às 02h30, x 0.4mm/24h, 17.2mm/96h e 565.2mm/mês (Estação GBM)]; São João de Meriti [26.8mm/h às 02h45, x 0.6mm/24h, 17.8mm/96h e 268.0mm/mês (Estação CETMeriti)] e São Gonçalo [28.6mm/h, às 03h30, x 12.4mm/24h, 22.4mm/96h e 225.8mm/mês (Estação Colubandê)], não deflagraram escorregamentos nestes municípios.

Pancadas de chuva não associadas a escorregamentos foram registradas ainda em Angra dos Reis (Estação Fazenda Fortaleza - 33.4mm/h, às 16h15, contra antecedentes de 61.6mm/24h, 62.6mm/96h e 891.0mm/mês); Teresópolis (Estação Comari - 22.2mm/h, às 21h00, contra uma antecedente de 37.2mm/24h, 41.6mm/96h e 605mm/mês); e Friburgo (Estação Venda das Pedras - 41.8mm/h, às 23h30, contra uma antecedente de 15.2mm/24h, 23.2mm/96h e 156.2mm/mês).

Somente em Bom Jardim (Estação Banquete - INEA), duas pancadas, uma às 05h30, de 44.0mm/h, contra uma chuva antecedente de 11.4mm/24h, 22.8mm/96h e 105.6mm/mês, e principalmente a das 23h45, de 40.8mm/h, x 88.8mm/24h, 98.6mm/96h e 183.0mm/mês, deflagraram escorregamentos ocasionais e causaram transbordamento do Córrego Floresta e do Rio São José. Segundo a COMDEC, os escorregamentos ocorreram à 01h30 do dia 27, quando a chuva horária de 8.2mm se somou às acumuladas antecedentes de 129.6mm/24h, 139.4mm/96h e 223.8mm/mês.

2.16. Pancada e Chuva persistente no dia 27.

Uma pancada de 32.0mm/h, à 01h00, em Angra dos Reis (Estação Fazenda Fortaleza), após uma chuva antecedente de 139.0mm/24h, 145.4mm/96h e 927.4mm/mês, não deflagrou escorregamentos no município.

Em Petrópolis (Estação Independência - INEA), a chuva entre 18h00 do dia 26 e 07h00 do dia 27, de 116.5mm, com picos horários de 27.75mm, às 20h30, de 19.25mm, às 22h30 e de 15.75mm, à 01h15, estiveram associadas à ocorrência de um escorregamento às 04h30 na Rua Cacilda Becker, no bairro Independência, que danificou 4 casas e destruiu uma, construída irregularmente após corte pretensioso. No momento do escorregamento, a chuva era de baixa intensidade 1.75mm/h, e a chuva antecedente era de 114.0mm/24h, 121.5mm/96h e 659.75mm/mês.

2.16. Pancada de chuva no dia 31.

A pancada de 41.0mm/h, às 19h30, após uma chuva antecedente de 5.2mm/24h, 57.8mm/96h e 325.4mm/mês, em Bom Jardim (Estação Banquete), não deflagrou escorregamentos no município.

3. Discussão

A repercussão do acidente em Xerém e o relativo pequeno número de escorregamentos registrados neste Janeiro chuvoso parecem não justificar a mudança no estado de preocupação do NADE/DRM ao longo do mês. Enquanto na primeira chuva extrema, dos dias 02 e 03, o grupo demonstrava tranquilidade e afirmava que os processos [restritos a fluxos torrenciais porque NÃO OCORRERAM escorregamentos nas encostas, em função das boas condições de resistência à ruptura dos solos (ditadas pela baixa umidade e, portanto, baixa saturação) após um período relativamente seco], poderiam ter sido bem mais destrutivos, a partir do dia 10 a situação se transformou, com a equipe mobilizada a cada previsão emitida pelo SIMERJ. A explicação para esta mudança de postura está justamente no fato de que a partir daquela chuva, a acumulada em 30 dias ultrapassou os 270mm considerados críticos para a deflagração de escorregamentos. Daquele momento em diante, todo registro de pancadas e, principalmente, a presença da ZACA no dia 17, representava uma real possibilidade de atingimento do cenário 2 de risco, ou mesmo do cenário 3.

Felizmente, contudo, nem mesmo o quadro de danos reportado pelo NADE/DRM em Xerém e Angra, relacionado a processos predominantemente hidráulicos, se reproduziu no restante do mês. Com exceção dos dias 17 e 18 (nos quais a atuação da temida ZACA foi um pouco mais destrutiva), nos demais eventos - 06, 07, 08, 09, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 23, 26, 27 e 31 - os valores baixos de chuvas antecedentes acumuladas em 24hs e 96hs, “impediram” as pancadas de chuva forte de deflagrar escorregamentos esparsos, ficando os mesmos na classe de ocasionais. Isto, per si, confirma que apenas chuvas horárias não devem servir de parâmetro para um sistema de alerta contra escorregamentos no Estado do Rio de Janeiro.

O fato de escorregamentos terem ocorrido e também não ocorrido na Serra Fluminense permite mais uma vez a calibração das curvas críticas propostas pelo NADE/DRM. Por outro lado, o fato dos escorregamentos mais significativos ocorrerem no Vale do Paraíba e na Costa Verde impõe também uma análise especial nestes dois domínios.

3.1. Correlação Acumuladas x Escorregamentos Lentos no Vale do Paraíba

A ocorrência de escorregamentos significativos associados a baixos valores de chuvas horárias e diárias no Médio Vale do Paraíba, especialmente em Barra Mansa, já foi relatada em anos recentes e encontrou na geomorfologia da região – de anfiteatros aprisionados – na geologia – presença de solos residuais micáceos de um micaxisto – e na ocupação densa, via cortes pretensivos – uma explicação convincente.

Após o evento do dia 17/18 e o relato dos escorregamentos em Barra Mansa e Mendes, impôs-se uma nova linha de análise, de associação dos processos a um mecanismo de ruptura diferente daqueles normalmente observados em outras regiões fluminenses. No lugar de serem condicionados pela subida rápida de poro-pressão no contato solo-rocha, os escorregamentos no Vale do Paraíba aparentemente são controlados pela subida lenta de poro-pressão, em superfícies de ruptura irregulares e diversas, ditada pela elevação do nível d'água regional, que é determinada pelo acumulado mensal de chuvas e pelo aumento do nível de base da região, ditada pelo seu canal de drenagem mais importante – o Rio Paraíba do Sul.

A hipótese encontra respaldo, primeiro, nas observações de campo feitas no deslizamento de Mendes que matou uma criança. Como as chuvas horárias registradas eram baixas, associou-se o percebido elevado grau de saturação do solo residual aos antecedentes significativos de 96hs - 146,8mm – e de 30 dias - 324,6mm. Com as acumuladas muito elevadas em toda a bacia hidrográfica, o nível dos rios sobe, provocando, com a elevação das linhas de fluxo subterrâneo no regime influente, a elevação da altura piezométrica nos aquíferos e a consequente subida de poro-pressão no solo residual ou no entulho/ aterro das áreas ocupadas dentro dos anfiteatros em forma de colher, e também em morrotes ondulados, levando-os à ruptura. Tal mecanismo já havido sido discutido pelos pesquisadores do NADE/DRM e do PRONEX-Rio, tanto no Morro do Baú, em Santa Catarina (2008), como nos deslizamentos do Lago e da Prainha, no Megadesastre '11 da Serra Fluminense^{*6}.

^{*6} Lago et al. e Correa et al. (2011) disponíveis em www.drm.rj.gov.br

A hipótese foi reforçada com o estudo detalhado do escorregamento de Barra Mansa; nele, embora a morfologia de colher do anfiteatro, a sobrecarga das fundações rasas e a infiltração de água servida tenham também exercido um papel fundamental, os dados de chuvas antecedentes de 30 dias (tabela 1), as hidrógrafas do Rio Paraíba do Sul (Figura 3) e os hiatos de chuva no mês (Figura 4) corroboram a ideia de que as condições de deflagração são atingidas porque o regime influente do rio garante a elevação do NA regional e a subida de poro-pressão lenta nos dias subsequentes, mas também de que o escorregamento lento tem fases de maior velocidade definidas pelo incremento da chuva após hiatos de chuva de extensões variadas.

Tabela 1. Precipitação antecedente ao início do escorregamento. Observar que os valores de chuva em 30 dias estão muito acima dos 270mm considerados limiares pelo NADE/DRM.

Estação	Precipitação Acumulada Antecedente (mm)					
	24h		96h		1 mês	
	22h30	17h00	22h30	17h00 -	22h30	17h00 -
	15.01	16/01	15.01	16/01	15.01	16/01
Escola UBM	3,0	24,8	8,40	29,8	326,60	347,81
Rialto	27,2	37,2	79,60	93	415,50	429,41

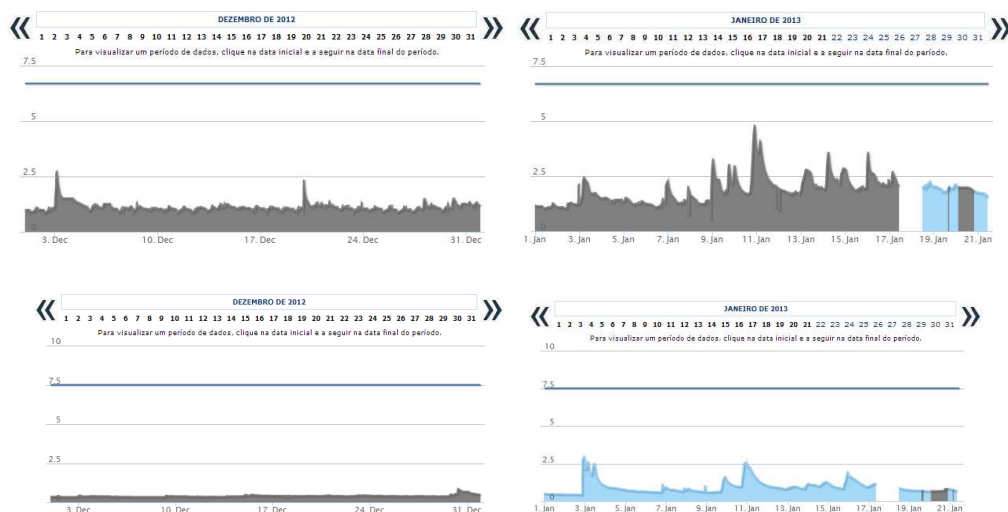


Figura 3: Hidrógrafas Dez 2012 (a) e Jan 2013. 1) Est. Rialto; 2) Faz. Escola UBM).

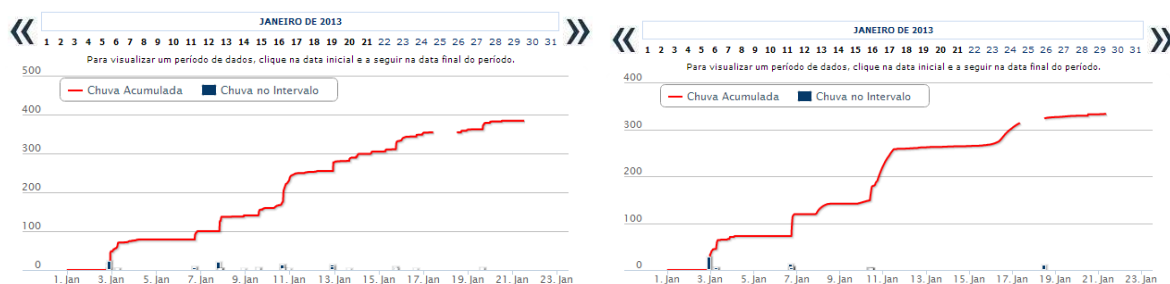


Figura 4. Chuva acumulada até 23/01 (a) Estação Rialto; (b) (Estação UBM – INEA).

3.2. Angra dos Reis

Os eventos chuvosos deflagradores de escorregamentos dos dias 02, 03, 09 e 10, e os eventos chuvosos NÃO deflagradores de escorregamentos dos dias 14 e 27, indicados na tabela 2, permitem analisar a consistência e a aplicabilidade da primeira correlação chuvas x escorregamentos para Angra dos Reis, feita por Soares (2006), que definiu uma curva crítica para a ocorrência de escorregamentos baseada na combinação da chuva diária medida com a chuva antecedente acumulada nas 24 horas anteriores (antecedente de 1 dia), ou seja, uma condição de contorno para 48 horas de chuva. Para a autora, a precipitação crítica em 24h seria de 75mm.

Tabela 2: Chuvas de Jan/13 - * deflagradoras de escorregamentos.

Estação	Data	Precipitação Acumulada (mm)	
		24h	01 Dia Antecedente
Angra	02/01/13*	211.6	15.4
	03/01/13*	125.2	211.6
	10/01/13*	100.8	42.0
	14/01/13	57.6	33.7
Fazenda Fortaleza	27/01/13	64.8	134.0

A Figura 5 mostra a curva crítica de Soares (2006), com a plotagem dos dados da tabela 2. Observa-se que as chuvas deflagradoras de escorregamentos recaem acima da curva crítica, mostrando a sua confiabilidade. Para que a mesma seja aproveitada num Sistema de Alerta em Angra dos Reis, o NADE/DRM propõe a sua combinação, levando em conta a geologia da área, **com um valor de chuva horária da ordem de 35-40mm/h e de um antecedente mensal de 270mm.**

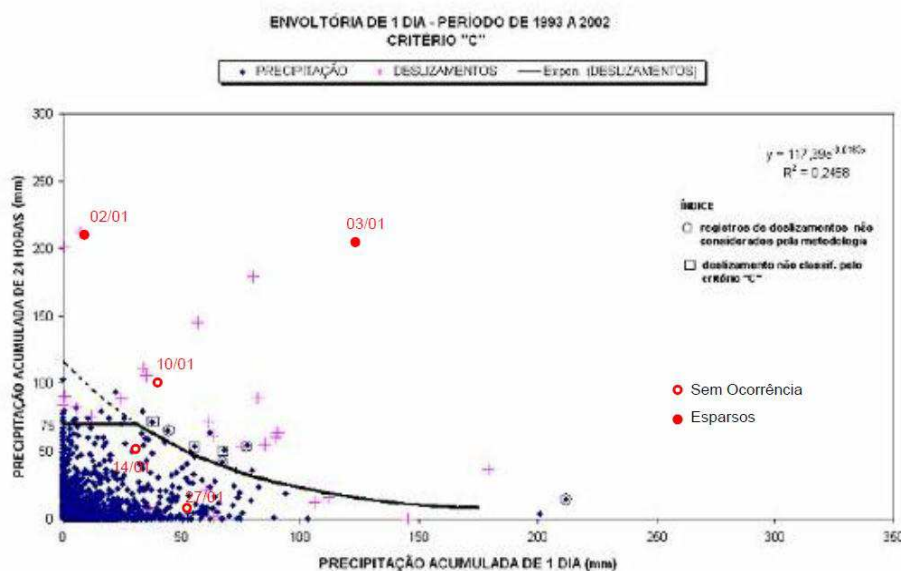


Figura 5. Curva crítica de Soares (2006) com os dados de Janeiro de 2013 (INEA).

3.3. Serra Fluminense

Em Nova Friburgo, mesmo a pancada de 26/01, de 41.8mm, às 23h30 (Venda das Pedras), não encontrou a condição de contorno mínima, representada pela antecedente acumulada em 30 dias de 270mm, para a deflagração de escorregamentos. Por conta disto, como esperado, nem mesmo o cenário de escorregamentos ocasionais foi alcançado na cidade.

Em Petrópolis, escorregamentos ocasionais ocorreram nos dias 03, 10, 20 e 27. No dia 03, a pancada de 78.8mm/h, per si, responde pela deflagração dos movimentos. No dia 10, mesmo com antecedentes baixas de 24hs (33.75mm) e 96hs (39.25mm), mas com mensal elevada (369.5mm), a pancada de 27.5mm/h deflagrou 02 acidentes. O mesmo ocorreu no dia 20 [Independência, 15h45; 23,5mm/h; 26,5mm/24hs; 64,8mm/96hs e 485,8mm/mês] e 27 [Independência 04h30; 1,8mm/h; 114mm/24hs; 121,5mm/96hs e 659,8mm/mês]. Plotados na Curva Crítica - figura 6 -, junto com os dados de chuvas não deflagradoras de escorregamentos nos dias 14 [Alto da Serra, 04h45, 20mm/h; 0mm/24hs; 80,3mm/96hs e 444mm/mês]; 15 [Quitandinha, 18h30; 22,3mm/h; 0,3mm/24hs; 37,3mm/96hs e 222,8mm/mês], 17 [Itamarati, 17h45; 41.8mm/h; 12.5mm/24hs; 40,8mm/96hs e 238.5mm/mês] e 18 [Morin, 00h00; 39,5mm/h; 26mm/24hs; 79mm/96hs e 505mm/mês], permitem observar claramente a sua consistência como indicadora dos cenários de risco no município.

Em Teresópolis, as chuvas registradas nos dia 03 – escorregamentos ocasionais - e 26 - sem Ocorrência – também foram plotados na curva crítica (figura 8). Mais uma vez a curva se mostrou consistente como indicadora dos cenários de risco no município.

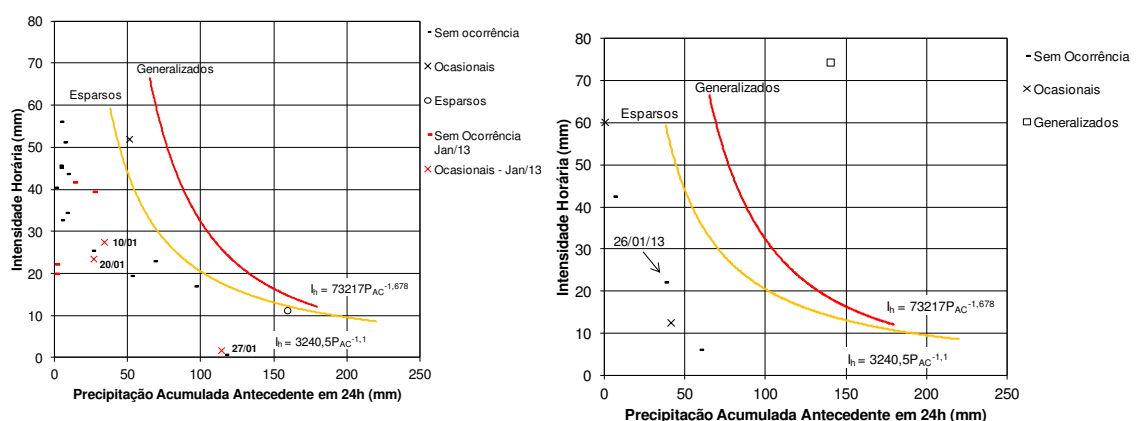


Figura 8: Curva crítica da região serrana e os cenários de risco. A) Petrópolis e B) Teresópolis

4. Conclusão

O NADE/DRM vistoriou, discutindo causas e levantando dados de chuvas associadas, os escorregamentos significativos registrados no mês de Janeiro de 2013. De maneira geral, na resposta aos desastres, os itens do Protocolo do Plano de Contingência 12-13 e as responsabilidades assumidas perante o GRAC, foram respeitados. Grande parte do avanço se deve à melhora da comunicação entre os integrantes do NADE e deste com os parceiros do CESTAD (Gabinete de Crise). Muito deve, contudo, ser melhorado no contato técnico com a ponta (municípios), particularmente no feed-back de campo.

Quanto aos escorregamentos diagnosticados, cabe destacar os fluxos torrenciais ocorridos logo no 1º evento do ano, particularmente em Xerém. Embora estivesse longe do caráter desastroso ao qual a mídia inadequadamente o elevou, o fato é que parece ter faltado muito pouco para que o mesmo fosse de fato muito mais destrutivo do que foi. Este diagnóstico, per si, revela a importância de se estudar com mais detalhe o risco associado a estes eventos mistos, parte hidráulicos, parte terrosos.

Em relação à análise da correlação chuvas x escorregamentos propriamente dita, cabe destacar, ao lado de mais uma comprovação de que as curvas críticas do NADE/DRM para a região serrana vêm se mostrando confiáveis para o estabelecimento de cenários de risco, a proposta de um índice crítico específico para Angra dos Reis – 35mm/h; 75mm/dia; 115mm/96hs e 270mm/mês; e a necessidade de estudos específicos para os escorregamentos lentos, associados a acumuladas mensais no Médio Vale do Paraíba.

Niterói, 22 de Fevereiro de 2013.

Núcleo de Análise e Diagnóstico de Escorregamentos – NADE/ Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro - DRM-RJ