

O DESLIZAMENTO DA FONTE NOVA (ALCOBAÇA). CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E RISCOS ASSOCIADOS.

Rodrigues, M. L. E Zêzere, J. L.¹

RESUMO

O movimento de vertente da Fonte Nova localiza-se no perímetro urbano de Alcobaça e afecta um conjunto de habitações de construção recente. O deslizamento teve o seu último período de actividade declarada em Janeiro de 2001. No entanto, a mesma área já antes tinha sido afectada por deslocações de terreno, as últimas nos invernos de 1989-90 e 1995-96, denunciando um potencial de instabilidade elevado.

Os movimentos activados em 2001 abrangem uma área superior a 12 000m². A profundidade máxima estimada para o plano de ruptura corresponde a 16m, o que determina um volume para o material deslocado de cerca de 122 000m³.

O movimento de vertente da Fonte Nova é um deslizamento translacional com plano de ruptura planar, cuja inclinação coincide praticamente com a estratificação regional (12,5°). O plano de ruptura principal está associado a movimentos tangenciais lentos com reduzida deslocação horizontal, facto comprovado pelo carácter pouco evoluído das marcas de instabilidade presentes no sector montante do deslizamento, bem como pela tipologia dos danos identificados nas vivendas e outras construções localizadas sobre o corpo do material instabilizado. O conjunto da área instabilizada evidencia movimentos diferenciais secundários dentro do corpo do deslizamento principal com planos de ruptura mais superficiais. Estes movimentos, que correspondem às zonas onde a velocidade e a amplitude das deslocações horizontais é maior, são deslizamentos dos tipos: translacional planar, translacional superficial e rotacional.

Os factores associados ao deslizamento da Fonte Nova subdividem-se em dois grupos. Os factores condicionantes incluem: litologia, estrutura geológica, morfoestrutura, declive, topografia, drenagem deficiente, rupturas de declive artificiais e existência de movimentos de vertente anteriores. Como os períodos de maior actividade do deslizamento coincidem sistematicamente com períodos chuvosos abundantes e prolongados no tempo, a instabilidade da vertente tem uma relação imediata com o regime hidrológico do solo (factor desencadeante).

A situação observada impõe a execução urgente de algumas medidas de prevenção e contenção, bem como a suspensão da construção na área afectada e zona envolvente. Além disso, devido à identificação de outros movimentos de vertente na área envolvente do deslizamento da Fonte Nova (vertente esquerda do rio Baça), efectuou-se uma avaliação da perigosidade geomorfológica de molde a ser possível planear futuras intervenções no território, prevenindo situações de risco para pessoas e bens.

PALAVRAS-CHAVE: deslizamento; levantamento geomorfológico; factores condicionantes e desencadeantes da instabilidade; perigos e riscos geomorfológicos.

¹ Professores do Departamento de Geografia da FLUL e investigadores do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.

1. O QUADRO GEOMORFOLÓGICO

A morfologia da vertente da Fonte Nova é bastante contrastada. Há áreas planas ou de declive suave, mas a maior parte da área possui declives moderados a fortes, com gradientes superiores a 10° , atingindo muitas vezes os 45° e sendo frequentes os escarpados verticais. Nos troços côncavos verifica-se a concentração da drenagem superficial e sub-superficial, favorável à ocorrência de movimentos de vertente. Os valeiros têm formas amplas em U, com drenagem fundamentalmente sub-superficial, pelo que a água surge à superfície apenas em pontos localizados ou em nascentes bem definidas. Este funcionamento hidrológico denota uma natureza variada dos materiais do substrato rochoso susceptível de condicionar a geração de aquíferos suspensos.

A lacuna de informação geológica utilizável à escala do estudo (1/1000) foi colmatada através da análise de afloramentos rochosos, de cortes para construções e da realização de duas sondagens geológicas em profundidade, com recurso aos serviços do Instituto Geológico e Mineiro (sondagens Sn1 e Sn2, com 30m e 20m de profundidade, respectivamente). Verificou-se que as formações rochosas apresentam uma grande heterogeneidade, com alternância frequente de formações permeáveis e impermeáveis. De facto, sob os arenitos creme-amarelados que constituem os materiais rochosos aflorantes (responsáveis por frequentes cornijas, ressaltos e abruptos rochosos), encontra-se uma formação argilosa espessa e impermeável, predominantemente vermelha (situada entre 4,5 e 9m na sondagem Sn1). Esta formação é interrompida por 1,5m de arenitos que se sobrepõem a outro complexo impermeável constituído por siltitos argilosos com intercalações de argilas, normalmente cinzentas (entre 10,5 e 12m de profundidade, na sondagem Sn1). Abaixo dos 12m e até aos 19,5m ocorrem arenitos com intercalações carbonosas e níveis argilosos muito plásticos, sendo as restantes formações observadas na sondagem (Sn1) constituídas por arenitos, siltitos e argilitos, com materiais carbonosos (19,5 a 26m de profundidade) e por arenitos grosseiros (abaixo dos 26m de profundidade).

A disposição geral é monoclinal, com inclinações que acompanham o declive das vertentes, variando o seu valor entre 18° (no sector NE) e cerca de 9° (no sector SW). Na vertente da Fonte Nova o valor da inclinação das camadas está compreendido entre 12° e $12,5^\circ$. Esta disposição cataclinal (inclinação das camadas conforme com o

declive) é altamente favorável à ocorrência de movimentos de vertente, com particular incidência de deslizamentos translacionais (com superfície de ruptura planar).

2. A MORFOLOGIA DO DESLIZAMENTO

O movimento de vertente da Fonte Nova teve o seu último período de actividade declarada em 2001, no decurso do mês de Janeiro. No entanto, a mesma área já antes tinha sido afectada por deslocações de terreno, denunciando um potencial de instabilidade elevado. A análise de fotografias aéreas e ortofotomapas com datas distintas permitiu identificar antigas marcas de instabilidade na vertente em questão. Para além disso, estão referenciados episódios de actividade de deslizamento nos invernos de 1989-90 e 1995-96, confirmados por inquérito aos moradores afectados.

O movimento de vertente activado em 2001 tem uma orientação NW-SE e abrange uma área superior a 12 000m² (Fig. 1 e Quadro 1). A profundidade máxima estimada para o plano de ruptura corresponde a 16m, o que determina um volume para o material deslocado de cerca de 122 000m³.

Em função das características da topografia instabilizada, o deslizamento da Fonte Nova activado em 2001 pode dividir-se em três sectores: sector montante, sector central (correspondente à zona das vivendas da Rua Miguel Bombarda) e sector jusante (Fig.1).

No sector montante as marcas de instabilidade actuais no terreno são bem visíveis, sendo o deslizamento da Fonte Nova limitado por duas fendas de tracção coalescentes, com orientação geral SW-NE e com uma extensão total de 63m (Fig.1), que afectam antigas construções. A primeira cicatriz de deslizamento observa-se no sector NE onde tem uma extensão de 43m. Na parte central e junto ao flanco direito do movimento verifica-se uma topografia irregular, perturbada por movimentos de deslizamento. A montante do caminho antigo que atravessa transversalmente o sector superior do deslizamento observam-se quatro deslizamentos secundários de desigual magnitude e tipologia (rotacional e translacional superficial).

O sector central do deslizamento da Fonte Nova corresponde à área ocupada pelas vivendas da Rua Miguel Bombarda. Por essa razão, as manifestações de instabilidade do terreno são menos sensíveis na topografia, embora se manifestem nas estruturas construídas. O muro de suporte em betão armado que delimita a parte traseira dos lotes urbanizados, encontra-se deformado apresentando abaulamentos e fendas transversais e

longitudinais. As casas localizadas na bissectriz principal do deslizamento são as que se encontram mais danificadas (fissurações de tracção e compressão, abatimentos diferenciais, descolamentos, fendas transversais e longitudinais, etc.).



Fig. 1. Mapa geomorfológico da sítio da Fonte Nova.

1. Curva de nível, em metros; 2. Estrada ou caminho; 3. Espaço edificado; 4. Muro; 5. Outros taludes; 6. Planície aluvial; 7. Cicatriz de deslizamento; 8. Limite de deslizamento; 9. Fenda de tracção; 10. deslizamento rotacional com aclave; 11. Deslizamento translacional superficial; 12. Topografia perturbada por movimentos de deslizamento; 13. Área instabilizada antiga; 14. Área instabilizada actual; 15. Posição das sondagens Sn1 e Sn2.

O sector jusante corresponde à área mais activa do deslizamento, onde ocorreram os movimentos diferenciais com maior deslocamento horizontal. Este facto não é alheio à existência de um declive local mais pronunciado e à amplitude das intervenções antrópicas efectuadas no pé do deslizamento. O movimento ocorrido em 2001 produziu a abertura de uma cicatriz de deslizamento com cerca de 55m de extensão na Rua

Miguel Bombarda, a que se associa uma fenda de tracção retrogressiva com um comprimento de 61m. Estas marcas de instabilidade foram responsáveis pela destruição parcial da rua. A amplitude dos movimentos verificados foi responsável pela deslocação e destruição parcial de uma pequena habitação, sendo a importância destes movimentos confirmada pela deslocação de algumas árvores em cerca de uma dezena de metros.

Quadro 1. Parâmetros morfométricos do deslizamento da Fonte Nova.

<p>CARACTERÍSTICAS DA VERTENTE</p>	<p>Inclinação das camadas: exposição: comando: comprimento: declive:</p>	<p>12.5° N 110° N 128° 118 m 510 m 18°</p>
<p>CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO</p>	<p>comprimento máximo: Largura máxima: profundidade máxima estimada: área total: volume estimado:</p>	<p>153 m 113 m 16 m 12 118 m² 122 000 m³</p>

3. RECONSTITUIÇÃO DOS PLANOS DE RUPTURA DO DESLIZAMENTO

A geometria do deslizamento, o pendor geral da estratificação e a análise das sondagens geológicas permitiram a realização do corte interpretativo da Fig. 2.

A sondagem Sn1 revelou uma superfície de descolamento principal situada aos 11,75m de profundidade. O plano de ruptura localiza-se entre um siltito argiloso cinzento (que apresenta as estrias típicas dos movimentos de deslocação tangencial) e um nível de argilas, com 4cm de espessura, que estão totalmente deformadas devido ao movimento de deslizamento. Este plano de ruptura principal foi também identificado na sondagem Sn2 à profundidade de 9,47m. Nesta sondagem as evidências da deslocação correspondem a uma faixa com 5cm de argilas cinzentas deformadas, denotando-se a ausência de zonas estriadas bem desenvolvidas, cuja conservação é pouco favorecida pelas características litológicas locais. A localização destes pontos de ruptura permitiu traçar o plano de ruptura principal do deslizamento, que apresenta uma forma típica planar, praticamente coincidente com o pendor da estratificação regional (Fig.2).

Na sondagem Sn2 foi identificado um segundo plano de ruptura mais superficial (aos 6,01m de profundidade). Esta superfície de deslizamento ocorre em argilas vermelhas bastante plásticas e materializa-se por uma zona deformada com cerca de 7cm de espessura. Conforme se observa na Fig.2, este ponto corresponde ao plano de ruptura secundário que afecta mais directamente a Rua Miguel Bombarda e o sector jusante do deslizamento da Fonte Nova.

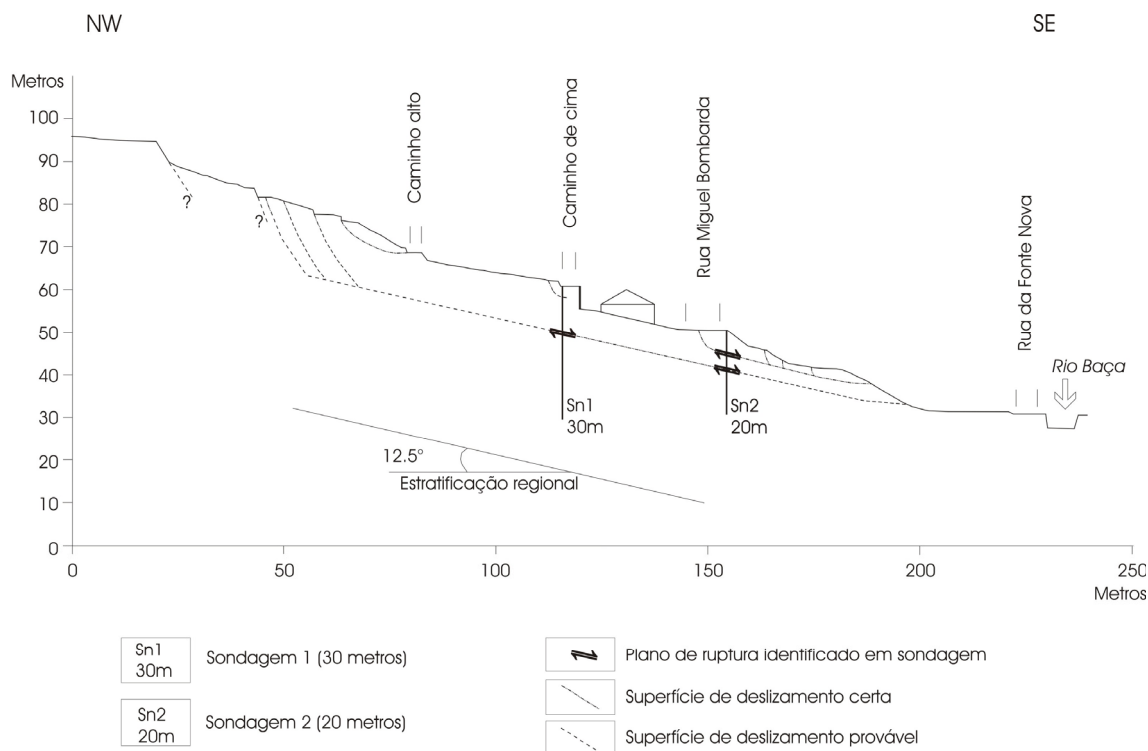


Fig.2. Corte interpretativo do deslizamento da Fonte Nova.

4. FACTORES CONDICIONANTES E DESENCADANTES

Os factores que contribuíram para a ocorrência do deslizamento da Fonte Nova podem subdividir-se em dois grandes grupos: factores condicionantes ou preparatórios, que são mais ou menos permanentes e determinam o potencial de instabilidade da vertente; e factores desencadeantes, que representam a causa imediata do deslizamento.

Os factores condicionantes identificados são os seguintes:

1. Litologia - Presença de argilas em abundância no substrato rochoso, susceptíveis de adquirir comportamento mecânico plástico, quando o fornecimento em água é abundante e duradouro; existência de formações permeáveis sobre rochas impermeáveis.
2. Morfoestrutura - Presença de uma vertente cataclinal, marcada por uma concordância entre o sentido de inclinação das camadas e a exposição da vertente. Além disso, como o declive da vertente é superior ao pendor das camadas (18° e $12,5^\circ$, respectivamente), há uma condição geométrica altamente favorável à instabilidade.
3. Declive - Existência de um declive moderado, favorável à manutenção da água nos terrenos, visto que a velocidade do escoamento não superficial é reduzida.
4. Topografia - Presença de uma concavidade horizontal na vertente. Estas concavidades são áreas onde a saturação do solo se atinge mais facilmente, devido à

convergência da escorrência superficial e do escoamento sub-superficial. Em consequência aumentam as pressões intersticiais e diminui a resistência mecânica dos terrenos ao movimento.

5. Drenagem deficiente - Os valeiros de fundo em U encontram-se inactivos denotando um predomínio do escoamento sub-superficial. Por outro lado, a drenagem artificial praticada no passado foi abandonada e encontra-se inoperacional. Assim, a maior parte da água infiltra-se criando toalhas freáticas suspensas.

6. Rupturas de declive artificiais - A abertura de taludes artificiais na base da vertente, embora não represente a causa final do deslizamento, desempenha um papel determinante no desenvolvimento do processo, uma vez que não foi acompanhada por medidas eficazes de estabilização. Deste modo, originaram-se aumentos locais do declive, responsáveis pelo acréscimo das tensões tangenciais.

7. Existência de movimentos de vertente anteriores - A existência comprovada de movimentos de vertente anteriores favoreceu a ocorrência de novas manifestações de instabilidade, através da diminuição da resistência ao corte dos terrenos a um valor próximo do residual, ao longo dos planos de ruptura, e do desenvolvimento de fissuras na superfície topográfica, que facilitaram a infiltração da água e a saturação dos solos.

Quanto aos factores desencadeantes verifica-se que os períodos de maior actividade do deslizamento da Fonte Nova coincidem sistematicamente com períodos chuvosos abundantes e prolongados no tempo. Este facto confirma que a instabilidade da vertente tem uma relação imediata com o regime hidrológico do solo. A influência da água na estabilidade da vertente manifesta-se, fundamentalmente, através de: do aumento do peso específico do solo e das tensões tangenciais daí decorrentes; e da diminuição da resistência ao corte dos terrenos por aumento das pressões intersticiais ao nível dos planos de ruptura profundos, determinadas pela subida do nível piezométrico.

5. CONCLUSÕES

O deslizamento da Fonte Nova ocorre numa vertente cataclinal, marcada por uma concordância geral entre o declive e o pendor das formações geológicas. É um deslizamento translacional com plano de ruptura planar, cuja inclinação praticamente coincide com a estratificação regional (12,5°). O plano de cisalhamento desenvolve-se num contacto estratigráfico entre formações argilosas e silto-argilosas. Sabe-se que as

superfícies de estratificação são zonas de fragilidade estrutural, onde a resistência ao corte é, frequentemente, inferior à verificada no material maciço. Para além disso, as zonas de contacto que incluem formações argilosas na base são propícias ao desenvolvimento de níveis freáticos suspensos, contribuindo este facto para a quebra estrutural da resistência, decorrente da diminuição da tensão normal efectiva.

O plano de ruptura principal está associado a movimentos tangenciais lentos e com uma reduzida deslocação horizontal. Este facto é comprovado pelo carácter relativamente pouco evoluído das marcas de instabilidade presentes no sector montante do deslizamento, bem como pela tipologia dos danos identificados nas vivendas da Rua Miguel Bombarda e no muro que limita aqueles lotes a montante. Com efeito, uma maior aceleração horizontal do movimento, em velocidade e em extensão (hipótese que não é colocada de lado, em termos de possível evolução futura), provocaria danos mais acentuados nas casas e a quase segura ruína do muro de suporte.

A área instabilizada da Fonte Nova evidencia movimentos diferenciais secundários dentro do corpo do deslizamento principal, nomeadamente nas suas secções montante e jusante. Estes movimentos correspondem às zonas onde a velocidade e a amplitude das deslocações horizontais são mais acentuados..

A situação observada impõe a adopção de medidas de prevenção e contenção, as mais importantes consistindo na minimização da infiltração da água na área do deslizamento, bem como na redução da quantidade de água no maciço rochoso (obtida fundamentalmente por métodos de drenagem). Além disso, a contenção física do maciço instabilizado, pela sua geometria, impõe a execução de obras de contenção e estabilização, devendo ser monitorizados os movimentos em todo o terreno construído, incluindo infra-estruturas, estradas, esgotos, abastecimento de água e rede telefónica. Este controlo pode ser realizado com inclinometria e com piezometria, utilizando os furos das sondagens executadas.

BIBLIOGRAFIA

- TURNER, A.K.; SCHUSTER, R.L. (Eds.) (1996). *Landslides. Investigation and Mitigation*. TRB, Special Report 247, NAP, Washington D.C.
- ZÊZEZE, J.L. (1997). *Movimentos de vertente e perigosidade geomorfológica na Região a Norte de Lisboa*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Universidade de Lisboa.
- RODRIGUES, M.L. (1998). *Evolução geomorfológica quaternária e dinâmica actual. Aplicações ao ordenamento do território. Exemplos no Maciço Calcário Estremenho*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Universidade de Lisboa.