

PADRÕES SINÓTICOS ASSOCIADOS A SITUAÇÕES DE DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS NA SERRA DO MAR

Marcelo Enrique Seluchi¹

RESUMO A região da Serra do Mar é freqüentemente atingida por chuvas intensas que costumam causar deslizamentos de terra, especialmente no período de verão. Este trabalho realiza uma climatologia sinótica destes episódios utilizando Reanálises II do NCEP no período de novembro a abril (1995 a 2005) com o objetivo de melhorar a previsão deste tipo de fenômenos.

As situações de deslizamentos de terra se deveram fundamentalmente à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e à passagem de frentes frias. Esses sistemas se diferenciaram da climatologia por serem mais intensos que o normal (no caso das frentes frias) e por estarem ligadas a situações de bloqueio (no caso das ZCAS). Em ambos os casos a divergência no nível de 250 hPa aparece como uma boa guia para os previsores, com uma antecedência de pelo menos 24 horas.

ABSTRACT The Serra do Mar region is frequently affected by heavy rainfall that often causes landslides, especially during summer. This work develops a synoptic climatology of these episodes using NCEP Reanalysis II during the period November to April (1995-2005) with the purpose of improve the forecast of these kind of phenomenon.

The landslides situations were principally due to the presence of the South Atlantic Convergence Zone and to the passage of cold fronts. Those systems are different from climatology being more intense than normal (in the cold frontal cases) and being linked to blocking situations (in the ZCAS case). In both cases, the divergence at the 250 hPa level appears as a good forecast guidance at least 24 hours in advance.

Palavras chaves: Serra do Mar, deslizamentos, climatologia

Introdução

A Serra do Mar é freqüentemente atingida por chuvas intensas, enxurradas, enchentes repentinas, ventos fortes, e outros eventos críticos de natureza hidrometeorológica causadores de calamidades públicas. Praticamente em todo período chuvoso há registro de ocorrência de escorregamentos nesta região de forte declividade, provocando severos danos às estradas e construções, e muitas vezes envolvendo perda de vidas humanas. As chuvas extremas podem ser produzidas pela combinação da alta umidade, a instabilidade termodinâmica e algum mecanismo disparador de tipo dinâmico.

¹ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. Rodovia Pres. Dutra, km 39, 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, FONE: (12) 3186-8534, e-mail: seluchi@cptec.inpe.br

O objetivo do presente trabalho é analisar os padrões sinóticos associados à ocorrência de situações de deslizamentos de encostas na região da Serra do Mar, com o intuito de melhorar a previsão deste tipo de fenômeno.

Materiais e Métodos

Para caracterizar os padrões sinóticos associados às situações de escorregamentos de encostas na região da Serra do Mar foram utilizadas as Reanálises II do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (Kalnay et al, 1986), correspondentes ao período 1995 a 2005.. As datas de ocorrência dos deslizamentos para esse período foram extraídas do “Banco de Mortes” do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo. Por essa razão, o presente estudo se limita aos episódios ocorridos no trecho paulista da Serra do Mar nos quais houve perda de vidas humanas por soterramento. No tal foram identificados 33 casos com estas características no período de verão, desde novembro de 1995 a dezembro de 2005.

A metodologia de trabalho consistiu na confecção de mapas compostos, desde 3 dias antes e até 2 dias depois das datas selecionadas. Os eventos causados por sistemas convectivos localizados foram descartados. Estes corresponderam apenas ao 18% do total.

Resultados

Uma análise mais detalhada dos 33 casos selecionados, revelou que 15 deles correspondem a situações de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e 18 a passagens de sistemas frontais, dois tipos de situações vinculadas à presença de cavados na Região Sudeste. Por esta razão estes dois tipos de sistemas foram estudados em forma separada.

A Figura 1 corresponde às anomalias de pressão ao nível do mar e de espessura na camada 500/1000 hPa para os casos de ZCAS (esquerda) e frentes frias (direita). É interessante ressaltar algumas semelhanças entre ambas as figuras no padrão de pressão, como a presença de anomalias positivas na região do Oceano Atlântico, relacionadas com a extensão anômala para o sul do anticiclone subtropical, e de anomalias negativas na região sudeste, indicando que os respectivos cavados são mais intensos que nos campos climatológicos. Uma diferença importante é o padrão de anomalias sobre o Oceano Pacífico que evidencia uma onda mais curta nos casos de ZCAS. As anomalias de espessura mostram que em ambos os casos a baixa e media troposfera permanece mais quente sobre a Região Sudeste, com máximos relativos na região de atuação dos cavados. Contudo, existem importantes diferenças já que as anomalias apresentam signo oposto sobre o Oceano Atlântico. No caso da Fig 1a a presença de temperaturas superiores ao normal

conjuntamente com valores elevados de pressão, sugere que este tipo de situação pode estar relacionado com anticiclones de tipo bloqueante. Ao contrario, a fig 1b mostra uma estrutura típica de frente fria, com um forte gradiente de pressão sobre o Oceano e anomalias de pressão e temperatura que evidenciam a passagem de um anticiclone pós-frontal que se acopla ao anticiclone subtropical.

O mapa de vento e umidade específica no nível de 850 hPa (Figura 3) mostra que o máximo de umidade associado ao cavado de superfície apresenta valores superiores ao normal, que são mais acentuados no caso das situações de ZCAS. O padrão de umidade sobre o Oceano Atlântico confirma também a diferente estrutura termodinâmica dos sistemas de alta pressão. O campo de vento nesse nível evidencia um máximo anômalo de vorticidade ciclônica localizado ao noroeste (sudeste) do litoral de São Paulo na figura 2a (figura 2b) que resulta mais intenso para as situações de ZCAS (frentes).

De acordo ao esperado, as maiores anomalias de altura geopotencial e temperatura no nível de 500 hPa (Figura 3) se localizam nas latitudes mais altas. Elas permitem detectar um padrão mais definido de onda relativamente longa na Figura 3a (situações de ZCAS) que mostram uma estrutura relativamente barotrópica, o que resulta consistente com a provável vinculação com sistemas de bloqueio. Note-se que a distribuição das anomalias de altura geopotencial no litoral da Região Sudeste mostra um máximo relativo de advecção de vorticidade ciclônica acompanhado por uma onda de temperatura de longitude mais curta. Este comportamento poderia sugerir que os deslizamentos de terra ocorrem no momento em que a ZCAS interage com uma onda mais baroclínica de menor longitude. Na Figura 3b, pode se verificar um padrão de onda mais curta, tanto nas temperaturas como na altura geopotencial. Em ambos os casos a temperatura na região da Serra do Mar é ligeiramente maior que o normal. Esse fato junto à inexistência de anomalias significativas de temperatura no nível de 925hPa e nos índices de instabilidade (figuras não mostradas) revela que estas situações não apresentam condições de instabilidade termodinâmica muito diferentes do normal.

A Figura 4, que exhibe as anomalias de divergência e vento no nível de 500hPa, revela o caráter anômalo da divergência observada nas proximidades do litoral de São Paulo, o que pode constituir um elemento importante para a previsão do tipo de situação analisada. Embora ao sul desta região divergente existe uma ampla faixa com anomalias de convergência nas figuras 4a e 4b, a circulação dos ventos associada possui características opostas: No caso das situações de ZCAS existe uma anomalia ciclônica centrada no sul do MS que fornece advecção de vorticidade ciclônica em boa parte da Região Sudeste. Além disso o padrão de onda relativamente curto parece confirmar o fato que os deslizamentos de encostas ocorrem no momento em que a ZCAS interage com perturbações de onda mais curta, provavelmente aumentando a intensidade dos movimentos

verticais e, portanto, das chuvas. Nas latitudes mais altas se reflete novamente um padrão mais barotrópico típico de bloqueio sobre o Oceano Atlântico, associado a um número de onda mais baixo. Nas situações de frentes frias, é possível identificar um padrão de ondas curtas com características baroclínicas, em função da defasagem com os campos de pressão ao nível do mar e 850 hPa, cujo eixo principal apresenta uma leve inclinação SO-NE.

Uma análise mais aprofundada consistiu em comparar as situações de ZCAS e frentes frias selecionadas com os padrões médios destes sistemas. Para isso foi utilizada a climatologia de ZCAS desenvolvida por Sanches (2002) e foi construída uma climatologia sinótica das frentes frias, escolhendo todos os casos ocorridos no período considerado (fonte Revista Climanálise). Este material não se inclui nesta versão do trabalho por questões de espaço mas os principais resultados são incluídos nas conclusões.

Conclusões

O presente trabalho constitui uma primeira tentativa para melhorar a previsão de fenômenos meteorológicos que causam deslizamentos de terra nas encostas da Serra do Mar. Em geral, mais do 80% dos casos esteve relacionado com sistemas meteorológicos de escala sinótica ou maior que a sinótica. Entre eles atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a passagem de frentes frias foram as causas fundamentais destes fenômenos. Uma análise detalhada de cada situação permitiu estabelecer que em torno do 50% dos casos de ZCAS que permaneceram sobre o Estado de São Paulo por mais de dois dias provocou à queda de encostas.

As situações de ZCAS que provocaram mortes por soterramento atuaram imersas num padrão de onda longa nas latitudes mais altas, com uma crista sobre o Oceano Atlântico Sul e um cavado no Oceano Pacífico próximo às costas da América do Sul. A crista sobre o Oceano Atlântico tem características barotrópicas (eixo vertical e núcleo quente) e se manifesta em superfície como um estiramento para o sul do Anticiclone Semipermanente do Atlântico. Essa situação em sintonia com a atuação de uma circulação ciclônica nos altos níveis em latitudes subtropicais, outra das características típicas dos bloqueios atmosféricos, modifica a posição da ZCAS que tende a se localizar ao sul da sua posição climatológica. Esse padrão é acompanhado por um maior conteúdo de umidade nas camadas baixas e um aumento da divergência na alta atmosférica respeito das situações de ZCAS climatológicas. Nas 24 horas previas à ocorrência dos deslizamentos o cavado de altos níveis, de onda mais curta, interage com a ZCAS tornando-a mais intensa e deslocando-a para o Norte, em direção ao litoral paulista. A intensidade e a posição do máximo de divergência em 250 hPa, junto ao padrão descrito anteriormente, parecem oferecer uma boa guia para a previsão deste tipo de fenômeno.

As frentes frias que causaram movimentações de massa nas ladeiras da Serra do Mar são mais intensas que a média. Os campos médios na baixa troposfera exibem um cavado e um anticiclone da retaguarda mais intensos e associados a um maior gradiente meridional de temperatura. A instabilidade termodinâmica e também mais acentuada que na climatologia destes sistemas e eles são acompanhados por uma circulação ciclônica mais vigorosa na troposfera média e alta. Neste caso o momento dos deslizamentos coincide com a passagem do cavado em 250 hPa sobre a Região da Serra do Mar.

Em geral os padrões sinóticos associados aos eventos estudados podem ser identificados entre 72 e 48 horas antes dos eventos tanto no caso das ZCAS quanto das frentes frias.

AGRADECIMENTOS: Ao MScs. Marcos Barbosa Sanches e Helio Camargo Junior pela sua valiosa ajuda, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que financiou parcialmente este trabalho através do Projeto. “Estudos da Previsibilidade de Eventos Meteorológicos Extremos na Serra do Mar”

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Revista Climanálise, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), anos 1995 a 2005. Disponíveis no endereço: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/>

Sanches M.B. (2002) Análise sinótica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) utilizando-se a técnica de composição. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

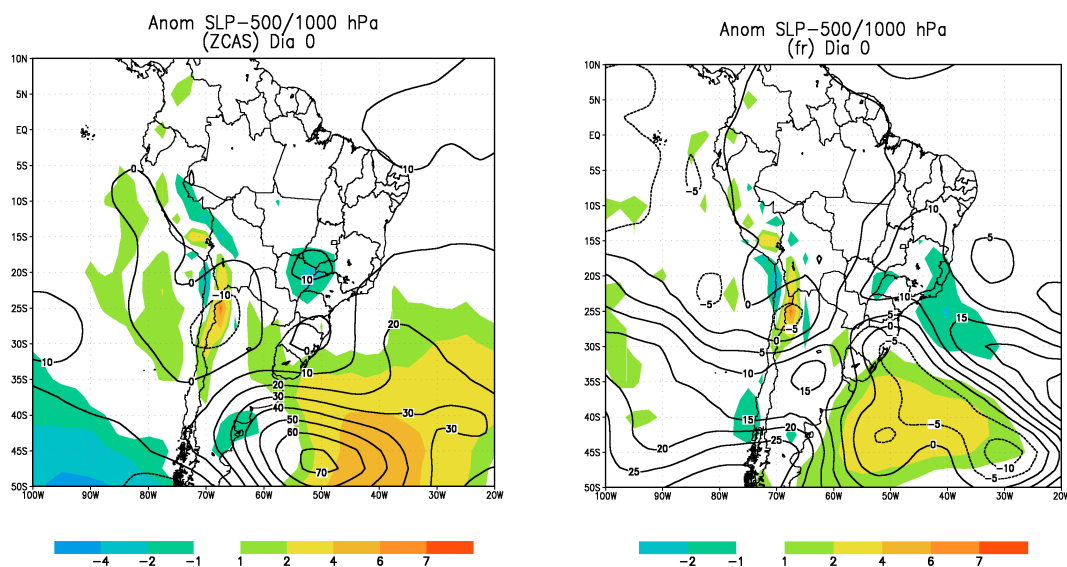


Figura 1: anomalias de altura geopotencial (sombreado) e de espessura 500/1000 hPa correspondentes às situações de ZCAS (esquerda) e frentes frias (direita) que causaram deslizamentos de terra na Serra do Mar

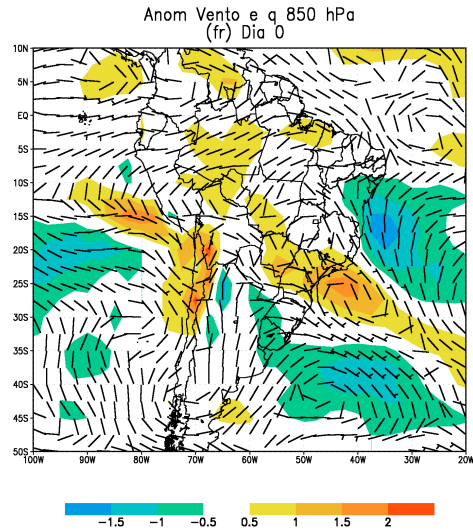
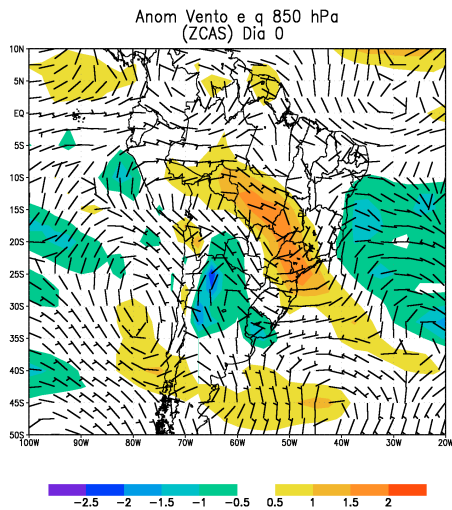


Figura 2: anomalias de umidade específica (sombreado) e vento em 850 hPa correspondentes às situações de ZCAS (esquerda) e frentes frias (direita) que causaram deslizamentos na Serra do Mar

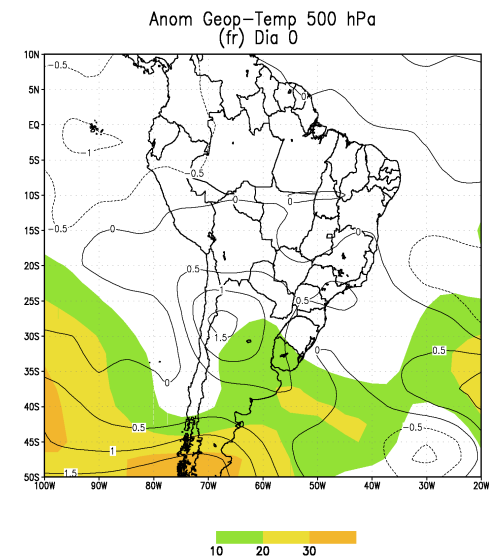
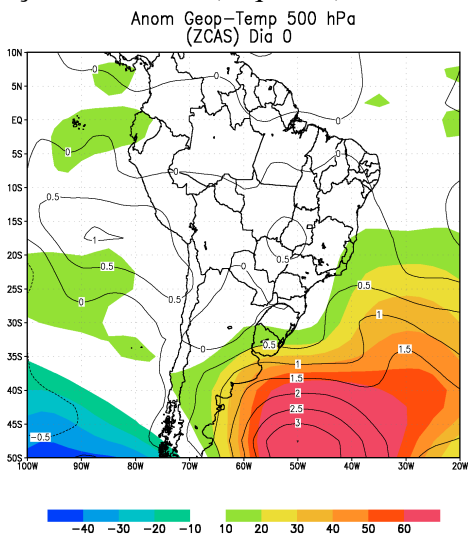


Figura 3: anomalias de altura geopotencial (sombreado) e temperatura em 500 hPa correspondentes às situações de ZCAS (esquerda) e frentes frias (direita) que causaram deslizamentos na Serra do Mar.

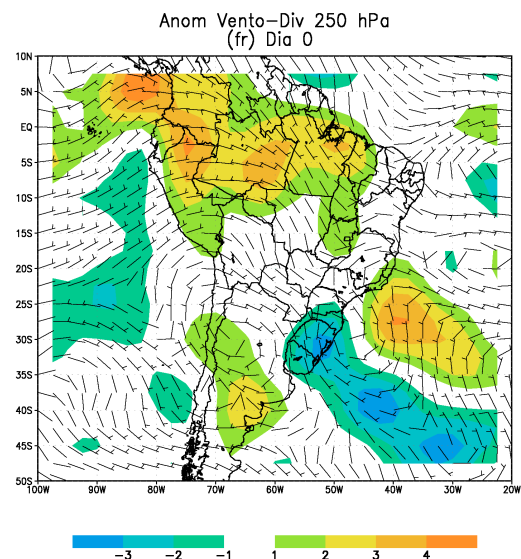
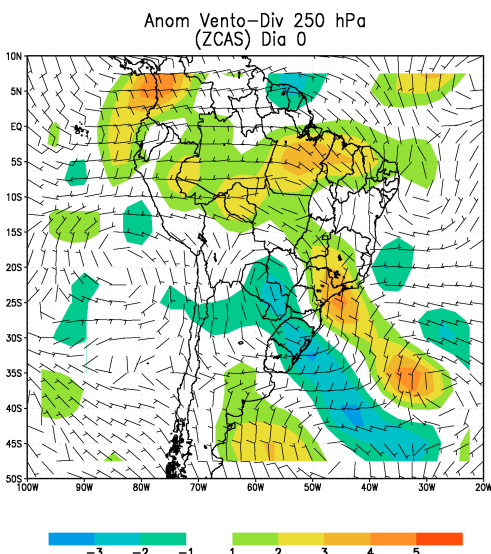


Figura 4: anomalias de divergência (sombreado) e vento em 250 hPa correspondentes às situações de ZCAS (esquerda) e frentes frias (direita) que causaram deslizamentos na Serra do Mar