

# A GÊNESE DAS VARIAÇÕES DO RITMO PLUVIAL EM JUIZ DE FORA – MG E OS ESCORREGAMENTOS NA SUA REGIÃO NOROESTE: exemplos selecionados

*Lucas Barbosa SOUZA*<sup>1</sup>

*João Afonso ZAVATTINI*<sup>2</sup>

## Resumo

O enorme crescimento das cidades brasileiras verificado nas últimas décadas, aliado à dificuldade das camadas populares para a aquisição da moradia, tem contribuído para a constante ocupação de áreas inadequadas à urbanização, sujeitas aos riscos de movimentos de massa. Este grave problema social, potencializado pela falta de planejamento público, expõe, a cada primavera-verão, grande número de famílias a graves acidentes nas encostas. Por sua vez, os movimentos de massa, especialmente os escorregamentos, são fenômenos deflagrados pela precipitação. Dessa forma, o entendimento do ritmo climático e da dinâmica pluvial representa importante passo para a previsão e controle desses acidentes. A Região Noroeste da cidade de Juiz de Fora - MG constitui um local de intensa expansão urbana, onde a ocupação desordenada vem causando uma série de transtornos ambientais, inclusive a ocorrência de escorregamentos. Este artigo, cujo objetivo é mostrar como a dinâmica atmosférica e a gênese pluvial estão ligadas à ocorrência de escorregamentos nessa parcela do espaço urbano de Juiz de Fora, é originário das reflexões presentes na dissertação de mestrado "Chuvvas e Escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora – MG: uma abordagem genética em Climatologia", elaborada junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro.

**Palavras-chave:** Ritmo Climático; Dinâmica Pluvial; Escorregamentos; Juiz de Fora

## Abstract

### The genesis of the variation of pluvial rythm at Juiz de Fora-MG and the landslides in the northwestern region: selected examples

The enormous growth of brazilian cities verified in the last decades, allied to the difficulty of the popular classes for the acquirement of the domicile, has contributed to the constant occupation of inappropriate areas for urbanization, liable to the risks of mass movements. This serious social problem, increased by the lack of public planning, exposes, every summer-spring, a great number of families to serious accidents on the hillsides. Thus, mass movements, specially landslides, are phenomenons deflagrated by precipitation. Therefore, understanting the climatic rhythm and pluvial dynamics, represents an important step to prevent and control these accidents. The Nortwest Region of the city of Juiz de Fora – MG, constitutes a location of intense urban expansion, where disordered occupation has been provoking several enviromental disturbances, inclusively the occurence of landslides. This paper has as a main purpose, the admission of the dynamics and pluvial genesis in this allotment of the urban space of Juiz de Fora. It has also been result of reflections of the dissertation "Rains and Landslides in the Northwest Region of Urban Area in Juiz de Fora – MG: a genetic approach in Climatology", elaborated next to the Program of Post-Graduation in Geography of UNESP/Rio Claro.

**Key words:** Climatic Rhythm; Pluvial Dynamics; Landslides; Juiz de Fora

<sup>1</sup> Geógrafo, Doutorando em Geografia pela UNESP/Rio Claro – [lbsgeo@navinet.com.br](mailto:lbsgeo@navinet.com.br)

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Geografia da UNESP/Rio Claro – [zavattini@rc.unesp.br](mailto:zavattini@rc.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

A acentuada expansão das áreas urbanas nas últimas décadas, sobretudo nos países em desenvolvimento, tem sido orientada, entre outros aspectos, pela topografia e pela especulação imobiliária, delineando um quadro crônico de segregação sócio-espacial. Em decorrência deste fato, a ocupação desordenada de encostas íngremes e de demais terrenos inadequados à urbanização tem contribuído para uma exposição crescente de parcela da população aos riscos ambientais, em especial aos movimentos gravitacionais de massa. Manifestados em meio tropical, principalmente sob a forma de escorregamentos, esses movimentos têm causado a perda de inúmeras vidas humanas, além de grandes prejuízos econômicos ao longo dos anos.

Entre os diferentes modos de prevenção e controle de acidentes ligados aos movimentos de massa, destacam-se os zoneamentos de susceptibilidades e os planos preventivos de Defesa Civil (PPDC's). Em regiões já ocupadas, os zoneamentos podem auxiliar na definição de áreas prioritárias para atuação imediata, por intermédio de uma lógica espacial de condicionantes naturais ou antrópicos. Já em regiões ainda não urbanizadas, os zoneamentos podem apontar restrições de ocupação, em diferentes graus, no intuito de se evitar a incorporação de novas áreas sob riscos potenciais a acidentes naturais à malha urbana das cidades. Por sua vez, os planos preventivos de Defesa Civil atuam segundo uma lógica temporal dos fenômenos, buscando estabelecer níveis aceitáveis de convivência com os riscos ambientais já instalados em áreas ocupadas, por meio da previsão de situações perigosas. Em ambas as formas de atuação, devido à enorme gama de elementos condicionantes dos processos de movimentos de massa, a análise conjunta dessas variáveis adquire fundamental importância, implicando diretamente no sucesso das medidas a serem adotadas.

De acordo com Fernandes; Amaral (1995, p.186), "qualquer abordagem segmentada, ou seja, que enfoque o problema sob apenas um ângulo, dificilmente será capaz de compreender, de forma integrada, tais movimentos". Dessa forma, algumas considerações merecem destaque especial, como por exemplo o papel da água nos processos de instabilização e as variações da entrada desse elemento energético no sistema.

Conforme Brunnsden (1979, p.130), "*the general term mass movements is applied to those processes that involve a transfer of slope-forming materials from higher to lower ground, under the influence of gravity, without the primary assistance of a fluid transporting agent*". Os diferentes tipos de movimentos de massa podem ser classificados conforme variados critérios, entre eles o tipo de material movimentado, a velocidade de ocorrência, sua mecânica, causa ou características geométricas de ruptura.

Os escorregamentos constituem um tipo de movimento de massa de ocorrência relativamente rápida em que a ruptura ocorre ao longo de uma ou mais superfícies discretas, as quais limitam ou definem a massa movimentada. Os escorregamentos em solos ocorrem inicialmente sob as formas translacional (superfície plana de ruptura) ou rotacional (superfície côncava de ruptura), mesmo que posteriormente o material movimentado se apresente de forma inconsolidada ou fluida. Podem apresentar ainda origem natural ou induzida, esta última decorrente de cortes inadequados ou lançamentos de efluentes nas encostas, além de sobrecargas ou explosões. Entretanto, a ocorrência de escorregamentos apresenta grande correlação com a pluviosidade, seja pelo lento processo de saturação do solo ao longo de vários dias chuvosos ou mesmo pelo evento pluvial concentrado deflagrador do movimento.

De maneira geral, a presença da água relaciona-se com a grande maioria dos casos de instabilização de encostas, sobretudo em meio tropical. Por esse motivo,

entre outros fatores, torna-se essencial o conhecimento adequado da dinâmica pluvi-al em áreas sob riscos de movimentos de massa, por intermédio da distribuição espacial e temporal das chuvas.

Nesse contexto, a Climatologia Dinâmica, através de seus métodos peculiares, vem apresentando grandes avanços de conhecimento acerca dos ritmos climáticos e suas conseqüências pluviométricas. Dessa maneira, a inter-relação das informações sobre a gênese pluvi-al, aliada aos diferentes indicadores de seus impactos, pode apontar causalidades que deverão auxiliar a identificação da estrutura desses eventos naturais marcados pela excepcionalidade.

Juiz de Fora é uma cidade de porte médio, com cerca de 500 mil habitantes, localizada na região da Zona da Mata Mineira (porção Sudeste do Estado de Minas Gerais). O enorme crescimento verificado na periferia da cidade nos últimos anos, sobretudo por intermédio da ocupação de áreas de risco, constitui motivo de grande preocupação para a comunidade científica local, pois o setor urbano situado a noroeste se configura como o principal eixo desse crescimento, tendo boa parcela de suas encostas ocupadas pela população carente.

Este trabalho, inspirado na dissertação de mestrado “Chuvas e Escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora – MG: uma abordagem genética em Climatologia” (SOUZA, 2003), elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro, procura mostrar como a dinâmica atmosférica e a gênese pluvi-al correlacionam-se com os registros de ocorrências de escorregamentos na área de estudo. Para tanto foi utilizada a técnica de análise rítmica de Monteiro (1971), que permite a representação e análise temporal conjunta dos fenômenos pesquisados. Os gráficos de análise rítmica de janeiro/1997 e de janeiro/2000, selecionados dentre aqueles que compõem o estudo completo supramencionado, servem para ilustrar as variações pluvi-ais e suas conseqüências nas encostas urbanizadas da Região Noroeste da cidade de Juiz de Fora.

## **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS URBANAS E CLIMÁTICAS DA ÁREA DE ESTUDO**

No que se refere às principais características do fato urbano, pode-se dizer que, de acordo com Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano da Prefeitura de Juiz de Fora (PREFEITURA de Juiz de Fora, 1996)<sup>3</sup>, a Área Urbana do Município foi dividida em 8 (oito) Setores de Planejamento, sendo que cada um deles foi dividido em uma série de Regiões Urbanas de Planejamento. De acordo com esta divisão administrativa, o chamado Setor Noroeste da Área Urbana do Município foi tomado como unidade de estudo, estando subdividido em 14 (quatorze) Regiões Urbanas de Planejamento – Barreira do Triunfo, Benfica, Santa Cruz, Nova Era, Barbosa Lage, Jóquei Clube, Jardim Natal, Bairro Industrial, Francisco Bernardino, Carlos Chagas, Cerâmica, Monte Castelo, Esplanada e São Dimas.

Conforme Machado (1999), o processo de ocupação de Juiz de Fora inicia-se com a construção da “Nova Estrada do Paraibuna”, na década de 1830, cuja finalidade era estabelecer a ligação entre a região de Vila Rica (atual Ouro Preto – MG) e a cidade do Rio de Janeiro - RJ, visando ao escoamento de minérios. Este fato propor-

<sup>3</sup> Em 1999, foi aprovada a nova versão do Plano Diretor com algumas alterações sobre a versão de 1996, esta empregada neste trabalho.

cionou o surgimento de um arraial, denominado Santo Antônio do Paraibuna, que posteriormente, em 1856, alcançou a condição de cidade, com o nome de Paraibuna. Neste mesmo ano foi iniciada a construção da Estrada União e Indústria, ligando o Sudeste de Minas Gerais à cidade de Petrópolis - RJ, necessária para que a produção de café, então no seu apogeu na região conhecida como Zona da Mata Mineira, pudesse ser transportada para os centros comerciais e consumidores. Dessa forma, devido à sua localização às margens da Estrada União e Indústria, a cidade de Paraibuna (futura Juiz de Fora) caracterizou-se como um importante entreposto comercial de produtos agrícolas, iniciando o processo de polarização regional. Alguns anos mais tarde, em 1865, a cidade recebeu o nome definitivo de Juiz de Fora, por causa do juiz carioca Luís Fortes Bustamante de Sá, antigo proprietário da sesmaria existente na região.

Na década de 1870, foi iniciada a construção da estrada de ferro, fato que possibilitou a ampliação da malha urbana de Juiz de Fora, especialmente para as regiões de vale, a noroeste do núcleo central. Com a criação da Estação Ferroviária de Benfica, distante cerca de 10 km do centro da cidade e também situada a noroeste, acabou surgindo ao seu redor um pequeno aglomerado de casas e de pequenos estabelecimentos comerciais. Em 1891, Benfica já se configurava num distrito do município de Juiz de Fora (AGUIAR, 2000), com uma evolução ocupacional ainda independente do restante da malha urbana da cidade, tendo sido incorporada ao distrito-sede somente na década de 1970<sup>4</sup>

Conforme Souza et al. (1998), a partir da década de 1960 iniciou-se um movimento local para a transferência das atividades industriais do núcleo central para os bairros periféricos de Juiz de Fora. Nessa ocasião, alguns estabelecimentos foram transferidos para a Região Noroeste da Área Urbana, dando início à sua industrialização. Na década de 1970, a construção dos Distritos Industriais I e II, vizinhos ao bairro de Benfica, viria reafirmar a característica industrial dessa parte da cidade, culminando em 1996 com a instalação de uma grande unidade montadora da Mercedes Benz, para a produção de automóveis.

O vale do Rio Paraibuna, que atravessa a região no sentido NW – SE, orientou inicialmente a ocupação local, por intermédio de seus principais alvéolos. Posteriormente, a expansão urbana agregou vales secundários de alguns afluentes do Paraibuna, até alcançar algumas encostas íngremes, sobretudo nos últimos anos. Entretanto, em função da ocupação concentrada ao longo da Avenida Juscelino Kubitschek, via de acesso paralela ao Rio Paraibuna, ainda hoje é possível observar nitidamente a disposição linear da malha urbana da Região Noroeste de Juiz de Fora.

A área de estudo apresenta um baixo índice de cobertura vegetal, não atendendo ao limite mínimo de 12 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, conforme Prefeitura de Juiz de Fora (1996). Aliado a esse fator, o lançamento de efluentes nos cursos d'água tem comprometido a qualidade ambiental da região.

A grande extensão territorial do Setor Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora, aliada a presença de terrenos ainda desocupados, faz com que o mesmo apresente uma baixa densidade demográfica, inferior a 50 habitantes por hectare. O contingente populacional representava, no ano de 1991, uma parcela de 17,5% da população total da cidade. Calculando-se este mesmo percentual, a partir dos dados do último censo demográfico, estima-se um número de 75 mil habitantes vivendo atualmente nessa parcela do município de Juiz de Fora. As regiões urbanas de planeja-

<sup>4</sup> Atualmente Benfica configura-se como o principal bairro da Região Noroeste de Juiz de Fora, inclusive fornecendo seu nome à Região Urbana de Planejamento em que está inserida.

mento mais populosas são, pela ordem, Benfica, Santa Cruz e Barbosa Lage, nas quais concentra-se a maioria dos terrenos planos da região.

Ainda conforme as informações apresentadas no Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PREFEITURA de Juiz de Fora, 1996), a área de estudo contaria com níveis satisfatórios de serviços e de infra-estrutura urbana, pois mais de 90% da população estaria atendida pela coleta de lixo e pelas redes de água e esgoto. Entretanto, não é o que se verifica na periferia das Regiões Urbanas de Planejamento, sobretudo nas áreas de maior declividade ocupadas pela população carente.

Na verdade, as condições de renda apresentavam-se bastante desfavoráveis, denunciadas pela média de 2,3 salários por família e pela proporção de 53,7% dos chefes de família com ganhos inferiores a 2 salários mínimos (PJF, 1996). Portanto, é de se esperar que os menores valores de renda também estejam localizados entre os moradores das encostas da área em foco que, não bastasse, congrega usos múltiplos do solo urbano, com grande número de lotes de pequenas dimensões e áreas ocupadas por estabelecimentos industriais de portes diversos, sobretudo em sua porção norte. Também são observados conjuntos habitacionais construídos para as camadas populares e para os serviços comerciais básicos (estes últimos restritos às principais vias de circulação). As encostas propriamente ditas ou estão ocupadas por sub-moradias ou ainda estão desocupadas.

De acordo com as informações prestadas pela Defesa Civil de Juiz de Fora, os problemas com os movimentos de massa são mais frequentes nas Regiões Urbanas de Benfica (Bairros Vila Esperança I e II), Santa Cruz (Bairros São Judas Tadeu, Vila Melo Reis, Santa Lúcia e Santa Cruz) e Jóquei Clube (Bairro Jóquei Clube). Também de acordo com a Defesa Civil, embora o Setor Noroeste não apresente a maior frequência de acidentes desse tipo, quando comparado com outras partes de Juiz de Fora, revela atualmente uma ocupação urbana bastante intensa, constituindo o principal eixo de expansão do município. Por esse motivo, grandes esforços de planejamento urbano e ambiental deveriam estar voltados para esta área, no intuito de permitir que no futuro níveis aceitáveis de qualidade de vida sejam alcançados.

Quanto às principais características climáticas regionais de Juiz de Fora, é importante destacar o seu posicionamento em relação a algumas das principais unidades geomorfológicas do sudeste brasileiro. O município está localizado na vertente oceânica da Serra da Mantiqueira, em altitudes que variam de 600 a 900 metros, tendo ao sul o Vale do Rio Paraíba e, posteriormente, a Serra dos Órgãos, ambos em terras fluminenses. A sudeste pode ser observado o Planalto de Itatiaia, invadindo uma pequena porção do território mineiro. Essas feições do relevo regional exercem naturalmente importantes papéis na circulação atmosférica que atua sobre a Zona da Mata de Minas Gerais, induzindo comportamentos locais diferenciados.

O clima da região é influenciado pela atuação de sistemas intertropicais e extratropicais, geradores de situações atmosféricas específicas para a área de estudo. A Massa Tropical Atlântica atua com ventos de norte a nordeste, implicando em tipos de tempo geralmente estáveis. Já o Anticiclone Polar Atlântico produz incursões de massas frias, sempre precedidas por sistemas frontais geradores de precipitação e acompanhados de ventos do quadrante sul. Em função da Serra da Mantiqueira, a região encontra-se de certa forma abrigada das correntes perturbadas de oeste e noroeste, oriundas de sistemas continentais, fato comprovado pelos baixos níveis de incidência de ventos desses quadrantes (NIMER, 1979).

A temperatura média anual em Juiz de Fora é de 18,9 °C, conforme informações do Laboratório de Climatologia da Universidade Federal de Juiz de Fora. As temperaturas mais altas se relacionam com a atuação da Massa Tropical Atlântica, enquanto as temperaturas mais baixas estão ligadas à ação da Massa Polar Atlântica. A época mais quente ocorre no período de primavera – verão, sobretudo nos meses

de dezembro e janeiro. Já a época mais fria ocorre no período de outono – inverno, sobretudo nos meses de maio a agosto, quando o anticiclone polar produz incursões mais vigorosas, conforme Souza et al. (1998). De maneira geral, o ritmo de atuação dos sistemas atmosféricos controla os tipos de tempo e os valores de temperatura ali registrados. No entanto, os diferentes tipos de fluxos de origem polar produzem encaideamentos distintos, que somente podem ser desvendados por intermédio da análise rítmica.

A abordagem regional das chuvas realizada por Souza (2003), indica alguns fatos típicos do comportamento pluviométrico da área. Vale citar, por exemplo, que a precipitação média de primavera – verão apresenta valores mais elevados nas áreas de maior altitude: Serra da Mantiqueira, Planalto de Itatiaia e Serra dos Órgãos, especialmente nas vertentes a barlavento dos sistemas frontais e marítimos, padrão também observado no trato dos valores da precipitação média anual. Já as áreas com menores valores pluviométricos na primavera – verão são aquelas vertentes da Serra dos Órgãos, a sotavento dos sistemas mais úmidos e aquelas situadas ao longo do Vale do Paraíba do Sul.

É importante destacar que na primavera – verão os sistemas frontais, ao atingirem a porção sudeste de Minas Gerais, parecem estar dotados de maior umidade, no que são bloqueados pelas grandes unidades do relevo regional. Também é nesse período do ano que o aquecimento basal mais forte contribui para a formação de chuvas convectivas, geralmente em dias sob a ação da Massa Tropical Atlântica, possibilitando a formação de linhas de instabilidade, que ocasionam aguaceiros de forte intensidade, embora geralmente de curta duração. Ao contrário, no período de outono – inverno, os resultados pluviais são mais brandos, já que as frentes chegam à região com níveis de umidade relativamente baixos (SOUZA et al., 1998).

Essas características gerais do comportamento climático regional constituíram a base a partir da qual iniciaram-se as investigações locais. A análise do ritmo climático de Juiz de Fora, mediante a elaboração dos gráficos de análise rítmica, confirmou o comportamento já reconhecido no plano regional e ainda possibilitou um melhor entendimento da atuação dos diferentes sistemas atmosféricos sobre a área de estudo, bem como de sua gênese pluvial.

## **PROCEDIMENTOS ADOTADOS**

A abordagem climática em escala local e o entendimento da gênese pluvial e das suas relações com a ocorrência de acidentes nas encostas foram realizados por intermédio da técnica de análise rítmica proposta por Monteiro (1971). Tal técnica, que consiste na representação gráfica de elementos climáticos de ordem quantitativa (dados meteorológicos) e qualitativa (sistemas atmosféricos atuantes) em escala diária, possibilita uma visão integrada da dinâmica atmosférica e o reconhecimento de relações e causalidades, além de estar em consonância com o conceito de clima proposto por Sorre (1951).

Os dados meteorológicos utilizados foram coletados pela Estação Climatológica Principal de Juiz de Fora e cobrem os períodos de primavera – verão de 1996/1997 e de 1999/2000. A escolha desses períodos possibilitou a abordagem de dois momentos com padrões pluviais diferentes (sob o ponto de vista da gênese e do ritmo climático), além do entendimento de suas conseqüências sobre as encostas de Juiz de Fora.

A identificação dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a área de estudo foi realizada por intermédio da análise/interpretação de imagens de satélite diárias

coletadas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), via internet, referentes aos satélites GOES e METEOSAT. Foi empregado ainda um conjunto de cartas sinóticas diárias produzidas pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) da UNESP/Bauru. Os sistemas atmosféricos foram organizados e representados nos gráficos de análise rítmica com base na proposta de Boin (2000), cuja classificação é a seguinte:

- 1 - Frente Polar Atlântica – (FPA)
- 2 - Frente Polar Atlântica Estacionária (EST)
- 3 - Frente Polar Atlântica em Dissipação (DIS)
- 4 - Repercussão de Frente Polar Atlântica (REP)
- 5 - Frente Polar Reflexa (FPR)
- 6 - Frente Polar Atlântica com Setor Quente de Retorno (QTE)
- 7 - Massa Tropical Atlântica (TA)
- 8 - Massa Tropical Atlântica Continentalizada (TAC)
- 9 - Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade (LI)
- 10 - Massa Polar Atlântica (PA)
- 11 - Massa Polar Velha (PV)

Dos gráficos de análise rítmica foram extraídos os índices de participação dos sistemas atmosféricos, os da gênese pluvial e os relativos à atividade frontal sobre Juiz de Fora.

Os dados de escorregamentos registrados na área de estudo foram fornecidos pelo Departamento de Defesa Civil da Prefeitura de Juiz de Fora, mediante uma prévia seleção dos tipos de acidentes de maior interesse, conforme classificação empregada pelo órgão. Foram calculados os índices de correlação (Técnica de Pearson) entre os tipos de ocorrências registradas e a precipitação. Dessa forma, foram selecionadas as ocorrências classificadas como “Ameaça de Deslizamento de Barranco” e “Deslizamento de Barranco”, que apresentaram os maiores índices de correlação com a precipitação e cujos processos melhor se assemelharam aos escorregamentos, conforme as classificações conhecidas.

A seguir serão apresentados os principais resultados obtidos após a confecção e a interpretação dos gráficos de análise rítmica. Para efeito ilustrativo foram selecionados apenas os meses de janeiro/1997 e de janeiro/2000 (um mês de cada período analisado), para demonstrar o comportamento diário dos fenômenos e a influência das variações do ritmo pluvial sobre os escorregamentos na área de estudo.

## **SEQÜÊNCIAS DE TIPOS DE TEMPO, PLUVIOSIDADE E ESCORREGAMENTOS – EXEMPLOS SELECIONADOS**

### **O MÊS DE JANEIRO DE 1997**

Já no dia 29 de dezembro de 1996, apresentava-se sobre Juiz de Fora uma vigorosa Frente Polar Atlântica, promovendo resultados pluviais crescentes nos últimos dias do ano. Esse mesmo sistema frontal prosseguiu dominando as condições atmosféricas sobre Juiz de Fora no início do mês de janeiro/1997, estacionando e culminando com uma precipitação de 69,6 mm. no dia 6. No dia 7, a Frente Polar entrou em processo de dissipação, cessando as manifestações pluviais.

Esse período chuvoso provocou extremo impacto sobre as encostas da Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora, causando uma série de registros de amea-

ças de escorregamentos e de desmoronamentos propriamente ditos. A seqüência pluvial ocorrida durante toda a segunda quinzena de dezembro/1996, com chuvas fracas e constantes em função do avanço e recuo da Frente Polar, parece ter contribuído para o processo de saturação dos solos, aumentando sua fragilidade e quase configurando o limite no qual haveria a deflagração de escorregamentos.

Acompanhando a tendência crescente dos valores pluviais, as ocorrências registradas pela Defesa Civil iniciaram-se ainda em 31 de dezembro, culminando no dia 6 de janeiro e decrescendo até o dia 10. Logo, houve 7 ameaças de escorregamentos e 30 escorregamentos efetivamente ocorreram, no prazo de apenas 11 dias. Observa-se que, mesmo nos dias 9 e 10 de janeiro, já sob domínio da Massa Tropical Atlântica e nenhuma chuva, ainda foram registrados acidentes.

Este sistema cedeu lugar a uma nova Frente Polar, que passou a atuar no dia 12, quando então iniciou-se outra seqüência pluvial. Como foi mais rápida a evolução deste sistema frontal, no dia 14 as condições atmosféricas sobre Juiz de Fora estavam sob o domínio da Massa Polar Velha, logo substituída pela Massa Tropical Atlântica (dia 15), na qual instalaram-se linhas de instabilidade durante boa parte do dia 16. Ao final deste mesmo dia, observa-se a entrada de mais uma Frente Polar, que atuaria por todo o dia 17 e, ainda, na maior parte do dia 18, promovendo farta pluviosidade sobre a área.

Esse período chuvoso de cerca de uma semana contribuiu para aumentar o número de registros da Defesa Civil no mês de janeiro, tendo sido verificados os seguintes casos: uma ameaça de escorregamento no dia 13, quatro escorregamentos no dia 15 e um no dia 20 (este último após o término das chuvas).

A partir do dia 20 de janeiro, o grande domínio da Massa Tropical Atlântica possibilitou uma sensível queda da precipitação e, conseqüentemente, dos acidentes nas encostas. Apenas nos dias 26 e 28 ocorreram chuvas incipientes, em decorrência do surgimento de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical. Esta mesma massa finaliza o mês de janeiro ainda com vigor significativo, adentrando o mês de fevereiro. Todo o comportamento pluvial, os sistemas atmosféricos e os registros de acidentes pela Defesa Civil podem ser visualizados na Figura 01.

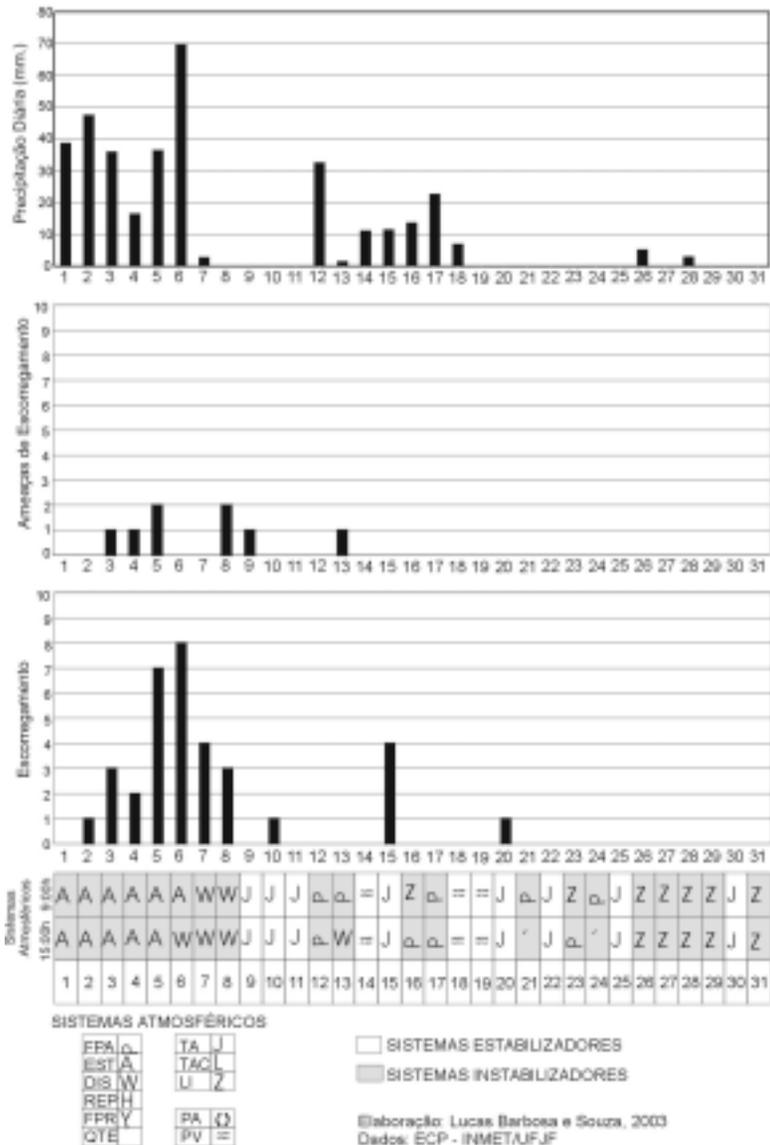
No mês de janeiro de 1997, houve grande participação dos sistemas tropicais, que atuaram em quase 50% dos dias. Todavia, praticamente todas as manifestações pluviais deveram-se à ação da Frente Polar (sobretudo da Frente Polar Estacionária). Seu eixo principal esteve sobre Juiz de Fora em 13 dias ao longo de todo o mês, porém o longo período de ação contínua, ocorrido entre o dia 1º e o dia 8, foi responsável pela maior parcela de precipitação.

## **O MÊS DE JANEIRO DE 2000**

Janeiro de 2000 iniciou-se com a entrada de uma Frente Polar Atlântica na tarde do dia 1º, dando continuidade às chuvas dos últimos dias do mês anterior, além de intensificá-las. O dia 2 apresentou o pico de precipitação dessa incursão frontal, com um total de 43,2 mm., com a pluviosidade apresentando queda gradual nos dias 3 e 4 e não respondendo ao estacionamento e recuo da Frente Polar nos referidos dias. Durante esta seqüência pluvial nenhuma ocorrência foi registrada pela Defesa Civil de Juiz de Fora.

A partir do dia 4, com o recuo continental da Frente Polar, a atmosfera regional foi dominada pela Massa Tropical Atlântica, que fez com que as temperaturas máxi-

**Figura 1 - Ritmo Climático sobre Juiz de Fora/MG Janeiro/1997**



mas subissem e soprassem constantes ventos do quadrante Norte. Juiz de Fora permaneceria sob essas condições atmosféricas até as primeiras horas do dia 15, período no qual a precipitação foi ausente, apesar de manifestações eventuais de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical, que nenhuma chuva causaram.

Ainda no dia 15 de janeiro, ocorreu a entrada de nova Frente Polar Atlântica, com atuação por todo o dia 16, estacionamento no dia 17, início de dissipação no dia 18 e posterior reativação nos dias 19 e 20. Este período de seis dias sob atuação do eixo principal da Frente Polar deu origem a uma curta seqüência pluvial, com totais de 24,8 mm. no dia 15, 49,2 mm. no dia 16 e 8,4 mm. no dia 20. Esta seqüência de pluviosidade favoreceu a ocorrência de uma ameaça de escorregamento no dia 19, porém sem a confirmação de acidentes.

Na tarde do dia 20, a Massa Polar Atlântica passou a dominar as condições do tempo, assim permanecendo até a manhã do dia 22. Ocorreu então a definição de uma Frente Polar Atlântica com setor quente de retorno no continente, tipo de tempo que permaneceu sobre Juiz de Fora durante a manhã do dia 23 e foi responsável por 70,6 mm. de chuva acumulada em 24 horas.

Nova incursão frontal foi verificada nos dias 26 e 27, dando origem a outra seqüência de dias chuvosos, com pico de 58 mm. no dia 27 e pluviosidade estendendo-se até o dia 30, mesmo após a entrada da Massa Polar no dia 29. O último dia de janeiro foi caracterizado pela atuação da Massa Tropical Atlântica com Linhas de Instabilidade, porém sem a ocorrência de chuvas.

Os dez dias finais do mês de janeiro não apresentaram qualquer ocorrência para registro no Departamento de Defesa Civil, mesmo com o significativo período anterior de pluviosidade e a existência de pelo menos dois dias com valores diários de precipitação bastante elevados. O comportamento pluvial, os sistemas atmosféricos e os registros de acidentes pela Defesa Civil podem ser visualizados na Figura 02.

No mês de janeiro de 2000 houve grande participação da Massa Tropical, o que possibilitou o registro de temperaturas ligeiramente mais altas que as dos meses anteriores, além de ter havido um período longo de dias sem chuva, isto em pleno verão. Durante 10,5 dias Juiz de Fora esteve sob a atuação do eixo principal da Frente Polar que, como é tradicional na área, respondeu pela maior parte das precipitações do mês. No entanto, uma pequena parcela das chuvas deveu-se à atuação do eixo reflexo da Frente Polar e, ainda, ao surgimento de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical Atlântica.

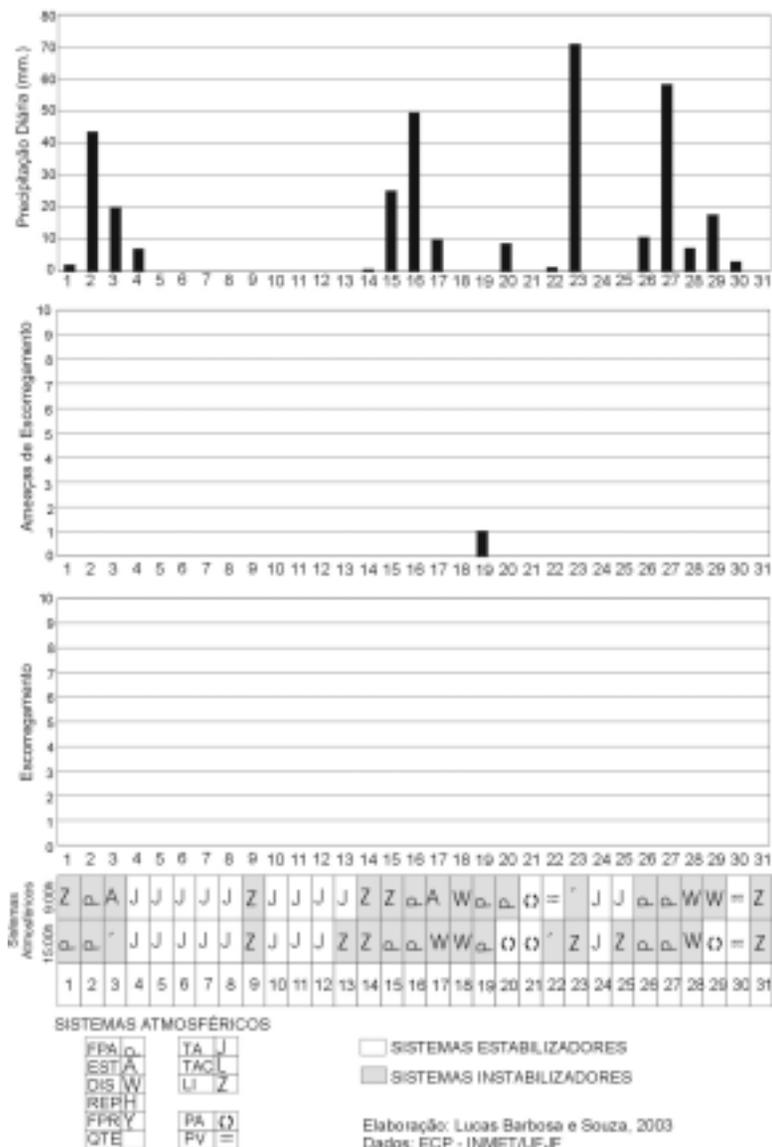
## **BALANÇO COMPARATIVO DOS PERÍODOS SELECIONADOS**

Conforme Souza (2003), as ocorrências de escorregamentos em Juiz de Fora – MG vinculam-se sempre às atividades de sistemas frontais, sendo que a maior parte ocorre nos momentos de passagens do eixo principal da Frente Polar Atlântica (FPA). As seqüências mais graves de acidentes geralmente são desencadeadas a partir da Frente Polar Estacionária (EST), decorrente do equilíbrio de forças entre massas de ar inter e extratropicais.

Entretanto, é por intermédio do ritmo de sucessão dos sistemas atmosféricos que se pode explicar os períodos de maior ou menor incidência de escorregamentos nas encostas. Observamos este fato quando comparamos os dois períodos mensais apresentados anteriormente.

Janeiro de 1997 contou com um total de precipitação de 353,2 mm, concentrados especialmente na primeira semana do mês. Naqueles dias, o estacionamento da

**Figura 2 - Ritmo Climático sobre Juiz de Fora/MG Janeiro/2000**



Frente Polar sobre Juiz de Fora foi responsável por uma seqüência pluvial de valores crescentes, culminando com um evento de 69,6 mm no dia 6. Além dessas características, é importante ressaltar que a segunda quinzena do mês de dezembro de 1996 (imediatamente anterior ao período analisado), foi marcada por eventos pluviais contínuos que, embora individualmente pouco expressivos, atuaram gradativamente no processo de saturação dos solos da região.

Dessa maneira, o longo período de instabilidade propiciou a manifestação de uma seqüência também crescente de acidentes nas encostas, com pico de 8 escorregamentos no dia 6 e total de 29 escorregamentos ao final do período, no dia 10.

Passada a seqüência pluvial do início do mês, a chuva retorna no dia 12, proveniente de uma nova passagem da Frente Polar Atlântica, dando início a mais um período chuvoso. O avanço e dissipação da Frente Polar (dia 13), aliados à rápida configuração da Massa Tropical Atlântica com linhas de instabilidade (dia 16) e à outra passagem frontal (dia 17) promoveram mais 4 escorregamentos no dia 15 e 1 escorregamento no dia 20, este último após o término das chuvas.

O saldo final de janeiro de 1997 foi de 8 ameaças de escorregamentos e 36 escorregamentos registrados pela Defesa Civil de Juiz de Fora, números que fizeram desse mês um dos mais críticos em Juiz de Fora ao longo dos últimos anos.

Por sua vez, Janeiro de 2000 apresentou um ritmo de sucessão dos sistemas atmosféricos bastante distinto do mês de janeiro de 1997, apesar do total pluviométrico de 331 mm. A baixa precipitação dos primeiros dias, decorrente da rápida passagem de uma Frente Polar, não ultrapassou o dia 4. O longo período de atuação da Massa Tropical Atlântica, do dia 4 ao dia 15 contribuiu para a quase ausência de chuvas, fato refletido na inexistência de ocorrências de acidentes nas encostas. Além disso, a segunda quinzena de dezembro de 1999 (imediatamente anterior ao período analisado) contou com valores inexpressivos e descontínuos de precipitação, justificando o baixo nível de saturação dos solos ao adentrar o mês seguinte.

Somente no final do dia 15 houve a entrada de uma nova Frente Polar Atlântica, gerando chuvas incipientes sobre Juiz de Fora. Este mesmo panorama se repetiu nos dias 19 e 26, ou seja, passagens rápidas da Frente Polar, acompanhadas por períodos de dissipação e manifestações pontuais de linhas de instabilidade no interior da Massa Tropical, ambos geradores de baixa e descontínua precipitação. Tais características foram responsáveis pelo registro de apenas 1 ocorrência de ameaça de escorregamento no dia 19 e pela ausência total de escorregamentos propriamente ditos.

Pode-se, portanto, identificar entre os meses analisados dois ritmos específicos de sucessão dos sistemas atmosféricos: de um lado, um ritmo indutor de grandes impactos sobre as encostas, exemplificado pelo mês de janeiro de 1997 e de outro, um ritmo mais favorável ao meio urbano (com baixo número de acidentes), aqui representado pelo mês de janeiro de 2000.

No primeiro caso, pode-se verificar que tanto os longos períodos de atuação de um único sistema instável (como a Frente Polar Estacionária), como as rápidas oscilações entre diferentes sistemas instáveis (avanços e recuos da Frente Polar, intercalados por linhas de instabilidades tropicais) constituem ritmos geradores de chuvas contínuas, capazes de atuar negativamente na saturação gradativa do solo e na deflagração de acidentes. Dessa forma, levando em consideração a classificação dos fluxos polares proposta por Monteiro (1969), pode-se presumir que tratam-se de fluxos alternados e interrompidos, quando as diferenças barométricas dos centros tropicais e polares se anulam próximo ao trópico, concentrando os impactos pluviais nas latitudes do Sudeste brasileiro.

Já no segundo caso, as passagens rápidas de sistemas instáveis intercaladas por domínios estáveis, são responsáveis por chuvas mais esparsas, sempre intercaladas com condições de bom tempo. Tais condições refletem as características dos tipos de fluxos contínuos e dominantes, com choques frontais inicialmente na altura do trópico e rápidas evoluções até latitudes mais baixas, traduzindo seqüências pluviométricas de menor duração e muitas vezes com alta concentração pluvial em apenas um dia. Dessa forma, não se configuram as condições ideais para a manifestação de escorregamentos, uma vez que os solos não atingem níveis críticos de saturação.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Se por um lado pode ser observado que o número de acidentes varia com o ritmo climático, por outro verifica-se que a ocupação de encostas íngremes vem se intensificando nos últimos anos, tanto na forma de ocupações irregulares e espontâneas como através de assentamentos incentivados e gerenciados pelo próprio Estado. De fato, a falta de terrenos adequados à ocupação humana tem sido um problema enfrentado pelo município, que se insere em uma região de relevo bastante movimentado. Assim, a supervalorização dos lotes urbanos torna-se um empecilho à sua aquisição pelas classes populares e, mesmo algumas ocupações promovidas pela Prefeitura, na tentativa de amenizar o déficit de moradia, localizam-se em áreas de relativo risco.

Com o aumento das ocupações de risco, a iminência de grandes acidentes torna-se fato merecedor de extrema atenção, já que o limite de segurança das encostas pode ser ultrapassado em função da seqüência e da alternância dos diferentes tipos de tempo atuantes sobre a região. As medidas preventivas, principalmente aquelas de caráter estrutural (muros, canaletas, obras de contenção) em conjunto com as estatísticas favoráveis e os longos períodos sem acidentes (sob ritmo climático favorável), são responsáveis pelo aumento da confiança por parte da população. Essa confiança, muitas vezes exagerada, é capaz de intensificar ainda mais o processo de ocupação das encostas, ao passo que um número cada vez maior de pessoas é exposto aos riscos de acidentes. Fortes aguaceiros podem tornar-se, logo, deflagradores de grandes catástrofes.

No presente artigo, procurou-se demonstrar como a oscilação da dinâmica pluvial, decorrente dos diferentes encadeamentos de sistemas atmosféricos, pode influenciar diretamente no maior ou menor número de acidentes registrados nas encostas de Juiz de Fora. Daí a importância do estudo do ritmo climático, como subsídio ao planejamento ambiental urbano e ao trabalho de prevenção e controle das áreas de risco. Contudo, vale lembrar que estes esforços representam apenas uma parte do longo caminho a ser trilhado em prol da qualidade de vida das populações carentes nas cidades.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, V. T. B. de **Atlas Geográfico Escolar de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2000.
- BOIN, M. N. **Chuvas e Erosões no Oeste Paulista** – uma análise climatológica aplicada. 2000. Tese (Doutorado em Geociências) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- BRUNSDEN, D. Mass Movements. In: EMBLETON, C.; THORNES, J. **Process in Geomorphology**. London: Edward Arnold, 1979.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org.) **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.
- MACHADO, P. J. de O. **O Processo de Ocupação do Município de Juiz de Fora**. Juiz de Fora: ICHL / UFJF, 1999. (Notas de Aula).
- MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IG/USP, 1971 (Série Climatologia, nº 1).
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- PREFEITURA de Juiz de Fora. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora**: diagnóstico. Juiz de Fora: Concorde, 1996.
- SORRE, M. Adaptação ao Meio Climático e Biossocial: geografia psicológica (1951). In: MEGALE, J. F. (org.) **Max Sorre**: geografia. São Paulo: Ática, 1984 (Série Grandes Cientistas Sociais).
- SOUZA, L. B. et al. **A Expansão Urbana e os Impactos Ambientais na Região Noroeste do Município de Juiz de Fora**. 1998. Monografia (Iniciação Científica) Instituto de Ciências Humanas e Letras – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 1998.
- SOUZA, L. B. **Chuvas e Escorregamentos na Região Noroeste da Área Urbana de Juiz de Fora – MG**: uma abordagem genética em Climatologia. 2003. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Rio Claro, 2003

Recebido em outubro de 2003

Aceito em novembro de 2003