



OCORRÊNCIA DE CHUVAS EXTREMAS E DESENCADEAMENTO DE EVENTOS GEOMORFOLÓGICOS NO LITORAL SUL FLUMINENSE

EXTREME RAINFALL AND TRIGGERING GEOMORPHOLOGICAL EVENTS IN SOUTH COAST FLUMINENSE

Vinícius Costa de Mattos

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Prédio do CCMN, Bloco G, Sala G-028,
Ilha do Fundão. CEP: 21941-916.
E-mail: vinimattos93@yahoo.com.br

Telma Mendes da Silva

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 274. Prédio do CCMN, Bloco G, Sala G-028,
Ilha do Fundão. CEP: 21941-916.
E-mail: telmendes@globo.com

Informações sobre o Artigo

Data de Recebimento:
04/2016
Data de Aprovação:
06/2016

Resumo

A dinâmica Tropical está bastante atrelada a valores pluviométricos elevados, que podem deflagrar transtornos à população e a economia local, devido ao desencadeamento de movimentos gravitacionais de massa (MGM) e alagamentos de cursos fluviais. O presente trabalho tem por objetivo analisar a gênese das chuvas no litoral sul do estado do Rio de Janeiro (Municípios de Parati, Angra dos Reis, Rio Claro e Mangaratiba) no período correspondente aos anos de 1996 a 2014, que corresponde a série mais completa de dados

encontrada, em busca da definição de limiares de chuvas que estejam relacionados a estes eventos.

Palavras-chave: chuvas extremas; eventos geomorfológicos; litoral sul fluminense.

Abstract

Tropical dynamic is linked to high rainfall values that can spark the disorders population and the local economy, due to occurrence gravitational mass movements (MGM) and flooding of river courses. The present study aims to examine the genesis of rains in the Southern coast of Rio de Janeiro State (municipalities: Parati, Angra dos Reis, Rio Claro and Mangaratiba) to the years 1996-2014, which corresponds to more complete data series found to definition of rainfall thresholds that related to these events.

Keywords: extreme rainfall; geomorphological events; south coast fluminense.

1. Introdução e objetivos

As condições do tempo e do clima estão intimamente ligadas a forma como a sociedade atua e modifica o meio, tanto de maneira positiva quanto negativa. Positivamente podemos citar diversos usos dos estudos climáticos: subsidiando planos diretores; planejamento agrícola, através de estudos de cultivos que dependem de regimes pluviométricos, termométricos ou

radiométricos específicos; planejamento turístico, como p. ex. o turismo em áreas serranas ou municípios litorâneos; planejamento de atividades econômicas, como a pesca; e até mesmo em projetos arquitetônicos e urbanísticos, que visem a propiciar maior conforto térmico para determinado empreendimento. Entretanto, quando eventos climáticos ocorrem de maneira intensa podem acarretar em perdas significativas à sociedade, gerando impactos tanto econômicos como sociais, como os ocorridos na Região da Costa Verde, em 2002 e 2010, e na Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011.

Uma das áreas que vem constantemente tendo a recorrência destes processos é o litoral sul do Rio de Janeiro, também, conhecida como Costa Verde, e que se caracteriza por possuir um grande potencial econômico e turístico. No entanto, a gravidade dos eventos ocorridos na área está associada a sua própria conformação geológico-geomorfológica, marcada por terrenos escarpados, que interage com eventos meteorológicos, como frentes e linhas de instabilidade, gerando elevados índices pluviométricos. Soares (2006; p.2) já havia atentado para este aspecto da área, mencionando que a "... topografia bastante sinuosa, em conjunto com os sistemas meteorológicos que atingem a região, os tipos de solos dominantes e o uso dos mesmos contribuem para ocorrência de riscos de deslizamentos", assim como eventos de enchente. Em decorrência desses eventos e os grandes impactos sobre a população, se faz necessário um estudo sobre a distribuição espaço-temporal da pluviosidade, sua excepcionalidades e como esta se relaciona com os processos geomorfológicos.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo principal investigar elementos da dinâmica atmosférica local que estejam relacionados à ocorrência de eventos geomorfológicos, a partir da análise da distribuição histórica de dados pluviométricos, procurando identificar valores extremos de pluviometria, além de compreender a distribuição espacial da pluviosidade da área; e também analisar e identificar a intensidade dos eventos pluviométricos que estão associados aos eventos geomorfológicos desencadeados. Torna-se relevante buscar compreender a espacialidade da precipitação, sobretudo em uma área onde as interações com o relevo são pertinentes, devido ao fato, como aponta Petsch e Monteiro (2010; p. 288), de que "... a precipitação se distribui de maneira irregular pelo espaço físico, sendo que o relevo possui grande importância na intervenção da distribuição homogênea da precipitação".

2. Características físico-ambientais da área de estudo

Localizada no sul do estado do Rio de Janeiro, a área denominada de Costa Verde, abrange os municípios de Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati. Para o presente trabalho optou-se ainda por trabalhar com o município de Rio Claro, que mesmo não se encontrando na área litorânea, se tornou relevante para compreender como os fatores geográficos atuam de forma diferenciada nas variações espaciais da precipitação.

A área tem predomínio de feições de serras escarpadas, resultantes de episódios tectônicos, que se encontra em contato abrupto com planícies flúvio-marinhas, mas o município de Paraty apresenta ainda um percentual significativo de feições de serras reafeiçoadas e de morros, enquanto Rio Claro, que se localiza no alto da Serra do Mar, caracteriza-se pelo predomínio de colinas e morros (Figura 1). Estas feições de relevo são (re) modeladas por um regime pluviométrico influenciado pela grande presença de umidade, proveniente da evaporação da água do mar e, também, da evapotranspiração da Mata Atlântica, ainda bem preservada. E o relevo, atuando como barreira orográfica a entrada de frentes frias, favorece diretamente as altas taxas pluviométricas.

Pode-se ressaltar que a maior parte da ocupação urbana está localizada no município de Angra dos Reis, destacando a área do centro e da Vila Mambucaba, e depois Mangaratiba, Paraty e Rio Claro. A ocupação urbana, devido as características geomorfológicas locais, foi, indevidamente, encaminhada para os segmentos de encostas ou as poucas planícies flúvio-marinhas existentes, o que acarreta em uma maior propensão de perdas sociais pelo desencadeamento de eventos de encosta e enchentes.

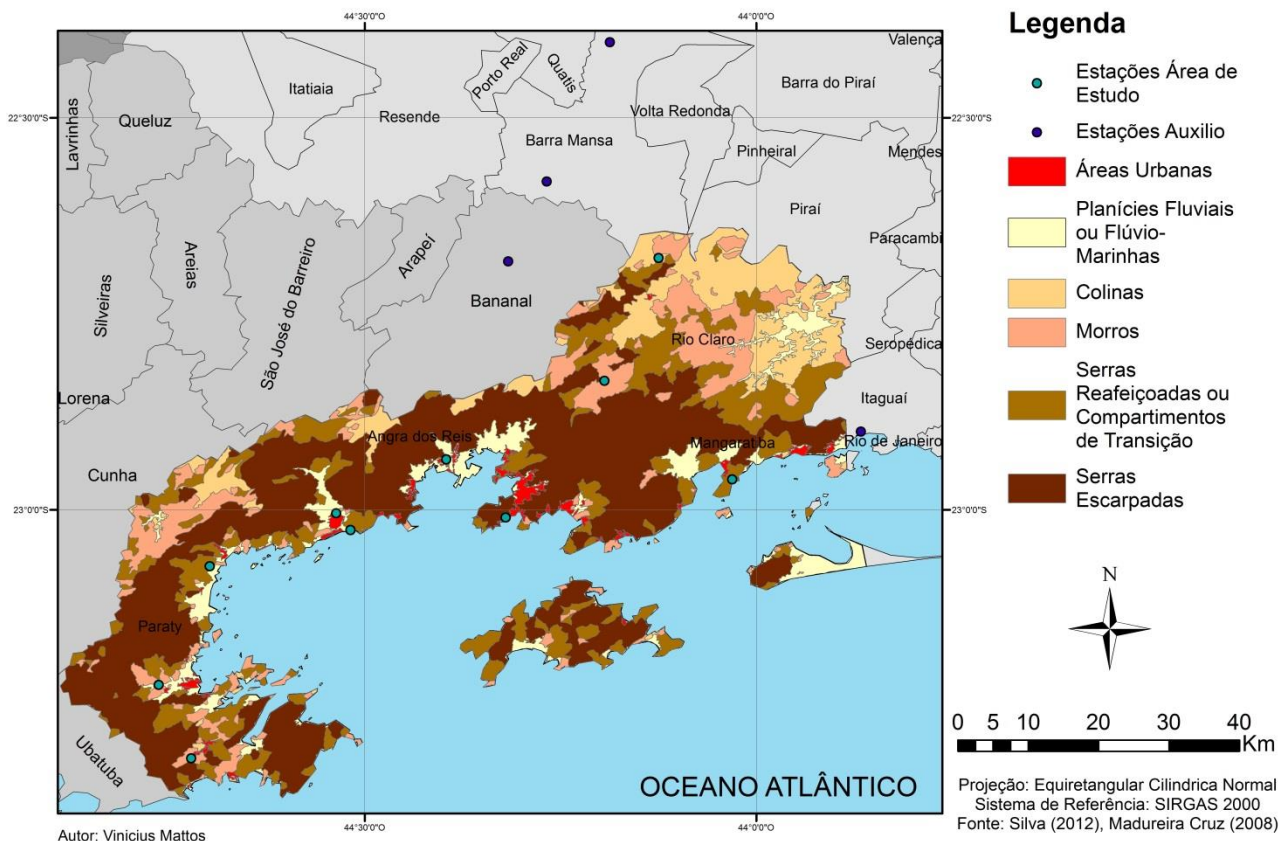


FIGURA 1: Mapa de feições geomorfológicas (Modificado de: Silva et al., 2012) com localização das estações meteorológicas que cobrem a área de estudo a partir dos dados do Portal HidroWeb – ANA e os shapes dos principais núcleos urbanos.

3. Chuvas e transformações na paisagem da Costa Verde

Inicialmente é importante citar fatores que são elencados como responsáveis pela ocorrência da precipitação na área. O Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) para Implantação da Usina Nuclear Angra 3 (Eletronuclear, 2002) cita como principais explicações para a pluviosidade local a posição geográfica, a orientação e exposição do relevo e o afastamento do equador térmico.

A posição geográfica é importante por dois fatores: a latitude e a posição próxima ao litoral. O primeiro fator está ligado à radiação e esse elemento meteorológico atua com grande intensidade provocando temperaturas elevadas, estando diretamente relacionado ao segundo fator, pois a radiação irá atuar principalmente na evaporação da água do mar e na evapotranspiração da mata atlântica. Esse grande aporte de umidade irá encontrar, no sal marinho em suspensão um poderoso núcleo convectivo, dando origem às nuvens. E essas nuvens ao encontrarem o relevo irão ascender adiabaticamente até que se chegue à saturação e ocorra a precipitação. A orientação e exposição do relevo é, portanto, um fator fundamental para a dinâmica pluviométrica local, atuando como um dos principais formadores da chuva. A esse efeito do relevo sobre os componentes climáticos dá-se o nome de efeito orográfico, que corresponde ao efeito que "... ocorre devido à ação física do relevo que atua como uma barreira à advecção livre do ar forçando-o a ascender" (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; p.71).

A Serra do Mar neste trecho do litoral estende-se paralelamente à costa na direção ENE-WSW e, portanto, perpendicular ao escoamento médio na baixa troposfera associada às discontinuidades das perturbações extratropicais e tropicais provocando um aumento considerável das precipitações em função da altitude (Eletronuclear, 2002). Essas condições que influenciam o regime pluviométrico na região, somam-se fenômenos meteorológicos como entradas de frentes frias, linhas de instabilidade, complexos convectivos de mesoescala e a Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS) - Soares et al. (2005) e Salgado et al. (2007). Esses fatores podem propiciar a ocorrência de eventos de chuvas extremas que são "... em termos meteorológicos ou climatológicos, grandes desvios de um estado climático moderado" (MARENGO, 2010; p.6). Extremos pluviométricos podem ocorrer tanto a níveis muito superiores a média pluviométrica e, nesse caso, ligados a chuvas torrenciais em curtos intervalos de tempo, podendo levar ao desencadeamento de movimentos de massa, cheias e inundações, quanto a níveis inferiores a média, estando associado à ocorrência de eventos de estiagem.

Grandes eventos pluviométricos podem facilitar a ocorrência de movimentos de massa, principalmente quando associados a um solo previamente encharcado. E, desta forma, diante da definição de movimentos de massa de Tominaga et al. (2006; 27), o papel da água é importante, pois "... o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente se dá sob a ação direta da gravidade" e a água leva a "... redução da resistência dos materiais de vertente e/ou indução

do comportamento plástico e fluido dos solos”, deixando cicatrizes na paisagem, que podem ser compreendidas como “... resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (BERTRAND, 2004, p. 141).

Um lado oposto dos eventos extremos, o qual muitas pessoas tendem a negligenciar, é que estes podem estar relacionados a índices pluviométricos abaixo da média. Para Castro (1998; p. 161) tais eventos podem ser compreendidos sob “... ponto de vista meteorológico... caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes”. Períodos prolongados de estiagem acarretam, portanto, redução na vazão de sistemas fluviais, impactando no abastecimento de núcleos populacionais; eventos comuns na área de estudo.

4. Procedimentos metodológicos

Para a análise e compreensão dos dados pluviométricos e de sua espacialidade foi necessário coletar e tratar dados referentes a chuvas e organizá-los em tabelas e, em seguida, visando compreender a espacialidade, buscou-se gerar mapas de isoietas para compreensão da distribuição da precipitação. A identificação de eventos extremos pluviométricos foi avaliada pela metodologia sugerida por Armond (2014) de reconhecimento de anos padrões. E a coleta de dados referentes a ocorrência de processos geomorfológicos foram conseguidos através de pesquisa em site da internet e em sites das prefeituras municipais.

Os dados pluviométricos foram extraídos de bases como a Agência Nacional de Águas, o Instituto Nacional de Meteorologia, Defesas Civas municipais, Light e CPRM. O período escolhido, de 1996 a 2014, foi o mais abrangente e com menor ausência de dados disponibilizado pelas estações meteorológicas consultadas. O método estatístico de preenchimento das falhas de dados utilizado foi o “Método de Ponderação Regional” demonstrado nos trabalhos de Oliveira et al. (2010) e Costa et al. (2012), por ser o que mais se adequava a área de estudo, onde é necessário um mínimo de três estações vizinhas. A fórmula utilizada foi $P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{N_x}{N_i} P_i$, onde n é o número de estações, N_x a média da estação que se deseja preencher a falha, N_i a média da precipitação da estação vizinha e P_i o valor da precipitação encontrada na estação vizinha. E, para o tratamento dos dados ser efetivo e obtermos melhor proximidade do que seria o valor real de precipitação, principalmente em municípios com poucas estações, como é o caso de Mangaratiba e Rio Claro, foi necessário buscar dados pluviométricos de municípios vizinhos. E, assim, optamos pelo uso dos dados coletados nas estações meteorológicas de Itaguaí e Barra Mansa (RJ) e Bananal (SP).

Ainda para o tratamento dos dados pluviométricos, optou-se para as estações dos municípios de Rio Claro e Mangaratiba, a utilização de outro método de análise: o de ‘proximidade das estações’, que completa os dados “faltantes de acordo com critérios de proximidade entre

postos e similaridade no que se refere à altimetria” (ARMOND, 2014; p.38). O cálculo é feito a partir dos dados dos “postos com dados faltantes e dois postos, dos quais foram tomados à média que foi utilizada para o preenchimento dos dados faltantes” (ARMOND, 2014; p.38). Após este tratamento foram feitos cálculos dos acumulados mensais e média mensal do período, e posterior geração de gráficos utilizando o software Excel.

Para compreensão da distribuição espacial da pluviosidade foi realizado o mapas de isoietas, ou seja, mapa de linhas de mesma precipitação. Estes mapas foram elaborados pelo uso do software Surfer 12, através da geração de mapas de contorno via isoietas e interpolação dos dados. O mapa de contorno (contour map) é gerado a partir de um shapefile da área de interesse e os respectivos pontos e valores. Assim foi adicionado um shapefile, exportado do software ArcGis 10.1 e dos shapes dos contornos políticos dos municípios disponibilizados pelo IBGE e a plotagem das estações meteorológicas, a partir da função “New Post Map” do Surfer 12. A partir deste procedimento e de valores médios mensais e anuais da precipitação foi possível aplicar a função “New Contour Map”, onde a partir dos pontos plotados referentes as estações e seus valores de precipitação, foi realizada uma interpolação dos dados pelo método de Krigagem. Esse mesmo procedimento foi realizado para todos os meses do ano e para média anual de precipitação para que assim se tornasse possível avaliar tanto a dinâmica espacial, como também a temporal da pluviosidade na área para o período analisado (1996 a 2014).

Buscando identificar padrões de pluviosidade anual para os municípios em estudo optamos por utilizar a metodologia de anos padrões em Armond (2014), que consiste na análise da precipitação de um determinado ano relacionando com a média histórica e seu desvio padrão para identificação de padrões pluviométricos. Assim, uma vez identificados os anos padrões, pode-se buscar uma correlação entre esses anos e os eventos extremos de pluviosidade. A metodologia de anos padrões pode ser desenvolvida a partir de três formas de tratamento estatístico: desvio-padrão, quantil (percentil) e análise multivariada de agrupamento (ARMOND, 2014). Neste trabalho, foi usada a técnica do desvio padrão, chegando-se a cinco classes de tendência pluviométrica, que podem ser observadas na tabela 1 - “Onde \bar{P} e σ se referem aos valores de média de precipitação pluviométrica anual, durante o período de estudo (1996 a 2014) e σ se refere ao desvio padrão para esse mesmo período” (ARMOND, 2014). Esse procedimento foi aplicado para todas as estações existentes na área, e ainda para complementarmos os dados foram ainda utilizadas as estações de Ibicuí, localizada no município de Mangaratiba e a estação de Mambucaba, em Angra dos Reis.

TABELA 1

Classes de tendência dos anos padrões e respectivas fórmulas utilizadas no estudo. Adaptado de Armond (2014).

Tendência Pluviométrica	Fórmulas
Chuvoso	$P > \bar{P} + \sigma$
Tendente a Chuvoso	$\bar{P} + \frac{\sigma}{2} < P < \bar{P} + \sigma$
Normal	$\bar{P} - \frac{\sigma}{2} < P < \bar{P} + \frac{\sigma}{2}$
Tendente a Seco	$\bar{P} - \sigma < P < \bar{P} - \frac{\sigma}{2}$
Seco	$P < \bar{P} - \sigma$

E, por fim, os dados referentes aos processos geomorfológicos tiveram como fonte principal sites das Defesas Civis municipais. Porém, o único município que apresentou dados de forma mais completa foi o de Angra dos Reis, tendo uma série histórica desde 2008. Visando ampliar o leque de informações para os demais municípios, foi feita uma pesquisa em sites de jornal e de associações de moradores dos eventos geomorfológicos ocorridos e de registros fotográficos. Os dados coligidos foram organizados em tabelas com localização e valores dos índices pluviométricos registrados.

5. Resultados e discussões

Através dos gráficos das estações de Angra dos Reis podemos observar um padrão de precipitação onde temos maiores precipitações no verão, típico padrão de um clima tropical (Figura 2). Nota-se que os maiores valores concentram-se nas bacias hidrográficas dos rios Bracuí e Mambucaba, sendo a localização das estações estando próximas as áreas mais elevadas e onde o efeito orográfico ganha destaque. Angra dos Reis possui os maiores valores de todos os municípios analisados, destacando-se os meses de Dezembro e Janeiro, com maiores valores médios. Em termos do acumulado mensal destaca-se o mês de Janeiro de 2013 com um acumulado próximo aos 1000 mm. Outros valores de destaque são Dezembro de 2009 e de 2010 com 600 mm mensais em todas as estações analisadas, coincidindo em 2009 com o extremo pluviométrico que acarretou perdas locais. Nota-se ainda uma extensão do período chuvoso até Março e Abril.

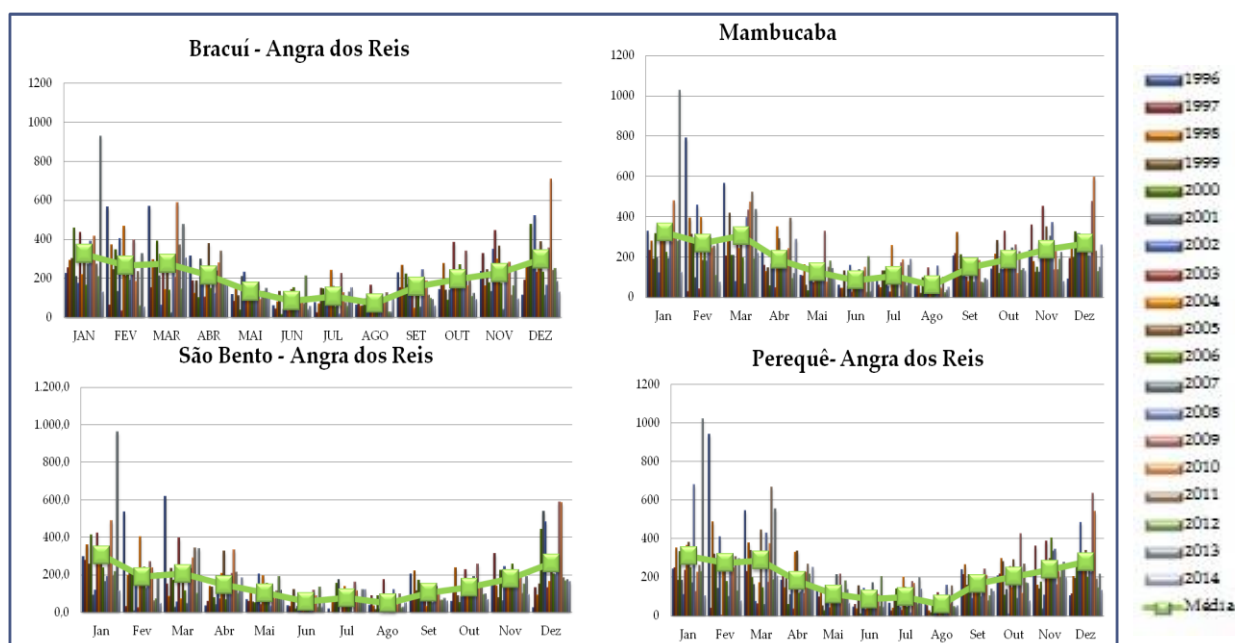


FIGURA 2: Acumulado mensal e média mensal da pluviosidade em diferentes estações metereológicas localizadas no município de Angra dos Reis (RJ) para o período de 1996 a 2014.

Menores valores correspondem aos meses de Junho a Agosto, sendo o menor valor médio registrado em Agosto, com valores menores que 75 mm. Os menores valores são encontrados na estação São Bento, situada no centro de Angra e que é a estação que se encontra mais a Norte do município, numa área com influencia um pouco menor do relevo local, que neste caso é relativamente mais suave.

O município de Parati apresenta um padrão de precipitação similar ao encontrado em Angra dos Reis, principalmente, em especial São Roque, que apresenta características geomorfológicas bem similares. Essa estação apresenta os maiores valores médios, inclusive superiores a todas as estações da área de estudo. Os maiores valores encontrados foram para os meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, como podemos observar na figura 3. Com o maior valor no mês de Janeiro, com destaque para o ano de 2013 com valores próximos a 1000 mm. Enquanto, os menores valores são encontrados na estação Paraty que é a mais distante do litoral, com poucos valores que ultrapassam os 300 mm mensais.

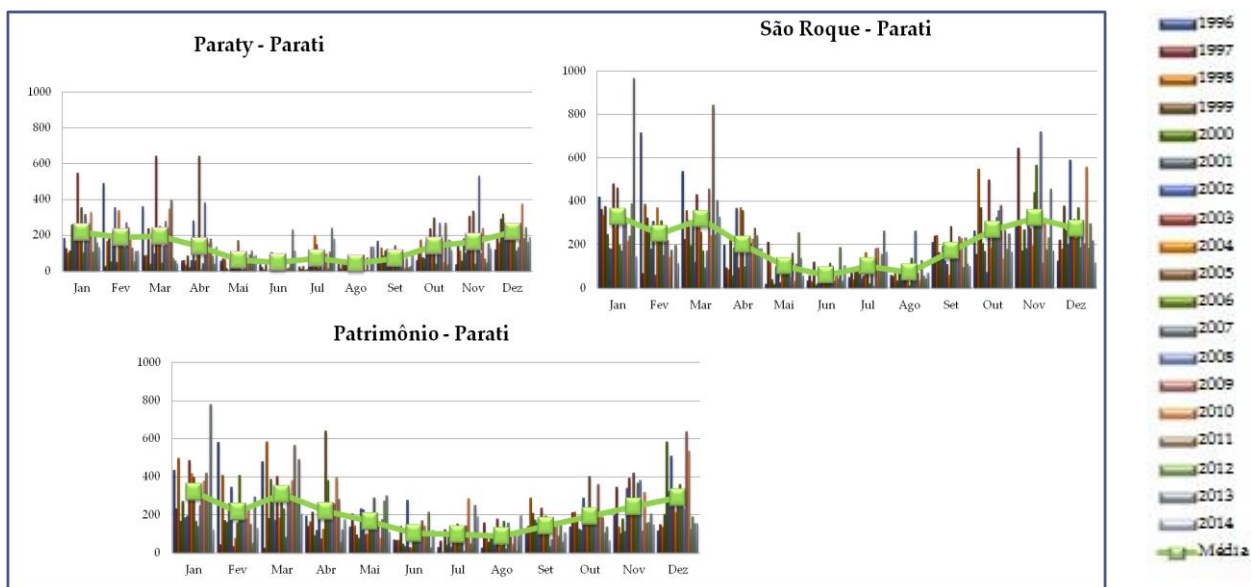


FIGURA 3: Acumulado mensal e média mensal da pluviosidade em diferentes estações metereológicas localizadas no município de Parati (RJ) para o período de 1996 a 2014.

Mangaratiba é a localidade que apresenta menores valores de precipitação no litoral. Com destaque de maiores valores nos meses de inverno, que devem estar relacionados ao maior avanço das frentes frias ligados, por sua vez, ao avanço do equador térmico para o norte e, assim, alterando o alcance do sistema frontal polar. Os menores valores associam-se, também, ao fato de que o relevo nessa região é menos íngreme e, portanto, o efeito orográfico se faz menos intenso.

Os maiores valores médios, como é possível observar na figura 4, são encontrados nos meses de verão e em Janeiro. Ressalta-se o volume das chuvas em janeiro de 2013 bem acima da média do período analisado, mesmo assim para os demais municípios esse valor estava próximo aos 1000mm enquanto em Mangaratiba foi inferior a 700mm. Outro destaque é o mês de dezembro com muitos valores acima de 400 mm.

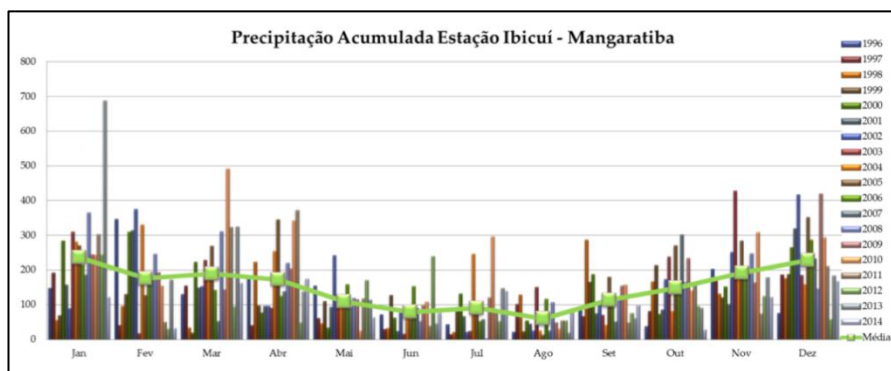


FIGURA 4: Acumulado mensal e média mensal da pluviosidade para estação meteorológica localizada no município de Mangaratiba (RJ) para o período de 1996 a 2014.

O município de Rio Claro encontra-se localizado em altitude, apresentando os menores valores gerais. Por se encontrar no reverso da Serra do Mar apresenta menores valores de umidade devido a perda da mesma com a altitude, tal fato favorece uma menor carga de umidade

evaporada e, assim, menores valores gerais. Como podemos observar na figura 5, os menores valores são encontrados no inverno com valores que não ultrapassam os 10 mm acumulados, como por exemplo, 0,8 mm em agosto de 2010 na estação Barragem de Tocos. O menor valor médio encontra-se nos meses de inverno, em especial no mês de Junho, com um acumulado médio mensal de 24,9 mm na estação Barragem de Tocos, enquanto os maiores valores dificilmente ultrapassam os 300 mm, inclusive nos meses de verão, e os maiores valores encontrados é no trimestre NOV-DEZ-JAN, com maior valor em Janeiro para a estação Lídice com acumulado médio mensal de 286 mm.

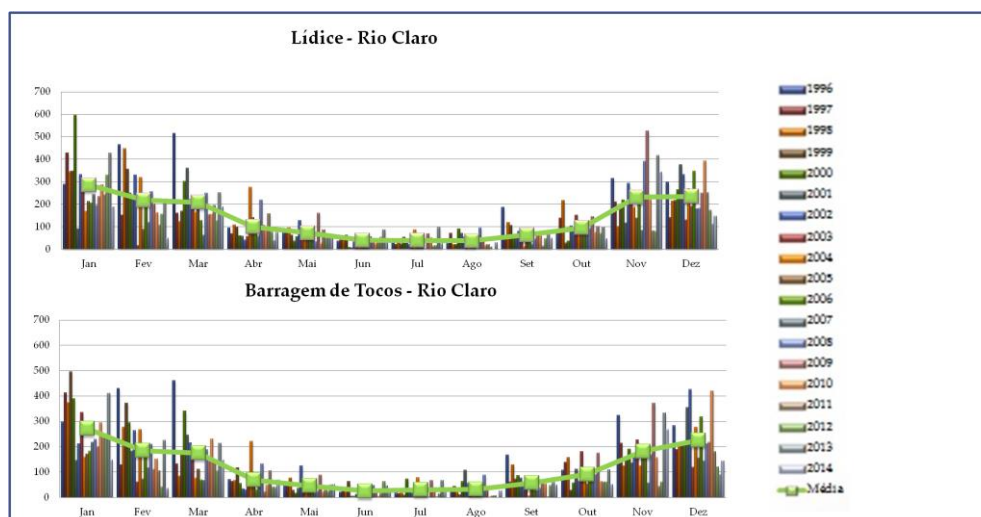


FIGURA 5: Acumulado mensal e média mensal da pluviosidade em diferentes estações meteorológicas localizadas no município de Rio Claro (RJ) para o período de 1996 a 2014.

Em relação a distribuição espacial da precipitação foi elaborado o mapa de isoietas (Figura 6), que se refere a uma das formas mais lúbricas de se visualizar a precipitação de uma dada área. E, desta forma, identificando-se localidades sujeitas a maiores índices pluviométricos, bem como aquelas onde a ocorrência de eventos extremos seja mais provável.

O mapa de isoietas foi gerado a partir da média mensal de cada estação, sendo confeccionado um mapa com a média da pluviosidade acumulada anual. Para esta elaboração foram considerados tanto os valores pluviométricos das estações meteorológicas que cobrem a área de estudo como as estações auxiliares. Podemos observar que as áreas mais secas encontram-se situadas no interior, mais precisamente em áreas elevadas na Serra do Mar. Tal fato pode ser justificado por dois fatores geográficos: a altitude e a relação continentalidade/maritimidade. Esses fatores se inter-relacionam com as variáveis climáticas como umidade, radiação e temperatura, e, por conseguinte, irão interferir no regime pluviométrico.

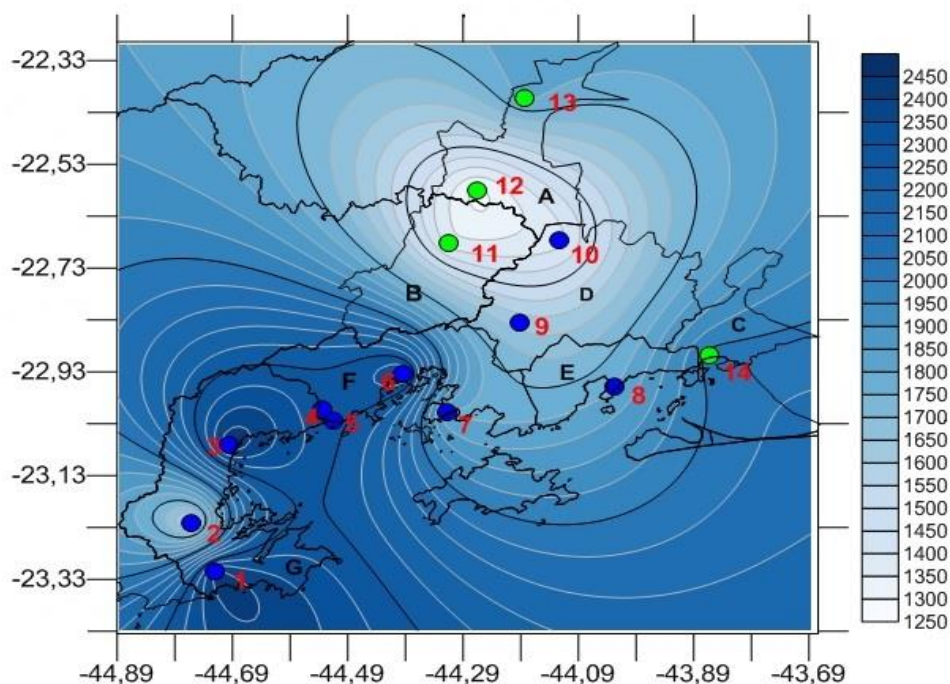


FIGURA 6: Mapa de Isoietas da média do acumulado anual da precipitação para o período de 1996 a 2014. Municípios (A - Barra Mansa; B - Bananal; C - Itaguaí; D - Rio Claro; E - Mangaratiba; F - Angra dos Reis; G - Parati) e Estações (1- Patrimônio, 2 - Paraty, 3 - São Roque, 4 - Perequê, 5 - Mambucaba, 6 - Bracuí, 7 - São Bento, 8 - Ibicuí, 9 - Lídice, 10 - Barragem dos Tocos, 11 - Bananal, 12 - Rialto, 13 - Barra Mansa, 14 - Itaguaí).

A umidade altamente presente nos municípios do litoral, devido a evaporação da água do mar, e também pela presença da mata atlântica bem preservada, irá propiciar altas taxas de umidade relativa do ar. Essa umidade ao encontrar o relevo irá ascender e conforme seu avanço em direção a escarpa serrana vai perdendo umidade a barlavento, gerando nuvens e chuvas orográficas pelo resfriamento proveniente da umidade e de sua condensação. Desta forma, a umidade fica retida a barlavento, enquanto a sotavento o ar já desce mais seco, e é justamente onde encontra-se o município de Rio Claro, onde a precipitação tende a ser menor.

No litoral (Parati, Angra dos Reis e Mangaratiba), a precipitação é maior, sendo bem mais elevada com um gradiente de cerca 1200 mm, onde seus maiores valores são encontrados na faixa que vai da estação São Roque, em Parati, até a estação Bracuí em Angra dos Reis. Os valores elevados de precipitação encontrados estão muito associados ao relevo e ao regime de ventos. Como mencionado anteriormente, o escoamento dos ventos da baixa troposfera encontra-se numa direção perpendicular a orientação do relevo. Isso acarreta em uma associação da umidade muito elevada com o relevo, que por meio do efeito orográfico, gera uma precipitação mais intensa, principalmente, nos meses de verão. Esse trecho de maior precipitação está, portanto, diretamente ligado ao relevo e ao próprio formato da costa: Bracuí localiza-se ao sopé de uma das partes mais elevadas da serra do Mar no município e, assim, torna-se uma grande barreira de retenção de umidade e, posterior, formação de chuvas orográficas, além disso encontra-se em uma área com densa cobertura vegetal e presença de uma rede de drenagem considerada, o que indica maior umidade. O mesmo ocorre em Mambucaba, estação angrense mais próxima de Parati. O formato da costa por sua vez favorece a uma maior concentração de

umidade, por estar mais recuada, mais “protegida”, que somados a forma de escoamento dos ventos frontais elevam a concentração de umidade, sua condensação e precipitação. É assim uma das áreas com maior tendência para a ocorrência de eventos extremos de alta pluviosidade.

Mais ao norte, temos Mangaratiba e a estação São Bento, onde a umidade local também é bastante elevada, porém o formato da linha de costa, e o próprio relevo, não favorecem ao desencadeamento de índices pluviométricos elevados como na localidade de São Roque-Bracuí, pois as altitudes menores tem como consequência uma redução do efeito orográfico.

Nas isoietas realizadas para o mês de Janeiro observou-se um “bolsão” de precipitação centrado no eixo São Roque-Bracuí, com valores próximos a 330 mm mensais, apresentando ainda uma amplitude pluviométrica de cerca de 115 mm, enquanto os menores valores de 215 mm são encontrados em Itaguaí e em Parati. Destaque para alta pluviosidade encontrada na estação de Patrimônio localizada bem próxima ao litoral, a Sul-Sudeste de Parati. A alta radiação dos meses de verão propicia ainda uma maior evaporação e, conseqüentemente, a ocorrência de precipitação em Rio Claro, inclusive com alguns índices superiores aos de Mangaratiba que está localizado no litoral. Já isoietas do mês de Agosto caracterizou-o como mês mais seco dentre os meses de inverno, apresentando uma pequena amplitude, cerca de 75 mm. Os menores valores são encontrados em Rio Claro, no alto da Serra do Mar e, portanto, mais frio, mais seco e com menor taxa de evaporação. As isoietas acompanham o contorno da linha de costa, indicando tendência de uma maior concentração de precipitação na parte mais recuada do litoral, aquela onde se encontra o eixo São Roque-Bracuí. Porém no mês de agosto é interessante notar que Mangaratiba e Itaguaí apresentam valores maiores de pluviosidade, provavelmente associados ao maior avanço das frentes frias em direção a norte, devido ao afastamento do equador térmico nesses meses de inverno.

Em relação ao cálculo dos anos padrões foi possível avaliar se um determinado ano está muito acima ou abaixo do ano padrão e, por consequência, permite-nos observar aqueles anos onde, em tese, a ocorrência de um evento extremo torna-se mais propenso. As excepcionalidades climáticas podem ser encontradas tanto acima como abaixo da média, acarretando em processos geomorfológicos distintos.

Os cálculo dos anos padrões foram realizados para todas as nove estações da área de estudo, porém aqui só exemplificaremos as estações Mambucaba (Angra dos Reis) e Ibicuí (Mangaratiba), pois estas são as que foi possível coletar informações relativas a processos geomorfológicos. As tabelas 2 e 3 mostram os cálculos e valores obtidos para cada classe do ano padrão de suas respectivas estações.

Em ambas as tabelas destaca-se os anos de 2010, 2013 e 2014 e para Angra dos Reis destaca-se ainda os anos de 2002 e 2009. Esses cinco anos estão relacionados a ocorrência de grandes eventos geomorfológicos que acarretaram em muitas perdas socioeconômicas. Os principais eventos ocorridos foram deslizamentos e corridas de massa, atingindo muitos pontos da cidade e, também, muitos casos de cheias e alagamentos.

Ao longo desses anos, eventos pluviométricos muito acima da média foram registrados. Esses eventos foram classificados como extremos, possibilitando a observação de um ano padrão chuvoso ou tendente a chuvoso. A exceção é o ano de 2002, onde a ocorrência de um único evento extremo, ocorrido em Dezembro, acarretou numa das maiores tragédias socioeconômicas e ambientais da história de Angra dos Reis; porém o padrão observado em 2002 foi um ano padrão classificado como normal, o que corrobora com a intensidade daquele evento.

O ano de 2014, por sua vez, destaca-se por apresentar uma tendência pluviométrica seca. Cabe ressaltar, que esta 'seca' para os padrões locais, refletiu em um ano com enormes dificuldades de abastecimento de água, devido à diminuição do volume de água dos principais rios locais e fontes de captação de água. Nesse ano observa-se acumulados de chuvas com uma pluviosidade muito abaixo da média do mensal do período.

TABELA 2

Anos-Padrão e tendência anual da estação de Mambucaba (Angra dos Reis) – segundo metodologia de Armond (2014).

Anual	Teste Chuvoso	Tendente a chuvoso	normal	tendente a seco	seco	Angra dos Reis - Mambucaba	
1996	chuvoso					Anos Padrões	Valores de Precipitação
1997					Seco		
1998			normal			Chuvoso	Precipitação > 2710,2 mm
1999			normal				
2000				tendente a seco		Tendente à Chuvoso	2486,5 mm < Precipitação < 2710,2 mm
2001					Seco		
2002			normal			Normal	2039,1 mm < Precipitação < 2486,5 mm
2003			normal				
2004		tendente a chuvoso				Tendente à Seco	1815,4 mm < Precipitação < 2039,1 mm
2005		tendente a chuvoso					
2006				tendente a seco		Seco	Precipitação < 1815,4 mm
2007				tendente a seco			
2008			normal				
2009	chuvoso						
2010	chuvoso						
2011		tendente a chuvoso					
2012					Seco		
2013	chuvoso						
2014					Seco		

TABELA 3

Anos-padrão e tendência anual estação de Ibicuí (Mangaratiba) – Segundo metodologia de Armond (2014).

Anual	Chuvoso	Tendente a chuvoso	normal	tendente a seco	seco	Mangaratiba - Ibicuí	
1996				tendente a seco		Anos Padrões	Valores de Precipitação
1997				tendente a seco			
1998					Seco	Chuvoso	Precipitação > 2198,5 mm
1999					Seco		
2000			normal			Tendente à Chuvoso	2007,3 mm < Precipitação < 2198,5 mm
2001				tendente a seco			
2002		tendente a chuvoso				Normal	1624,8 mm < Precipitação < 2007,3 mm
2003			normal				
2004		tendente a chuvoso				Tendente à Seco	1433,6 mm < Precipitação < 1624,8 mm
2005	chuvoso						
2006						Seco	Precipitação < 1433,6 mm
2007				tendente a seco			
2008		tendente a chuvoso					
2009		tendente a chuvoso					
2010	chuvoso						
2011							
2012					Seco		
2013		tendente a chuvoso					
2014					Seco		

6. Conclusão

A região da Costa Verde possui elevados índices pluviométricos, sendo um dos maiores do estado do Rio de Janeiro. Tais índices são condicionados, sobretudo, por conta do relevo, em especial pela proximidade da serra do Mar, que irá controlar o chamado efeito orográfico e que é um importante mecanismo de compreensão da dinâmica pluviométrica local.

Além disso, temos a própria conformação da costa que favorece a ocorrência de chuvas mais constantes e intensas em localidades específicas do trecho entre São Roque e Bracuí. Os maiores índices pluviométricos são registrados nos meses de verão, em especial entre Dezembro e Fevereiro, com índices médios mensais acima de 320 mm, como registrado em Janeiro na estação São Roque.

O município de Rio Claro, por sua vez, localizado no topo da serra da Bocaina, apresenta os menores valores de precipitação. Em termos do acumulado anual, estes valores de precipitação ocorrem em função da inter-relação entre relevo e umidade do ar. Rio Claro apresenta os menores índices pluviométricos, observados nos meses de Junho a Agosto, sendo o menor valor médio encontrado abaixo de 25 mm em Junho - Barragem dos Tocos/Rio Claro.

O padrão de precipitação de maiores médias mensais de pluviosidade no auge do verão (DEZ-JAN-FEV) e menores no inverno (JUN-JUL-AGO) é observado em todas as estações da área de estudo, com variações de inclusão em alguns locais dos meses de Novembro e Março como meses bem chuvosos também.

No que diz respeito aos eventos extremos, os mesmos foram observados em anos de padrões com tendência “chuvosos” e “tendentes a chuvosos”. Nos casos de grandes chuvas e dos eventos geomorfológicos associados, com predominância de eventos em anos de tendência “chuvosos”. E anos padrões “secos”, onde se observou os principais casos de secas. A grande exceção ficou por conta do ano de tendência “Normal” de 2002, onde em Angra dos Reis ocorreu um grande evento geomorfológico com mais de 480 mm de chuva num único dia.

Desta forma buscou-se nesse trabalho investigar a dinâmica atmosférica local em termos da variável da pluviosidade, visando espacializá-la de maneira a compreender seus locais de influencia e seus impactos. Buscou-se, também, identificar padrões que facilitassem sua compreensão, enxergando em conjunto a importância do relevo na explicação dos índices pluviométricos tão elevados encontrados na área de estudo. Essas excepcionalidades climáticas contribuem para a ocorrência de eventos geomorfológicos catastróficos, que associado a ocupação desordenada da população, podem gerar graves prejuízos a economia local.

Referências

- ARMOND, Núbia Beray. 2014. **Entre eventos e episódios - As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNESP Presidente Prudente, 2014.
- BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço Metodológico. **Revista RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise**. Curitiba, n. 8, p.141-152, 2004.
- CASTRO, Antônio Luiz Coimbra. **Glossário de Defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO/Departamento de Defesa Civil, 1998, 283p.
- COSTA, Helen Camargos; MARCUSSO, Francisco; FERREIRA, Osmar M.; ANDRADE, Lucas R. Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 5(1): 87-100, 2012.
- ELETRONUCLEAR - **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Unidade 3 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**. 2002. Disponível em: http://www.eletronuclear.gov.br/hotsites/eia/v02_00_indices.html Acesso em: 4.dez.2013.
- MARENGO, J.A. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS. 2010. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>. Acesso em: 23.jun.2015.
- MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 2007.
- OLIVEIRA, Luiz F.C.; FIOREZZI, Ana Paula; MEDEIROS, Antônio M.M.; SILVA, Melissa A.S. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas de Séries Históricas de Precipitação Pluvial Anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, UAEA/UFCEG. 14(11): 1186-1192, 2010.
- PETSCH, Carina; MONTEIRO, Jéssica Barion. Elaboração de cartas temáticas sobre eventos de precipitação no município de Engenheiro Beltrão – PR. In: **XIX SIMPÓSIO PARANAENSE DE ESTUDOS CLIMÁTICOS E SEMANA DE GEOGRAFIA**. Anais. Maringá: DGE - UEM, p.287-297, 2010.
- SALGADO, Carla Maciel; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira; MOURA, Josilda Rodrigues da Silva. Caracterização espaço-temporal da chuva como subsídio à análise de episódios de enchentes no município de Angra dos Reis, RJ. **Geosul**, Florianópolis, v. 22, p. 7-26, 2007.
- SILVA, Telma Mendes; SILVA, Simone Lisboa Santos; SILVA, Samir Costa. **Morfoestrutura e Morfotectônica da Área Continental da Baía de Angra Dos Reis (Municípios de Angra dos Reis, Parati, Mangaratiba e Rio Claro - RJ)**. Relatório de Projeto de Pesquisa - COPPE/UFRJ e ELETRONUCLEAR. 2012, 92p.
- SOARES, Elenir Pereira. **Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - COPPE/UFRJ, 2006.
- SOARES, Fernanda S.; FRANCISCO, Cristiane Nunes; CARVALHO, Cacilda Nascimento. Análise dos fatores que influenciam a distribuição espacial da precipitação no litoral sul fluminense, RJ. In: **XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Anais. Goiânia: INPE, p. 3365-3370, 2005.
- TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente, 2006, 196p.