

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Vinicius Costa de Mattos

**EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS E DEFLAGRAÇÃO DE  
PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE ANGRA  
DOS REIS: BUSCA POR LIMIARES CRÍTICOS**

Rio de Janeiro  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICA E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS E DEFLAGRAÇÃO DE  
PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE ANGRA  
DOS REIS: BUSCA POR LIMIARES CRÍTICOS**

Por: Vinicius Costa de Mattos

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Telma Mendes da Silva

Dissertação de Mestrado submetido ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia.

Rio de Janeiro  
Abril / 2019

## FICHA CATALOGRÁFICA

Mattos, Vinicius Costa de. 2019.

Eventos pluviométricos extremos e deflagração de processos geomorfológicos no município de Angra dos Reis: busca por limiares críticos. Rio de Janeiro: UFRJ, 2019.

Dissertação em Geografia (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, 2019.

Referências Bibliográficas: 211.f.

1. Eventos Extremos de Precipitação. 2. Climatologia Geográfica . 3. Movimentos Gravitacionais de Massa
- I. Vinicius Costa de Mattos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia.. Eventos pluviométricos extremos e deflagração de processos geomorfológicos no município de Angra dos Reis: busca por limiares críticos . III. 229f.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICA E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS EXTREMOS E DEFLAGRAÇÃO DE  
PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS NO MUNICÍPIO DE ANGRA  
DOS REIS: BUSCA POR LIMIARES CRÍTICOS**

Por: Vinicius Costa de Mattos

Dissertação de Mestrado submetido ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

---

Profa. Telma Mendes Silva (PPGG / UFRJ) – Orientadora

---

Prof. Ricardo Gonçalves Cesar (PPGG / UFRJ)

---

Profa. Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva  
(Laboratório de Meteorologia / UENF)

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus por ter sido meu amigo, meu guia, meu conforto em diversos momentos. Pelo minha vida, minha família e amigos. Se cheguei até aqui foi graças À Aquele que é o início e fim de todas as coisas, que abriu as portas e oportunidades para chegar até esse momento. Por toda a força e benção que me destes em diversos momentos quando eu mesmo fraquejava e as vezes até me desesperava. A Ti meu Deus que foi essa luz ao longo de toda minha vida e em especial nesse período de mestrado meu muito obrigado e eterno agradecimento. E a ti minha mãezinha pela sua santa e imaculada proteção, pelo seu colo maternal em diversos momentos meu agradecimento.

Agradeço a meus pais por todo suporte emocional ao longo de minha vida, pelo apoio em minhas decisões, desde o ensino médio até a graduação. E principalmente nesse novo momento, onde talvez o mais natural fosse o desejo de vocês para arrumar um emprego de imediato, vocês me deram o apoio nessa decisão de seguir a carreira acadêmica através do mestrado. Pelo carinho, pelo amor e paciência, principalmente em dias cansativos e naqueles nos quais eu passei mais horas no CCMN do que em casa. Agradeço por sempre acreditarem em mim, até mais do que eu mesmo e sempre terem se colocado a disposição para ouvir e auxiliar. Obrigado pelo exemplo de família e de amor. Agradeço por toda preocupação e oração. Como já falei com vocês antes agradecer é pouco pelo o que vocês já fizeram, são e representam para mim. Meus maiores amores. A minha pequena grande irmã pelos conselhos, carinho, risos, brincadeiras e pelo suporte, torcida e apoio. A ti meu maior amor, minha protegida meu muito obrigado e que agora caminha para se tornar essa grande enfermeira, estarei de pé ao seu lado para sempre te aplaudir. Te amo!

Cabe um agradecimento especial a meus padrinhos, tios, primos, tios-avós e a minha afilhada Maria Eduarda, pelo olhar mais sincero de amor e carinho que eu poderia receber, como é apaixonante ver o quanto você cresceu e como carinhosa e inteligente você é. Obrigado a todos vocês minha família pelas risadas durante as festas e viagens, pelos jogos de tabuleiro que nos reunimos para jogar. E meus parentes flamenguistas com as idas aos jogos, que ao longo desse tempo foi um grande aliviador de tensão, ou não. Pelo grande apoio, carinho e amor demonstrado ao longo da minha vida eu amo vocês. A minha tia Maria Luzia pelo carinho e compartilhamento de conhecimentos geográficos.

Amigos são anjos que Deus envia lá do céu para nos alegrar e dar um sentido especial à vida. À vocês desde os amigos do IFPJ, do CEFET, que hoje estamos um pouco mais distantes meu obrigado. Meus vizinhos que crescemos juntos meu carinho por vocês é enorme, Paulo Matheus, Mateus, Leandro, Carol e Gabriel. Vocês dois que estão no Canadá vê se não sumam.

E o que eu posso falar dos meus irmãos da Crisma? Cada um de vocês são mais do que especiais, por tudo que passamos juntos tantos momentos de alegria, de preocupação, mas principalmente de fé em Deus já são tantos anos de amizade e convivência que hoje somos muito mais família que amigos. À todos vocês meu eterno obrigado, vocês que em muitos momentos me deram forças e me mantiveram firmes nos propósitos de Deus. Eu amo de coração e sincero cada um de vocês.

Em especial a Raul, longos anos de amizade e companheirismo que nos tornam irmãos, muito obrigado pelo apoio meu parceiro; Rafaela que assim como eu vive essa loucura de tentar a vida na carreira acadêmica; Paulo Matheus meu irmão de criação, afinal 20 anos não são 20 dias; E também a Maria, Pedro, Márcio, Beatriz Santa Rita, Gabi Werneque, Clarinha, Gabriel Rodrigues, Sabrinna, Eberval e Cláudia, pelo apoio, torcida, alegrias inclusive nas idas ao mercadão e impulso e por compreenderem minhas angustias, medos e por terem acreditado em mim, meu amor e carinho por vocês superam amizade, vocês são meus irmãos de fé e de coração.

À minha namorada Jéssyca Torres que foi minha confidente, minha parceira, minha melhor amiga. Se cheguei onde estou hoje é graças a você, mais do que ninguém você acompanhou cada etapa, cada sofrimento, preocupação, mas também cada alegria e felicidade. Obrigado por sonhar comigo, pelo apoio incondicional, pelo carinho, paciência, atenção e amor. Sei que Deus tem grandes planos e sonhos reservados para nós minha vida. Seu amor me auxiliou e motivou em muitos momentos, Te Amo.

Meus amigos do Bonde da Maré. Obrigado pelos campos, trabalhos em grupo, dias de convivência na faculdade e nas viagens, e nas nossas jogatinas seja no WAR, carteadado, uno e FIFA. Embora nos encontrando com menos frequência nesses anos do mestrado, sempre pude sentir a presença de vocês em diversos momentos, todo o período que passamos juntos marcou minha vida e tenho certeza que nosso vínculo se manterá. A amizade de vocês é muito importante para mim e apoio de vocês foi fundamental até hoje.

Ao Ryan pela sua amizade, por ter entrado nessa jornada comigo e encarado as aulas do Paulo César que foram bem puxadas e toda tensão da prova. Apesar de ter me colocado em alguns aulas meio furadas. Por ser um dos melhores geógrafos e uma das pessoas mais inteligentes que conheço que entende como poucos essa ciência e como pesquisá-la.

Ao Vitinho por sua amizade e todas as ajudas técnicas no ArcGis, por todas as conversas e compartilhamento de planos e preocupações sobre o que o futuro nos reserva. Obrigado por me auxiliar dando todo o suporte em todas as etapas dessa pesquisa.

Ao Lukita da Galera pela sua amizade, seu jeito alegre e extrovertido de ser, por compartilharmos o amor pelo mungão da mesma forma pouco racional. Pelos chopps brindados e pelos que não pude brindar enquanto estava atarefado no mestrado. Agora é só marcarmos.

A Thyanne pela amizade e carinho, por todos os trabalhos que vivenciamos juntos e que com certeza me ajudaram a pensar a geografia como hoje penso. Por sempre marcar junto com o Lucas aquelas idas ao Cachambeer pós aulas do PC, que durante o início do mestrado davam uma boa aliviada na tensão.

Ao Patrick pela amizade, por todas as ajudas no ArcGis ajudando a iluminar um pouco esse caminho tortuoso do geoprocessamento. Toda sorte do mundo para você que inicia essa jornada agora no mestrado meu amigo. E que o rancor do pír não seja eterno.

A Tainá pela amizade, pelo carinho e atenção por sempre ao nos encontrarmos perguntar sobre os andamentos da pesquisa e dar uma grande força para mim.

E ao Matheus que mesmo distante sempre com as participações alegres no grupo tirando a exaltação a aquele time sem mundial e por muitas vezes vir de SP encontrar com a galera.

Todo sucesso do mundo à todos vocês porque vocês merecem muito.

À minha orientadora Telma Mendes da Silva, que me acolheu em seu laboratório ainda no segundo período e do qual eu não saí mais. Obrigado pela paciência, pelas experiências e conhecimentos partilhados pelos treinos das JICs, por toda orientação no estágio II e Monografia. E agora nesse momento do Mestrado. Obrigado pelas conversas, auxílio e críticas ao longo da minha formação até aqui. Aprendi e aprendo muito com a senhora, és uma verdadeira inspiração e referência. Obrigado por ser muito mais que uma orientadora, por ser uma amiga.

Aos meus colegas do laboratório NEQUAT agradeço pelas ajudas e dicas sobre a faculdade, sobre o mestrado e por terem me auxiliado com dicas preciosas para a melhora deste trabalho à Simone Lisboa, Eluan Pocidônio, Felipe Pacheco, Carolina Campos, Fábio e ao Vitor.

A minha co-orientadora extra oficial, Núbia Armond, que me auxiliou desde a concepção do projeto de pesquisa com indicações de leituras e metodologias. E que ao longo do desenvolvimento me instruiu com contribuições extremamente valiosas e sem a qual algumas das etapas da presente dissertação não poderiam ser concluídas. Obrigado pelas conversas no laboratório, na ida até a Marinha e ao simpósio de climatologia. Obrigado por me inspirar tanto na geografia como na climatologia.

Aos professores Ricardo Gonçalves César e a professora Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva que aceitaram participar desta banca e da banca do exame de qualificação que me instruíram com dicas preciosas para a realização da presente pesquisa.

Ao departamento de Engenharia e Defesa Civil e a coordenação de geoprocessamento na pessoa do Sr. Maykon De Oliveira da prefeitura de Angra dos Reis pela disponibilização dos dados referentes aos deslizamentos de terra no município.

Ao Jorge Carvalho do BNDO, do Centro de Hidrografia da Marinha pela disponibilização das cartas sinóticas para a realização da presente pesquisa.

E meus agradecimentos finais à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro pela remuneração/Bolsa Nota 10 concedida nesses últimos 12 meses de pesquisa.

Por fim, dedico e agradeço essa dissertação à pessoas especiais e que não puderam me ver chegar até esse momento, mas que eu tenho fé que estão vibrando por mim mais do que eu mesmo. A meu avô paterno Newton e avó materna Lourdes que faleceram a pouco tempo, e que a saudade ainda aperta no peito, deixando valores de família, amor e honestidade acima de tudo. Uma última lembrança a meus avós falecidos Alison David e Nilza, por todo amor em vida e minha tia avó Souelly pela paz e carinho sempre presentes.

## RESUMO

A dinâmica geomorfológica em regiões tropicais está diretamente relacionada a elevados valores pluviométricos e, por vezes, associam-se a transtornos ambientais nas cidades brasileiras, quando ocorrem sob a forma de eventos extremos. Os extremos não ocorrem por si só, não são só climáticos ou só geomorfológicos, podem atuar de forma conjunta e reverberam-se sobre a sociedade e o espaço. Muitos desses extremos climáticos associam-se à eventos geomorfológicos gerando impactos significativos, como os ocorridos em Angra dos Reis nos anos de 2002 e 2010. Para compreensão dos extremos deve-se partir de uma visão integrada do ambiente e da sociedade, de seus impactos sobre o espaço, onde o desafio está em se saber prever, precaver ou amortecer esses impactos. Assim, o clima é recurso, é geográfico, tendo em sua espacialização compreensões importantes. Os movimentos gravitacionais de massa tem no clima uma de suas análises mais importantes em regiões tropicais, pois deve-se enxergar a precipitação como mecanismo propulsor dos mesmos. A busca por limiares torna-se fundamental, uma vez que se constitui num valor mínimo de ação emergencial, e que ao complementá-la com a compreensão climática e a espacialidade dos deslizamentos, traz respostas importantes sobre o onde agir e o porque agir em determinado local. Deste modo, um esforço por essa integração torna-se válido e é aqui proposto, tendo como objetivo analisar os eventos pluviométricos extremos, procurando-se conhecer e estabelecer limiares críticos de chuvas na deflagração de eventos geomorfológicos. Associamos a isso uma abordagem da climatologia geográfica na compreensão dos extremos pluviométricos, da dinâmica pluviométrica, buscando: a) espacializar a precipitação, compreendendo sua gênese; b) seus ritmos, através da compreensão de anos e meses padrões; e c) a concentração da qual a partir de que classes de frequência de precipitações os Movimentos gravitacionais de massa serão deflagrados. A compreensão dos limiares apoiou-se em gráficos de dispersão, onde buscou-se relacionar as precipitações que não causaram deslizamentos e as que causaram, e a partir disso uma análise com base em critérios feitos para o cálculo de envoltórias. Buscou-se, ainda, espacializar os deslizamentos com relação a precipitação, sua ocorrência por bairros e, de forma preliminar, compreender os impactos dos mesmos na circulação de pessoas e a sua relação com a geomorfologia local. Os resultados obtidos nos possibilitaram observar a alta correlação da precipitação com as conformações do relevo local, e o importante papel desse na também distribuição dos deslizamentos, sobretudo nas feições de serras. A concentração da precipitação se deu de moderada à alta, indicando que em determinados anos e períodos desses anos grande parte do volume total precipitado ocorreu em poucos dias. Os padrões pluviométricos indicaram uma importância maior da análise mensal que a anual, no que tange os deslizamentos, porém trouxeram informações valiosas que em anos chuvosos e normais os deslizamentos ocorrem com maior frequência e ainda em anos secos, porém nesses associa-se a um ou dois meses de tendência chuvosa ou tendente a chuvosa. Quanto a espacialização dos deslizamentos, os bairros das áreas centrais e mais ocupada do município foram os que ocorreram a maioria dos casos; as ruas de maior impacto também se localizaram nesses bairros, porém vias centrais que interligam mais de um bairro constituíram-se em ruas de elevado interesse para a compreensão de possíveis impactos na circulação. Quanto aos limiares identificou-se que as envoltórias de 3 dias correspondiam a melhores valores de correlação. E em relação a gênese das chuvas: as baixas pressões, cavados e frentes frias irromperam num maior número de deslizamentos para a área de estudo.

**Palavras Chaves:** eventos extremos, climatologia geográfica, espacialidade da precipitação, movimentos gravitacionais de massa, precipitação, Angra dos Reis.



## ABSTRACT

The geomorphological dynamics in tropical regions are directly related to high rainfall values and sometimes they are associated with environmental disturbances in Brazilian cities, when they occur in the form of extreme events. Extremes do not occur by themselves, they are not only climatic or just geomorphological, they can act together and reverberate about society and space. Many of these climatic extremes are associated with geomorphological events generating significant impacts, such as those occurred in Angra dos Reis in 2002 and 2010. To understand the extremes we must have an integrated view of the environment and society aspects, their impacts on the space, in this consists the the challenge in knowing how to predict, prevent or cushion these impacts. Thus, the climate is resource and it is geographic, having in its spatialization important understandings. The mass gravitational movements have in the climate one of their most important analyzes in tropical regions, because we must see precipitation as a propelling mechanism. The search for thresholds becomes fundamental, since it constitutes a minimum value for an emergency action, and which, by complementing it with the climatic understanding and the spatiality of landslides, provides important answers about where to act and why to act in a given local. Thus, an effort for this integration becomes valid and is proposed here, with the objective of analyzing extreme rainfall events, seeking to know and establish critical rainfall thresholds in the development of geomorphological events. We associate to this an approach of the geological climatology in the understanding of the pluviometric extremes, of the pluviometric dynamics, seeking: a) to spatialize the precipitation, including its genesis; b) its rhythms, through the understanding of standard years and months; and c) the concentration of which from which frequency classes of precipitation the gravitational mass movements will be triggered. The understanding of the thresholds was based on dispersion plots, where it was tried to relate the precipitations that did not cause landslides and those that caused them, and from this an math analysis based on criterias made for the calculation of an equation that may predict the occurrences of landslides associated with the accumulated precipitation in n days. It was also sought to spatialize the landslides in relation to precipitation, their occurrence in districts and, in a preliminary way, to understand the impacts of the landslides on the circulation of people and their relationship with local geomorphology. The results obtained allowed us to observe the high correlation of the precipitation with the conformations of the local relief, and the important role of this in the distribution of landslides, especially in the mountainous features. The concentration of precipitation occurred from moderate to high levels, indicating that in certain years and periods of those years a large part of the total precipitated volume occurred in a few days. The pluviometric patterns indicated a greater importance of the monthly analysis than the annual one, regarding the landslides, however they brought valuable information that in rainy years and normal the mass movements occur more frequently and still in dry years, but in these it associates to one or two months of rainy or rainy trend patterns. As for spatialisation of landslides, the neighborhoods of the central areas of the city and those with large amounts of population were those that occurred the most cases of landslides; the streets with the greatest impact were also located in these neighborhoods, but central streets that interconnect more than one neighborhood constituted in streets of high interest for the understanding of possible impacts on the circulation. As to the thresholds, it was identified that the 3-day of the accumulated precipitation corresponded to better correlation values. And in relation to the genesis of rains: the low pressures, troughs and cold fronts cause in a greater number of landslides to the study area

**Key Words:** extreme events, geographical climatology, spatiality of precipitation, gravitacional mass movements, precipitation, Angra dos Reis

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Exemplo de Movimento Gravitacional de Massa (MGM) ocorrido na Estrada do Contorno (Angra dos Reis, RJ), mostrando o bloqueio total ao trânsito local. Foto: E. POCIDONIO (Janeiro/2010). .....	4
<b>Figura 2:</b> Queda de blocos ocorrido na madrugada do dia 13 de abril de 2010 interditando a rodovia Rio-Santos (BR-101) nos dois sentidos no município de Angra dos Reis (Foto: Rafael Souza Diniz/VC no G1). Fonte: <a href="http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1568061-8491,00.html">http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1568061-8491,00.html</a> . .....	4
<b>Figura 3:</b> Trecho da BR-101 destruído após a ocorrência de deslizamentos em 08 de Janeiro de 2010. Fonte: <a href="https://oglobo.globo.com/rio/apos-deslizamentos-em-angra-coppe-constata-situacao-critica-da-rio-santos-3071601">https://oglobo.globo.com/rio/apos-deslizamentos-em-angra-coppe-constata-situacao-critica-da-rio-santos-3071601</a> . .....	5
<b>Figura 4:</b> Deslizamento na estrada Angra-Getulândia em 01 de Janeiro de 2010 (Foto: Lucas Brasil/VC no G1). Fonte: <a href="http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1431906-8491,00.html">http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1431906-8491,00.html</a> . .....	5
<b>Figura 5:</b> Estrada do Contorno interditada em Angra do Reis devido a deslizamentos de terra ocorrido em 01 de Janeiro de 2010 (Foto: Danielle Viana Bartholomeu/VC no G1). Fonte: <a href="http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1431906-8491,00.html">http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1431906-8491,00.html</a> . .....	6
<b>Figura 6:</b> Relação da interdição da Rio-Santos (BR-101) devido a inúmeros movimentos de massa e a Usina Nuclear de Angra dos Reis. Fonte: Jornal O Globo. Disponível em: <a href="https://oglobo.globo.com/rio/rio-santos-fechada-prefeito-de-angra-pede-desligamento-da-usina-nuclear-3074828">https://oglobo.globo.com/rio/rio-santos-fechada-prefeito-de-angra-pede-desligamento-da-usina-nuclear-3074828</a> . .....	6
<b>Figura 7</b> Deslizamento de terra na enseada de Bananal, Ilha Grande (Angra dos Reis) ocorrido na virada do ano de 2009/2010; em detalhe a foto de como era a Pousada Sankai antes do evento. Fonte: <a href="http://veja.abril.com.br/130110/tragico-absurdo-previsivel-p-054.shtml">http://veja.abril.com.br/130110/tragico-absurdo-previsivel-p-054.shtml</a> . .....	6
<b>Figura 8:</b> Ocupação na encosta do Morro da Carioca – Angra dos Reis (RJ). Fonte: <a href="https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/rj/ocupacao-desordenada-dos-morros-atrapalha-recuperacao-de-angra-dos-reis/n1237883806729.html">https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/rj/ocupacao-desordenada-dos-morros-atrapalha-recuperacao-de-angra-dos-reis/n1237883806729.html</a> . .....	11
<b>Figura 9:</b> Mapa de compartimentação geomorfológica para os municípios situados a sul do estado do Rio de Janeiro realçado a partir do Modelo Digital de Elevação e onde pode se observar o município de Angra dos Reis. Fonte: SILVA <i>et al.</i> (2012). .....	12
<b>Figura 10:</b> Perfil tridimensional transversal ao Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira, Região da Depressão do médio vale do rio Paraíba do Sul e Região do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina e seu prolongamento a área de planícies dos municípios da Costa Verde. Fonte: SILVA (2002). .....	13
<b>Figura 11:</b> Mapa de Uso e Cobertura do Solo Costa Verde e Rio Claro. Elaboração e Layout e próprios. Fonte de dados: Cruz, C.B.M., 2008 (Laboratório Espaço, Depto. Geografia, UFRJ). .....	14
<b>Figura 12:</b> Visão Panorâmica do Mirante do Camorim – Angra dos Reis, RJ. Onde observa-se o contato entre as serras e o oceano e também a nebulosidade predominante. Foto: V.C. Mattos (Abril/2014). .....	15
<b>Figura 13:</b> A - Esquema de sequência de estágios evolutivos da Bacia de Santos e da área continental adjacente (não está em escala); B - Perfil geológico, sem escala, transversal à área afetada pelo tectonismo cenozóico ressaltando o caráter escalonado dos falhamentos e o basculamento dos blocos resultantes. Formaram-se, em consequência, áreas elevadas, já modeladas hoje pela erosão (Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e o Maciço Carioca), e, entre estas, depressões em forma de semi-grábens (gráben do Paraíba; Baixada Fluminense), que acumularam depósitos sedimentares continentais. K indica os sedimentos cretácicos da bacia de Santos e T, os sedimentos terciários. Fonte: Asmus e Ferrari, 1978. .....	16
<b>Figura 14:</b> Mapa de unidades litológicas e estruturas geológicas mapeadas (Modificado de: Departamento de Recursos Minerais – DRM-RJ, 1983; CPRM, 2000). Fonte: SILVA <i>et al.</i> (2012). .....	17
<b>Figura 15:</b> Mapa Pedológico 1:250.000 para o município de Angra dos Reis. .....	18

<b>Figura 16:</b> Mapa de compartimentação geomorfológica da região da Costa Verde, com destaque para as áreas de ocupação urbana. Fonte: MATTOS e SILVA (2017).....	19
<b>Figura 17:</b> Quadro Síntese da sucessão de tempos nos dias que antecederam a inundação.....	30
<b>Figura 18:</b> Legenda dos tipos de tempo, sistemas atmosféricos e demais elementos meteorológicos. 30	
<b>Figura 19:</b> Diagrama esquemático demonstrando com variações na média e variância podem afetar os eventos extremos. Fonte: MEEHL et al. (2000).....	34
<b>Figura 20 -</b> Estações Meteorológicas e Pluviométricas utilizadas no estudo.....	51
<b>Figura 21:</b> 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). Fonte: MATTOS e SILVA (2016).....	53
<b>Figura 22:</b> Legenda para análise sinótica dos sistemas meteorológicos atuantes. Fonte: CPTEC/INPE. ....	58
<b>Figura 23 –</b> Exemplo de um tabela de distribuição de frequência da classe 1 mm, relativo a frequência acumulada X e as percentagens correspondentes do total de precipitação Y in Valladolid (1951-90) usada no cálculo do CI utilizada por Martin-Vide (2004).....	64
<b>Figura 24 -</b> Curva de Lorentz calculada por Martin-Vide (2004) para estação de Valladolid (Espanha). ....	64
<b>Figura 25 -</b> Valores de referência da classificação do PCI sazonal e temporal. Fonte: Michels <i>et al.</i> (2002, p. 48). ....	68
<b>Figura 26:</b> Envoltória de deslizamentos para a Serra do Mar, adaptado de Tartizana <i>et al.</i> (1987). Fonte: SOARES (2006).....	76
<b>Figura 27:</b> Gráficos duração/intensidade de todos os 152 eventos identificados por Giannechini (2006) (a) e para os eventos com duração inferior a 12h (b). Fonte: GIANNECHINI (2006). ....	77
<b>Figura 28:</b> Relação Deslizamento vs Precipitação acumulada em 2 dias. Fonte: SOARES (2006).....	78
<b>Figura 29:</b> Roteiro metodológico proposto. Fonte: IDE (2005). ....	80
<b>Figura 30 -</b> Fluxograma síntese da metodologia aplicada na pesquisa. ....	83
<b>Figura 31 -</b> Distribuição anual do acumulado e média mensal - Bracuí (Angra dos Reis/RJ).....	85
<b>Figura 32 -</b> Distribuição anual do acumulado e média precipitação mensal - Mambucaba (Angra dos Reis/RJ). ....	85
<b>Figura 33 -</b> Distribuição anual do acumulado e média da precipitação mensal - Perequê (Angra dos Reis/RJ). ....	86
<b>Figura 34 -</b> Contribuição por mês da precipitação (%) dentro do ano, com ênfase nos meses de maior e menor contribuição. Bracuí (Angra dos Reis/RJ) .....	91
<b>Figura 35 -</b> Contribuição por mês da precipitação (%) dentro do ano, com ênfase nos meses de maior e menor contribuição. Mambucaba (Angra dos Reis/RJ) .....	91
<b>Figura 36 -</b> Contribuição por mês da precipitação (%) dentro do ano, com ênfase nos meses de maior e menor contribuição. Perequê (Angra dos Reis/RJ). ....	92
<b>Figura 37 -</b> Distribuição anual da precipitação e respectiva média móvel para as estações meteorológicas de Mambucaba, Perequê e Bracuí - Angra dos Reis (RJ). ....	93
<b>Figura 38 -</b> Mapa de Isoietas da média da precipitação anual pelo método IDP. ....	95
<b>Figura 39 -</b> Mapa de Isoietas da média da precipitação anual pelo método da krigagem. ....	96
<b>Figura 40 -</b> Mapas de Isoietas da média do acumulado mensal interpolado via método Krigging.....	99
<b>Figura 41 -</b> Mapa de isoietas da média do acumulado mensal, interpolado pelo método IDW .....	100
<b>Figura 42 -</b> Manchetes sobre a tragédia ocorrida em Angra dos Reis em dezembro de 2002. Fonte: Acervo do jornal O Globo.....	105

<b>Figura 43</b> - Número de dias de chuva por mês e ano, número médio e máximo de dias de chuva e razão de dias chuvosos num ano – Bracuí. ....	116
<b>Figura 44</b> - Número de dias de chuva por mês e ano, número médio e máximo de dias de chuva e razão de dias chuvosos num ano – Mambucaba. ....	117
<b>Figura 45</b> - Número de dias de chuva por mês e ano, número médio e máximo de dias de chuva e razão de dias chuvosos num ano – Perequê. ....	117
<b>Figura 46</b> - Curva de concentração de Lorenz - Estação de Mambucaba/Angra dos Reis (1996-2018). ....	129
<b>Figura 47</b> - Curva de concentração de Lorenz - Estação de Bracuí/Angra dos Reis (1996-2018).....	129
<b>Figura 48</b> - Curva de concentração de Lorenz - Estação de Perequê/Angra dos Reis (1996-2018). .	130
<b>Figura 49</b> - CI Anual - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018.....	132
<b>Figura 50</b> - PCI Anual e médio por Estação de Angra dos Reis (1996-2018). ....	135
<b>Figura 51</b> - PCI sazonal e sua evolução temporal para as estações em estudo. ....	138
<b>Figura 52</b> - A - Total de ocorrências de deslizamentos para toda série histórica distribuídos por mês. B - Total de dias da série histórica com a ocorrência de deslizamentos por mês. Angra dos Reis (1996-2018). Fonte: Defesa Civil Municipal, Acervo: O Globo; MATTOS (2017). ....	141
<b>Figura 53</b> - A - Total de ocorrências de deslizamentos para toda série histórica distribuídos por ano. B - Total de dias da série histórica com a ocorrência de deslizamentos por ano. Angra dos Reis (1996-2018). Fonte: Defesa Civil Municipal, Acervo: O Globo; Mattos (2017). ....	142
<b>Figura 54</b> - Distribuição do total de ocorrência de deslizamentos por meses do ano, com agrupamentos em classes pela formatação condicional.....	143
<b>Figura 55</b> - Distribuição do total de dias de deslizamentos por meses do ano, com agrupamentos em classes pela formatação condicional. ....	143
<b>Figura 56</b> - Mapa de ocorrência de deslizamentos em Angra dos Reis. Pontos extraídos via Google Earth da base de dados da Defesa Civil Municipal e do CPRM. Os círculos de cores distintas destacam a área da localização dos bairros do centro, Areal e Campo Belo (Azul), Camorim e Camorim Pequeno (Verde), Frade (Amarelo), Parque Belém e Nova Angra (Laranja) e Monsuaba (Vermelho). ....	146
<b>Figura 57</b> - Mapa de ocorrência de deslizamentos por bairros; com ênfase nos bairros próximos ao centro de Angra dos Reis. Sendo 1- Morro da Carioca, 2 - Morro do Santo Antônio, 3 – Morro da Caixa D'Água, 4- Morro do Carmo, 5 – Morro do Perez, 6-Morro da Glória I, 7- Morro da Glória II, 8- Morro do Tatu, 9 – Sapinhatuba I, 10 – Marinas, 11- Centro e 12 – Morro do Abel.....	148
<b>Figura 58</b> - Mapa de ocorrência de deslizamentos distribuídas pelas feições geomorfológicas do município de Angra dos Reis. ....	149
<b>Figura 59</b> - Mapa de distribuição dos deslizamentos com tipos de solos.....	153
<b>Figura 60</b> - Avenidas e Rodovias com maior ocorrências de deslizamentos. ....	156
<b>Figura 61</b> - Reportagens sobre deslizamentos em Angra dos Reis na BR-101. A - Reportagem do dia 27/04/2011; B - Reportagem do dia 13/03/1996; C - Reportagem do dia 21/04/2010; D – Reportagem do dia 19/12/2007. Fonte de todas as reportagens: Acervo O Globo. ....	159
<b>Figura 62</b> - Mapa da Precipitação média Anual com localização das ocorrências de deslizamentos em Angra dos Reis/RJ (1996-2018).....	162
<b>Figura 63</b> – Gráficos de A-O representando respectivamente a relação Deslizamentos x Precipitação para acumulado de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25 e 30 dias.....	172
<b>Figura 64</b> – Gráficos de A-I representando os eventos de deslizamentos por classes segundo Castro (2009) - Acumulado de 2-10 dias.....	177
<b>Figura 65</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério A - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018) .....	179

<b>Figura 66</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério B - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). .....	180
<b>Figura 67</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério C - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). .....	182
<b>Figura 68</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério D - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). .....	183
<b>Figura 69</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério T - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). .....	185
<b>Figura 70</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério E - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). .....	187
<b>Figura 71</b> - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério F - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). .....	187
<b>Figura 72</b> - Curva de correlação Deslizamentos x Precipitação pelo método de frequência de classes de precipitação. ....	195

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Percentagem das classes de feições morfológicas dos municípios da região da Costa Verde.	12
<b>Tabela 2:</b> Sistema clima urbano de Monteiro – Segundo Canais de percepção.	39
<b>Tabela 3:</b> Classificação e características dos movimentos de massa, segundo autores. Adaptado de Castro (2006).	46
<b>Tabela 4:</b> Precipitação e outros fatores climáticos associados a cinco categorias de movimentos de massa.	47
<b>Tabela 5 -</b> Correlação dos padrões anuais de pluviometria dos municípios da Costa Verde, segundo metodologia adaptada de Armond (2014).	56
<b>Tabela 6 -</b> Classes de tendência dos anos padrões e respectivas fórmulas utilizadas no estudo. Adaptado de Armond (2014).	57
<b>Tabela 7:</b> Total dos registros atendidos pela Defesa Civil de Angra dos Reis (2007-2018) ordenados por classe de ação. Elaboração Própria.	70
<b>Tabela 8:</b> Critérios de avaliação de precipitação x deslizamentos para até 3 dias acumulados de precipitação.	78
<b>Tabela 9 -</b> Acumulados e médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação – Estação Bracuí – Angra dos Reis - Calculados conforme metodologia descrita. Fonte dos dados: Hidroweb – ANA.	87
<b>Tabela 10 -</b> Acumulados e médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação – Estação Mambucaba – Angra dos Reis - Calculados conforme metodologia descrita.	88
<b>Tabela 11 -</b> Acumulados e médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação – Estação Perequê – Angra dos Reis - Calculados conforme metodologia descrita.	89
<b>Tabela 12 -</b> Correlação dos padrões anuais de pluviometria para o município de Angra dos Reis, segundo metodologia adaptada de Armond (2014).	103
<b>Tabela 13 -</b> Valores de referência para as diferentes tendências de precipitação. Adaptado de Armond (2014).	104
<b>Tabela 14 -</b> Correlação de anos padrões para as estações angrenses via técnica dos percentis adaptada de Armond (2014). Em destaque os dados extremos, conforme a legenda.	106
<b>Tabela 15 -</b> Valores de Referência para a classificação das tendências pluviométricas, via técnica dos percentis. Adaptado de Armond (2014).	107
<b>Tabela 16 -</b> Padrões Mensais de Pluviometria - Via técnica do Desvio Padrão – Bracuí.	108
<b>Tabela 17 -</b> Padrões Mensais de Pluviometria - Via técnica do Desvio Padrão - Mambucaba.	108
<b>Tabela 18 -</b> Padrões Mensais de Pluviometria - Via técnica do Desvio Padrão - Perequê.	109
<b>Tabela 19 –</b> Definição numérica de eventos extremos segundo critérios para diferentes localidades, segundo diversos autores.	111
<b>Tabela 20 -</b> Valores de referência para cada estação de Angra dos Reis por autor.	112
<b>Tabela 21 -</b> Total de Eventos extremos em Angra dos Reis (RJ) por estações segundo critérios por autor.	113
<b>Tabela 22 -</b> Precipitação máxima em 24h segundo os meses e anos – Bracuí.	119
<b>Tabela 23 -</b> Precipitação máxima em 24h segundo os meses e anos – Mambucaba.	120
<b>Tabela 24 -</b> Precipitação máxima em 24h segundo os meses e anos – Perequê.	121
<b>Tabela 25 -</b> Participação (%) dos máximos em 24h na precipitação acumulada mensal e média – Bracuí.	122
<b>Tabela 26 -</b> Participação (%) dos máximos em 24h na precipitação acumulada mensal e média – Mambucaba.	123

<b>Tabela 27</b> - Participação (%) dos máximos em 24h na precipitação acumulada mensal e média – Perequê.....	124
<b>Tabela 28</b> - Distribuição de frequências em 1 mm de classes. Frequências acumuladas X versus porcentagens correspondentes da precipitação total Y - Estação Mambucaba/Angra dos Reis (1996-2018). Adaptado da metodologia de Martin-Vide (2004).....	125
<b>Tabela 29</b> - Valores das constantes a e b calculadas com base na equação 2, valores de CI para as estações utilizadas no estudo. E porcentagem do total da precipitação referente aos 25% dos dias mais chuvosos. Segundo metodologia de Martin-Vide (2004).....	131
<b>Tabela 30</b> - <i>Concentration Index</i> Anual Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018. ....	131
<b>Tabela 31</b> - PCI Anual e médio com escala de cores indicando a concentração segundo legenda. Adaptado de: Michels <i>et al.</i> (2002).....	134
<b>Tabela 32</b> - Participação média mensal e sazonal da precipitação para as estações meteorológicas de Bracuí, Mambucaba e Perequê - Angra dos Reis (RJ).....	136
<b>Tabela 33</b> - Ocorrências ambientais atendidas pela Defesa Civil de Angra dos Reis (2007-2018)..	139
<b>Tabela 34</b> – Ruas de Angra dos Reis com mais de 15 ocorrências de deslizamentos e quantidade de ruas com menos de 14 ocorrências .....	155
<b>Tabela 35</b> - Valores percentil 90 para acumulado de até 7 dias de cada estação e média municipal (Critério D).....	165
<b>Tabela 36</b> - Relação entre os Anos-Padrões calculado por diferentes abordagens e ocorrências totais e por datas de deslizamentos em cada padrão para todas as estações. ....	190
<b>Tabela 37</b> - Relação entre os Anos-Padrões calculado por diferentes abordagens e ocorrências totais e por datas de deslizamentos em cada padrão - Estação Bracuí.....	191
<b>Tabela 38</b> - Relação meses padrões x deslizamentos para dados pluviométricos da estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018). ....	192
<b>Tabela 39</b> - <i>Concentration Index</i> (CI) e correlação com deslizamentos.....	193
<b>Tabela 40</b> - <i>Concentration Index</i> (CI) para a estação Bracuí e ocorrência de deslizamentos.....	193
<b>Tabela 41</b> - Sistemas atmosféricos atuantes na ocorrência de deslizamentos em Angra dos Reis (1996-2018). ....	196

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

- ANA** – Agência Nacional de Águas
- CEMADEN** - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
- CI** – Concentration Index
- CPC** – Coeficiente de precipitação crítica
- CPRM** – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- CPTEC** – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
- CSN** – Companhia Siderúrgica Nacional
- DHN** – Diretoria de Hidrografia e Navegação
- ECMWF** – European Center for Medium Range Forecast
- EIA** – Estudo de Impacto Ambiental
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDP** – Inverso da distância ponderada
- IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change
- JK** – Juscelino Kubitschek
- MDE** – Modelo digital de elevação
- MGMs** – Movimento Gravitacional de Massa
- NCEP** – National Center of Environmental Prediction
- NOAA** - National Oceanic and Atmosphere Administration
- NSR** – Normalized Storm Rainfall
- PCI** – Precipitation Concentration Index
- RIMA** - Relatório de Impacto sobre Meio Ambiente
- RHBIG** – Região Hidrográfica da Baía de Ilha Grande
- TEBIG** – Terminal petrolífero da Baía de Ilha Grande
- TRMM** – Tropical Rainfall Measuring Mission
- UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UNESP** – Universidade Estadual Paulista
- ZCAS** – Zona de Convergência do Atlântico Sul
- ZCOU** – Zona de Convergência de Umidade
- Z**- Zulu



## Sumário

Agradecimentos.....	iii
RESUMO .....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	xiv
1 – Introdução .....	1
1.1 - Objetivos .....	2
1.2. Questões .....	3
1.3. Justificativas.....	3
2. Área de estudo.....	7
3. Embasamento teórico-conceitual .....	20
3.1 Condições meteorológicas extremas: como defini-las? .....	22
3.1.1 Clima, Geografia e Recurso: um primeiro passo para compreensão dos eventos extremos e seus impactos .....	22
3.1.2 Da geografia a climatologia geográfica no contexto dos eventos extremos.....	27
3.1.3 Eventos extremos e sua definição .....	31
3.2. O mecanismo propulsor de movimentos gravitacionais de massa em áreas dos trópicos úmidos .....	40
4. Procedimentos metodológicos.....	49
4.1 Caracterização dos eventos pluviométricos extremos para o município de Angra dos Reis.....	49
4.1.1 Coleta de dados .....	49
4.1.2 Tratamento dos dados.....	50
4.1.3 Espacialidade da Precipitação .....	52
4.1.4 Identificação dos anos padrões.....	54
4.1.5 Analisar a ocorrência de eventos extremos junto às condições sinóticas atuantes.....	57
4.1.6 Investigação de quais seriam os valores de eventos extremos .....	59
4.1.7 Parâmetros importantes na mensuração e qualificação da precipitação.....	61
4.2 Investigação dos eventos extremos associados à deflagração de processos geomorfológicos....	68
4.2.1 Espacialização dos dados de MGMs.....	71
4.2.3 – Os impactos dos deslizamentos na circulação.....	72

4.3 Investigação dos limiares de chuvas para a ocorrência de eventos de movimentos gravitacionais de massa .....	74
4.4 – Síntese dos procedimentos metodológicos:.....	82
5. Resultados e discussões.....	84
5.1 - Caracterização dos eventos extremos de precipitação e a situação meteorológica – uma análise das suas chuvas .....	84
5.1.1 - No tempo.....	84
5.1.1 - No Espaço .....	94
5.1.2 – Análise Rítmica da Precipitação Angrense .....	102
5.1.3 – De seus extremos.....	110
5.1.4 – De sua ocorrência, concentração e contribuição .....	115
5.1.4.1 – Número de dias de chuva .....	115
5.1.4.2 – Precipitação Máxima em 24h .....	118
5.1.4.3 – <i>Concentration Index (CI)</i> e <i>Precipitation Concentration Index (PCI)</i> .....	124
5.2 – Investigação dos processos de MGMs – Buscando uma compreensão espaço-temporal dos deslizamentos em Angra dos Reis.....	139
5.2.1 – Análise temporal .....	140
5.2.2 – Análise Espacial .....	145
5.2.3 – Impactos na circulação .....	153
5.3 – Busca por Limiares – Uma correlação entre precipitação e deslizamentos .....	160
5.3.1 – Da busca por uma compreensão espacial – Espacialidade da precipitação e dos deslizamentos .....	160
5.3.2 – Sua relação “absoluta”, quais os limiares fundamentais? .....	164
5.3.3 – Da concentração da precipitação e sua tendência como possível parâmetro de correspondência?.....	189
5.3.4 – Da conexão meteorológica .....	195
6. Discussões finais e conclusões .....	199
7. Referências bibliográficas .....	204

## 1 – Introdução

“O clima talvez seja o mais importante componente do ambiente natural” (AYOADE, 2013, p. 286). Essa afirmação de Ayoade no seu livro *Introdução a Climatologia para os Trópicos* nos dá a dimensão da importância da climatologia nos estudos ambientais, tanto para a geomorfologia, pedologia e biogeografia. O clima afeta, inclusive, o homem suprindo-lhe de ar, água e calor essenciais à vida. As condições do tempo e do clima afetam diretamente o modo de vida de diversas sociedades, tanto de forma positiva como negativa. Positivamente ele contribui para o desenvolvimento de atividades agrícolas, industriais, turísticas, entre tantas outras; porém, em condições extremas, ele pode afetar a sociedade, principalmente, no que diz respeito a perdas sociais, econômicas, materiais e principalmente humanas.

Neste contexto, a região Sudeste do Brasil por possuir uma complexidade geológico-geomorfológica relevante, ser turisticamente atrativa e por se destacar como uma região político-econômica importante tem inúmeros estudos referentes a seus aspectos físico-ambientais e geográficos. No entanto, carece de estudos mais refinados que permitam à compreensão da dinâmica climática e, por conseguinte, da compreensão dos mecanismos de desencadeamento de processos geomorfológicos, bem como medidas de preditivas, de forma que sejam mais adequadas à gestão ambiental em diversos aspectos: seja para avaliação de riscos, preservação ambiental e planejamento urbano-ambiental.

Nos últimos anos, uma das áreas que mais vem sofrendo com estes processos no estado do Rio de Janeiro é seu litoral sul, também, conhecida como ‘Costa Verde’, que se caracteriza por possuir um grande potencial econômico e turístico. A gravidade dos eventos ocorridos nesta área está associada a própria conformação geológico-geomorfológica, com terrenos escarpados, em associação à ocorrência de elevados índices pluviométricos, decorrentes das interações entre os eventos meteorológicos, como frentes frias e linhas de instabilidade.

Angra dos Reis, por ser o município de maior relevância econômica e populacional na porção do litoral sul do estado do Rio de Janeiro (200.407 pessoas, população estimada pelo IBGE, 2018), bem como por ser um dos municípios que mais sofreu com os impactos de chuvas extremas e grandes episódios de movimento de massa em anos recentes, foi escolhido como recorte espacial para esta pesquisa.

A conformação do relevo local marcada pelo contato abrupto das planícies flúvio-marinhas com a base de serras escarpadas como coloca Silva *et al.* (2012), somado aos altos índices pluviométricos, se relacionam de forma direta a distribuição das chuvas como apontam Soares (2006) e Mattos e Silva (2016). Além disso, a ocupação urbana está condicionada

diretamente pelo relevo de planícies flúvio-marinhas estreitas e encostas íngremes, atentando, desta forma, para necessidade de estudos que levem em conta a tríade: ocupação urbana, geomorfologia e clima.

Guerra (2008 e 2011) e Mitchell (1995), dentre tantos outros autores, apontam para o importante papel desempenhado pelas atividades humanas sobre as encostas e os impactos sobre os movimentos gravitacionais de massa localmente.

## **1.1 - Objetivos**

Tendo como base a discussão feita previamente, os objetivos do presente trabalho buscam investigar a relação entre os eventos extremos climáticos associados aos eventos geomorfológicos, de modo a contribuir para a compreensão mais aprofundada da ligação entre esses fenômenos e visando um planejamento integrado entre o ambiental e o urbano. Esta pesquisa tem como base a análise dos episódios pluviométricos extremos e a busca de limiares críticos para a deflagração de eventos geomorfológicos no município de Angra dos Reis. A meta da pesquisa é buscar reunir elementos de modo que seja possível prever ou, no mínimo, precaver de maiores perdas quando da ocorrência dos mesmos.

Sendo assim, o objetivo principal da presente pesquisa é analisar os eventos pluviométricos extremos, procurando-se conhecer e, se possível, estabelecer limiares críticos de chuvas na deflagração de eventos geomorfológicos, de modo a contribuir para um planejamento urbano-ambiental do município.

Tem-se, ainda, como objetivos específicos:

- Caracterizar os eventos pluviométricos extremos para o município de Angra dos Reis. A partir das noções de gênese, dinâmica e ritmo.
- Investigar os eventos extremos que estão associados à deflagração de processos geomorfológicos.
- Investigar a ocorrência de processos geomorfológicos procurando compreender sua ocorrência e espacialidade.
- Correlacionar parâmetros pluviométricos como a espacialidade, tendência, extremos, concentração que possam ajudar a elucidar a ocorrência de eventos de movimentos gravitacionais de massa.
- Procurar avaliar os impactos negativos dos extremos pluviométricos ao buscá-los associar com os impactos na circulação urbana.

## 1.2. Questões

Uma vez tendo como premissa uma relação sistêmica de interação clima-geomorfologia, e entendendo o clima como algo de elevada interação com o homem, e por consequência a sociedade, é possível elencar questões norteadoras:

- Há limiares de chuva crítica para a deflagração de eventos geomorfológicos?
- Há correlações entre a espacialidade da precipitação com os locais mais afetados por deslizamentos da área em estudo?
- É possível pensar num planejamento para o manejo e prevenção de desastres naturais no município de Angra dos Reis?
- É possível através de uma compreensão geográfica do clima compreender a relação eventos extremos – Movimentos de massa?
- Existem características latentes ao município que apontem para riscos e vulnerabilidades ligadas a relação clima e geomorfologia?

## 1.3. Justificativas

A partir dos dados já pontuados observa-se que a área de estudo é palco favorável à ocorrência de eventos naturais de pluviosidade, que são o *input* na geração de perdas econômicas, sociais e humanas locais significativas. Logo, se buscarmos compreender a espacialidade da distribuição da pluviosidade em uma dada área, bem como a associação da pluviosidade extrema com geração de processos geomorfológicos, podemos subsidiar uma adequação de uso do solo e de políticas públicas, como bem aponta Costa *et al.* (2012):

“... inúmeros são os interesses da sociedade e da engenharia nos recursos hídricos... pois ocorre uma ligação entre fenômenos climáticos, escoamento superficial e projetos agrícolas e urbanos, onde o desafio não é simplesmente quantificar e qualificar o evento hidrológico, mas principalmente verificar a capacidade de prever a ocorrência de eventos extremos e suas consequências de forma mais fiel possível” (COSTA *et al.*, 2012, p. 88).

Logo compreender os eventos extremos, sua gênese, ocorrência e espacialidade associada a dados de movimentos gravitacionais de massa se tornam relevantes. A figura 1 mostra a ocorrência de deslizamentos de terra ocorridos no município de Angra dos Reis em Janeiro de 2010, como decorrência de eventos pluviométricos de elevada intensidade na área. Tais processos geomorfológicos acarretam graves consequências em muitas cidades, desde problemas ligados ao bloqueio de vias de circulação, dificuldades de abastecimento, perdas materiais e até perdas humanas.



**Figura 1:** Exemplo de Movimento Gravitacional de Massa (MGM) ocorrido na Estrada do Contorno (Angra dos Reis, RJ), Foto: E. POCIDONIO (Janeiro/2010).

Mattos (2017) fez um levantamento a cerca dos locais mais afetados por esses eventos geomorfológicos que sucedem a precipitação extrema na área da denominada ‘Costa Verde’ do Rio de Janeiro. Uma das informações desse levantamento diz respeito ao impacto que esses eventos tem sobre a rodovia BR-101, ocasionando em diversos momentos o fechamento de trechos da rodovia. Essa rodovia margeia todo o município de Angra dos Reis, sendo a principal via de acesso e de circulação, que somada a localização do complexo das usinas nucleares de Angra dos Reis, torna relevante o estudo das chuvas extremas no município, uma vez que impactos nessa rodovia podem influenciar tanto o trânsito local, como comprometer a principal via de evacuação em eventual caso de acidente na usina (Eletronuclear, 2002). As figuras 2 a 7 mostram exemplos de problemas relacionados a diversos deslizamentos ocorridos em Angra dos Reis ao longo desta rodovia.



**Figura 2:** Queda de blocos ocorrido na madrugada do dia 13 de abril de 2010 interditando a rodovia Rio-Santos (BR-101) nos dois sentidos no município de Angra dos Reis (Foto: Rafael Souza Diniz/VC no G1). Fonte: <http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1568061-8491,00.html>.



**Figura 3:** Trecho da BR-101 destruído após a ocorrência de deslizamentos em 08 de Janeiro de 2010. Fonte: <https://oglobo.globo.com/rio/apos-deslizamentos-em-angra-coppe-constata-situacao-critica-da-rio-santos-3071601>.



**Figura 4:** Deslizamento na estrada Angra-Getulândia em 01 de Janeiro de 2010 (Foto: Lucas Brasil/VC no G1). Fonte: <http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1431906-8491,00.html>.



**Figura 5:** Estrada do Contorno interditada em Angra dos Reis devido a deslizamentos de terra ocorrido em 01 de Janeiro de 2010 (Foto: Danielle Viana Bartholomeu/VC no G1). Fonte: <http://g1.globo.com/VCnoG1/0,,MUL1431906-8491,00.html>.

O GLOBO MENU RIO

## Rio-Santos é fechada, e prefeito de Angra pede desligamento da Usina Nuclear

Por PAULO ROBERTO ARAÚJO  
02/01/2010 09:00 / atualizado 01/02/2011 23:52

RIO - O Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes interditou no início da noite deste sábado a Rodovia Rio-Santos (BR-101) na altura do KM 477, em Tapiatuba, próximo ao um dos acessos à Angra dos Reis. Houve uma trinca na pista e a estrada ameaça desabar. Por isso, o prefeito de Angra dos Reis, Tuca de Jordão, solicitou à EletroNuclear o desligamento da Usina Nuclear de Angra dos Reis com base nos Planos de Emergência Nuclear.

**Figura 6:** Relação da interdição da Rio-Santos (BR-101) devido a inúmeros movimentos de massa e a Usina Nuclear de Angra dos Reis. Fonte: Jornal O Globo. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/rio-santos-fechada-prefeito-de-angra-pede-desligamento-da-usina-nuclear-3074828>.



**Figura 7** Deslizamento de terra na enseada de Bananal, Ilha Grande (Angra dos Reis) ocorrido na virada do ano de 2009/2010; em detalhe a foto de como era a Pousada Sankai antes do evento. Fonte: <http://veja.abril.com.br/130110/tragico-absurdo-previsivel-p-054.shtml>.



## 2. Área de estudo

Considerada como uma das áreas que mais sofrem com as complicações das chuvas extremas e eventos erosivos o litoral sul, conhecido como Costa Verde, se caracteriza por possuir um grande potencial econômico e turístico. E o município de Angra do Reis, localizado neste setor da costa do Rio de Janeiro, desponta como área de grande interesse para a necessidade de implementação de políticas públicas que visem melhorar a qualidade de vida da população local.

Angra dos Reis localiza-se ao sul fluminense e corresponde ao município descoberto por Gonçalo Coelho em 1502 no dia de Reis (06 de Janeiro) e, por isso, recebeu este nome devido “a enorme angra pontilhada de ilhas paradisíacas, montanhas, rios e florestas, além de um mar profundamente azul” (IBGE, disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/angra-dos-reis/historico>). O município foi alçado a categoria de Freguesia de Ilha Grande em 1593 e de Vila de Ilha Grande em 1608. Sendo um dos locais mais bonitos da costa fluminense, onde a presença do relevo muito próximo ao oceano, a sua exuberante vegetação, a presença de inúmeras ilhas (350 segundo Pocidonio (2011)), e um litoral abrigado do mar aberto, propício à fortificação, defesa e um ancoradouro seguro para as embarcações colocou Angra em posição importante no cenário colonial, conforme destaca Guimarães (1997).

As características acima mencionadas, e que serão melhor exploradas nas próximas linhas, contribuíram para o desenvolvimento econômico do município e que perpassa por quase “todos os grandes ciclos econômicos do Brasil, exceto o da borracha” (GUIMARÃES, 1997, p. 27). Essa vocação natural favoreceu o desenvolvimento de inúmeras atividades econômicas, mas também acabou por impactar na forma de ocupação e uso do solo. Gonçalo Guimarães no seu livro “Uma cidade para todos: O plano diretor do município de Angra dos Reis” conta brevemente os ciclos econômicos por qual Angra dos Reis passou até seu esvaziamento no fim do século XIX, e seu novo crescimento na época das grandes obras de infraestrutura iniciadas no governo JK e que continuou durante o período da ditadura. E, tendo como plano de fundo os conflitos sociais, as disputas políticas entre as elites e a população marginalizada, tendo, por fim, a participação popular no plano diretor no início da década de 90.

Um dos primeiros ciclos econômicos no qual Angra se insere refere-se ao ciclo do ouro (GUIMARÃES, 1997), onde os municípios ao lado de sua vizinha Parati possuíam uma função portuária importante para a escoação do ouro produzido nas Minas Gerais. O porto de Angra segundo o autor foi o segundo em importância no Brasil meridional até 1864. Nesse ciclo e nos

demais a função portuária se destacava em função de ser um porto abrigado num “litoral-baía pontilhado por ilhas”(GUIMARÃES, 1997, p. 27).

O segundo grande ciclo econômico e ainda de maior destaque para a economia e população local foi o ciclo da cana-de-açúcar, durante os séculos XVIII e XIX, destacando-se não só na produção e exportação de cana, como também de seu derivado: a cachaça. O apogeu se deu em meados do século XIX, com as lavouras de cana e café utilizando mão de obra escrava. O terceiro ciclo refere-se ao café, nesse período as lavouras de cana foram sendo pouco a pouco substituídas pelas plantações de café, produto que ganhava cada vez mais importância no cenário econômico nacional. É nessa época a antiga Vila dos Santos Reis Magos de Ilha Grande foi alçada a categoria de cidade com o nome de Angra dos Reis. Durante esse período, atesta Pocidonio (2011) que fazendeiros e comerciantes começavam a vir cada vez mais para a área levando a um dinamismo populacional e econômico. A produção angrense nessa época era em torno de 5 a 10% de todo o café produzido no Rio de Janeiro (GUIMARÃES, 1997).

O boom cafeeiro no país, em especial no vale do Paraíba e no estado de SP, levou a necessidade da construção durante o período imperial da ferrovia Pedro II (1877) para o escoamento de café das áreas produtoras até o porto do Rio de Janeiro de forma mais rápida e em grande quantidade. E essa ferrovia por não possuir um ramal com os municípios de Parati e Angra levou a um declínio econômico e perda de importância do porto angrense. Somado a isso, tanto Pocidonio (2011) como Guimarães (1997) destacam que a abolição da escravatura e a obstrução de rios, resultando em surtos de malária, levaram a um esvaziamento da área e em consequência do declínio da economia “a aristocracia abandona seus casarões no centro da cidade, os armazéns perdem mercado e ocorre o êxodo de grande parte da população”. (GUIMARÃES, 1997, p. 33).

Os anos que se sucederam foram marcados por novas matrizes econômicas para o município, mas que não tomaram a mesma proporção em termos de importância nacional como nos anos anteriores, pelo menos até a década de 50. Na década de 1920, conforme ressalta Gonçalo Guimarães, a cultura da banana passa a ganhar destaque na agricultura local e a produção ocupava antigas fazendas de café e era realizada por ex-escravos e colonos remanescentes, sendo a ocupação, do ponto de vista fundiário, considerada como irregular. Outra atividade que passou a ter mais destaque no cenário econômico foi a pesca, tradicionalmente realizada pelos caiçaras. E sua industrialização começou a ser feita nos anos 40, tendo seu auge e declínio, respectivamente 20 e 30 anos depois.

A virada econômica, conforme o autor destaca, começa a partir dos anos 30, mas, sobretudo na década de 40. Os principais pontos que favoreceram essa virada foram a reconstrução do porto, a conclusão do ramal férreo que possibilitou o escoamento da produção agrícola de Minas Gerais, a construção da CSN – Companhia Siderúrgica Nacional – somada a ligação feita com Barra Mansa possibilitou o escoamento de parte da produção pelo porto de Angra dos Reis. Esse novo dinamismo possibilitou a retomada do crescimento e começou a surgir novos loteamentos. Porém é na década de 50, com a aplicação do modelo desenvolvimentista e industrial do governo Kubitscheck, com enfoque no capital transnacional, que ocorre a grande virada e Angra volta ao cenário econômico nacional, e com isso, novas transformações no espaço angrense começam a ocorrer mais intensamente. Nesse novo cenário, quatro grandes obras terão destaque:

- A construção do estaleiro Verolme.
- Usina Nuclear de Angra I.
- Terminal petrolífero da Baía de Ilha Grande – TEBIG.
- A construção da BR-101.

O estaleiro Verolme, construído no distrito de Jacuecanga, foi construído visando o desenvolvimento da indústria naval, o local de construção foi escolhido pela ligação férrea entre o município e a CSN, onde seria produzido as chapas metálicas dos navios. Para tal construção, Guimarães (1997) afirma que mais 4,5 km<sup>2</sup> de área foram desapropriadas pelo governo federal para a construção do estaleiro. Isso refletiu-se numa diminuição de quase 20 mil hectares da área antes destinada a agropecuária em 20 anos, marca-se assim um novo uso e ocupação do solo angrense. Essa obra levou ao emprego de mais de 6000 trabalhadores servindo para dinamizar novamente a economia e o comércio, durante esse período foi possível, conforme ressalta o autor “compatibilizar as atividades econômicas tradicionais – pesca, agricultura e comércio – com a indústria moderna que surgia” (p. 36). Porém nas décadas seguintes tal cenário muda.

Com a ditadura militar um novo projeto econômico é traçado e Angra dos Reis passa a ser Área de segurança nacional por um decreto em julho de 1969, a partir desse momento o chefe do executivo passa a ser indicado pelos militares. Somado a isso o novo modelo econômico adotado pelo período ditatorial, onde há um grande enfoque na construção de grandes obras de infraestrutura e um enfoque em bens intermediários como a petroquímica, conforme aponta Guimarães, Angra dos Reis é escolhida para a implementação das três grandes obras já citadas.

A construção da usina nuclear para além dos claros riscos associados a obras desse tipo empreendimento causaram grandes mudanças no cenário populacional. Segundo Guimarães, na época da construção do estaleiro Verolme a população era de cerca de 29.000 habitantes, no período da construção e início da operação a população já alcançava os 40.000. O mercado imobiliário também foi afetado trabalhadores especializados nesse setor ocupavam 600 casas e 200 vagas de hotéis, futuramente assentados na vila residencial em Praia Brava, a mão de obra não especializada contratada para a obra buscaram locais para sua habitação dando início a ocupações em áreas impróprias, com o término da obra muitos desses trabalhadores continuaram no município, levando ao crescimento dos bairros do Frade e Japuíba. Somado a esse grande contingente a falta de investimentos em infra-estrutura e o baixo nível de renda desses trabalhadores acabou aumentando o número de construções precárias e iniciando à ocupação desordenada do solo.

Durante a construção do terminal petrolífero (TEBIG) os trabalhadores qualificados ganharam assentamento numa vila residencial própria da Petrobrás, porém foi um investimento que não trouxe grandes melhorias para a maioria da população angrense e causou menos impactos sociais que a usina, apesar dos ambientais serem maiores.

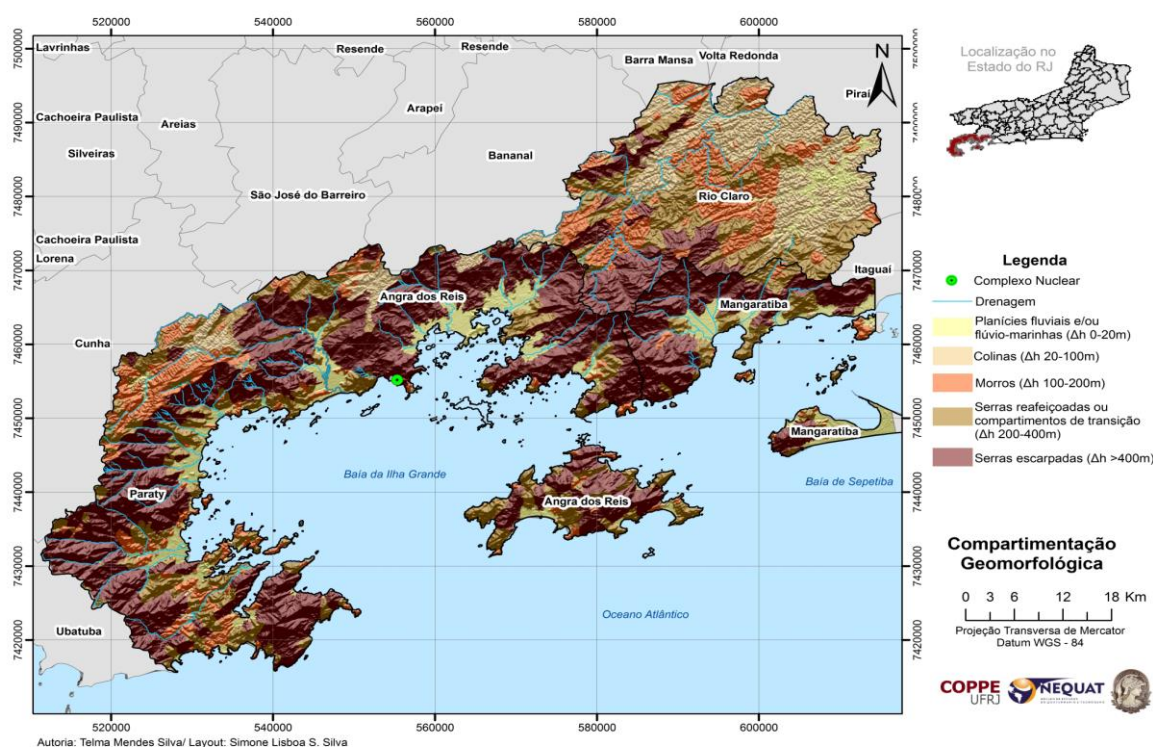
Mas a grande obra que causou o maior impacto fundiário e de modificações espaciais, ambientais e sociais foi sem dúvida a construção da BR 101, que corta todo o município. Essa obra conforme atesta Guimarães (1997), foi feita de modo a viabilizar o projeto turístico Classe A – visando a construção de hotéis de luxo e grandes loteamentos para condomínios fechados – nesse trecho do litoral, além de facilitar o acesso a essas novas obras. Visando essa nova etapa de crescimento turístico o governo militar decretou o município como “área prioritária para fins de reforma agrária” (p. 40), mas como atesta o autor essa reforma não foi direcionada aos já ocupantes da terra, antes abandonada após o esvaziamento no fim do século XIX (as antigas fazendas de café que estavam nas mãos do povo negro e sua plantação de banana), mas sim voltada ao capital imobiliário que visava viabilizar o turismo. “As áreas antes ocupadas pelos posseiros e/ou pescadores cederam espaço para os condomínios fechados e a população, antes moradora dessas áreas, passou a ocupar os morros do centro da cidade e as áreas de mangue, perdendo o acesso à terra e ao mar” (p. 41). A segregação do espaço pelo capital ganhava forma e re-orientava a ocupação da terra, quebrando as formas de subsistência de boa parte da população reduzindo de forma drástica a pesca artesanal e a agricultura. Alguns conflitos ocorreram, mas a concentração de terra foi marcante nesse período: “sete proprietários possuíam 72% das terras” (GUANZIROL, 1983 *apud* GUIMARÃES, 1997). Esse crescimento

voltado ao turismo levou, como ressalta Guimarães (1997), ao adensamento da área central e construção de novas edificações em cotas elevadas, em alguns casos chegando a 200 m, muito superior aos 60 m definidos pelo plano diretor municipal de 1991, segundo Pocidonio (2011). Essa ocupação desordenada e sem infra-estrutura, causa “sérios problemas para a população como um todo, seja pelos constantes desabamentos das habitações na época das chuvas” (Guimarães, 1997, p. 43). Na figura 8 abaixo podemos observar o problema da ocupação na encosta no Morro da Carioca, região central de Angra dos Reis.



**Figura 8:** Ocupação na encosta do Morro da Carioca – Angra dos Reis (RJ). Fonte: Ultimo segundo, disponível em: <https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/rj/ocupacao-desordenada-dos-morros-atrapalha-recuperacao-de-angra-dos-reis/n1237883806729.html>.

Depois da caracterização histórica adentra-se agora na caracterização parte físico-ambiental de Angra dos Reis. Esta possui uma conformação geológico-geomorfológica, com presença de áreas escarpadas em contato abrupto com planícies flúvio-marinhas em pequenos trechos do litoral, conforme mostra a figura 9 e os dados da tabela 1 apontados por Silva *et al.* (2012).



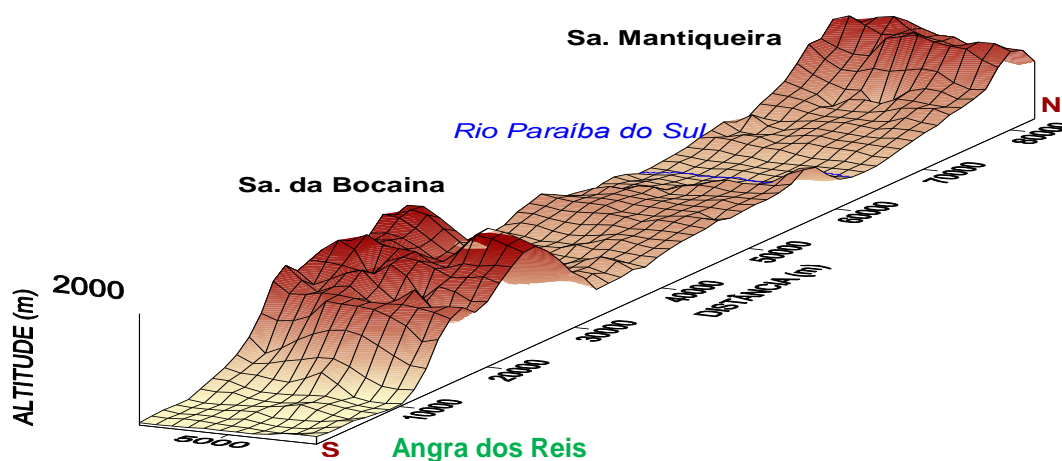
**Figura 9:** Mapa de compartimentação geomorfológica para os municípios situados a sul do estado do Rio de Janeiro realçado a partir do Modelo Digital de Elevação e onde pode se observar o município de Angra dos Reis. Fonte: SILVA *et al.* (2012).

**Tabela 1:** Percentagem das classes de feições morfológicas dos municípios da região da Costa Verde.

Município	Planícies	Colinas	Morros	Serras
Parati	8,29%	3,58%	14,86%	73,26%
<b>Angra dos Reis</b>	<b>7,45%</b>	<b>4,81%</b>	<b>3,56%</b>	<b>84,17%</b>
Mangaratiba	14,54%	0,22%	2,81%	82,43%
Rio Claro	0,00001%	32,77%	24,20%	43,04%

Fonte: SILVA *et al.* (2012).

Esta geomorfologia contrastante observada na tabela 1 somada aos elevados índices pluviométricos, decorrentes das interações entre os eventos meteorológicos e a conformação do relevo, contribui com a gravidade dos eventos geomorfológicos que ocorrem nesta área. Soares (2006, p. 2) já havia atentado para este aspecto, colocando que a “topografia bastante sinuosa, em conjunto com os sistemas meteorológicos que atingem a área, os tipos de solos dominantes e o uso dos mesmos contribuem para ocorrência de riscos de deslizamentos”. A figura 10 corrobora com o que é apresentado na tabela 1, onde o perfil transversal que vai desde a serra da Mantiqueira até o litoral angrense onde podemos observar o contato abrupto entre as feições do relevo.



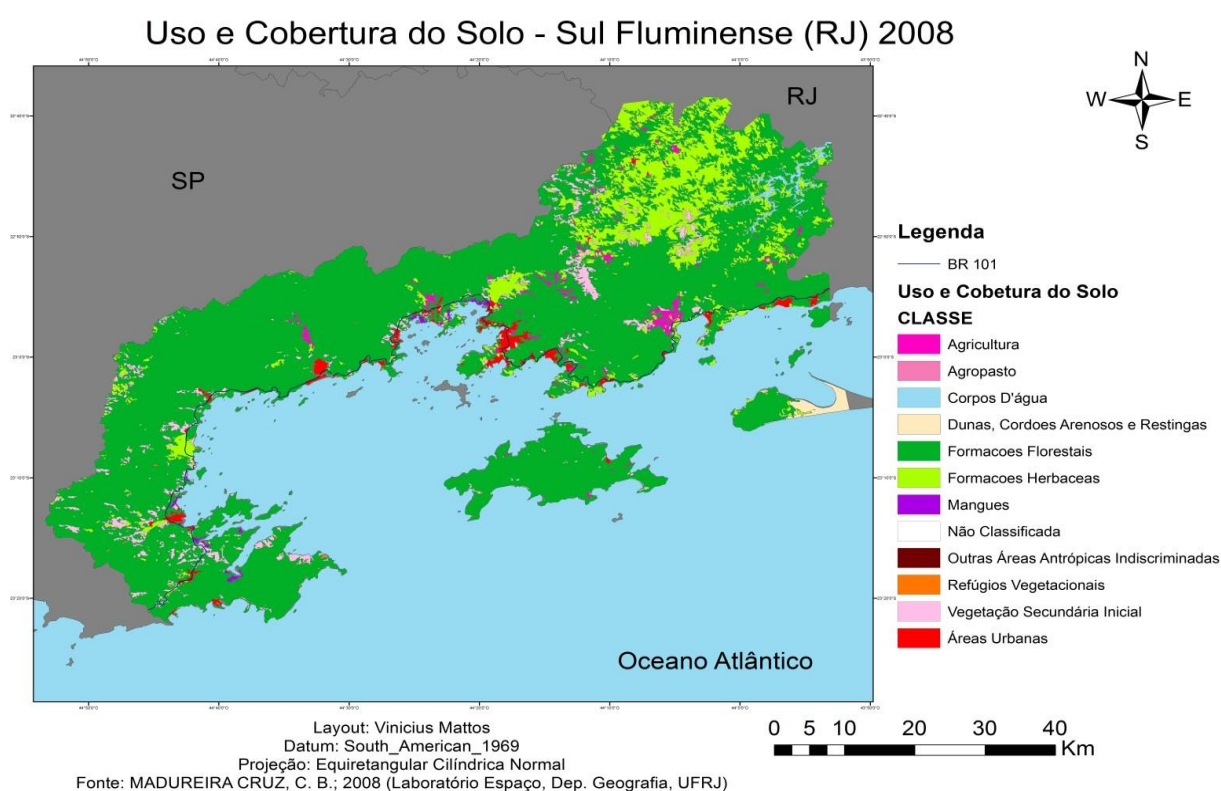
**Figura 10:** Perfil tridimensional transversal ao Planalto e Escarpas da Serra da Mantiqueira, Região da Depressão do médio vale do rio Paraíba do Sul e Região do Planalto e Escarpas da Serra da Bocaina e seu prolongamento a área de planícies dos municípios da Costa Verde. Fonte: SILVA (2002).

O Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011), organizado pelo Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina, na sua versão do estado do Rio de Janeiro, aponta para um elevado número de movimentos gravitacionais de massa, onde os dados registrados em Angra dos Reis o colocam como o terceiro município em número de deslizamentos.

Junior e Zuquette (2007), ao trabalhar em Angra dos Reis a caracterizou em três zonas morfológicas: planícies colúvio-aluvionares, planícies flúvio-marinhas e escarpas, com presença de Mata Atlântica. Já Pocidonio (2011, p. 19) caracterizou a área pela ocorrência de “praias e planícies constituídas de sedimentos quaternários em trechos de um litoral descontínuos e na forma de enseadas estreitas, espremidas entre a escarpa da serra da Bocaina e o oceano e, em muitos pontos, com presença de manguezais, ainda em bom estado de preservação, ao longo dos canais fluviais que desembocam na baía de Angra”. O contato abrupto entre as serras e planícies flúvio-marinhas constitui um importante indício de mecanismo de controle, corroborando “com a forte relação existente entre feição morfológica e o controle de estruturas geológicas” (SILVA *et al.*, 2012, p. 21).

Como já mencionado a vegetação tem presença marcante no município, onde segundo Pocidonio (2011) predominam espécies arbóreas de grande porte (30 m de altura), espécies arbustivas e rasteiras. Alguma das áreas de cobertura vegetal do município é composta pelo plantio de banana nos segmentos de média e baixa encosta. Pocidonio (2011) destaca a importância da vegetação na estabilidade das encostas, processo já exemplificado também por

exemplo em Fernandes e Amaral (1996) e Guerra (2006 e 2011). Para o município de Angra, Pocidonio (2011) destaca que a composição vegetal é um aliado, “mas quando retirada se torna um risco por se tratar de um sustentáculo de areia e argila” (p. 26). Este autor destaca ainda que a mata atlântica está presente em cerca de 90% do território municipal, sendo a maior parte continental e uma pequena parte insular, e é de grande importância do ponto vista ambiental e também turístico, e acrescento aqui ainda uma importância acadêmico-científica. A extensão dessa vegetação (Classe Formações Florestais) pode ser observada na figura 11 referente ao uso e ocupação do solo no sul fluminense.



**Figura 11:** Mapa de Uso e Cobertura do Solo Costa Verde e Rio Claro. Elaboração e Layout e próprios. Fonte de dados: Disponibilizados por C. B. M. Cruz (Coordenadora Laboratório Espaço, Depto. Geografia, UFRJ) a professora T.M Silva (Coordenadora do Laboratório Nequat);

Esta área apresenta 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, que se por um lado atenua efeitos erosivos sobre os solos por outro contribui significativamente para as elevadas taxas de umidade localmente se relacionando com o relevo. Na figura 12, pode-se observar uma fotografia panorâmica do Mirante do Camorim (Angra dos Reis), onde fica evidente a grande nebulosidade característica, e que está associada à conformação local do relevo. O clima local, segundo Soares (2006), é

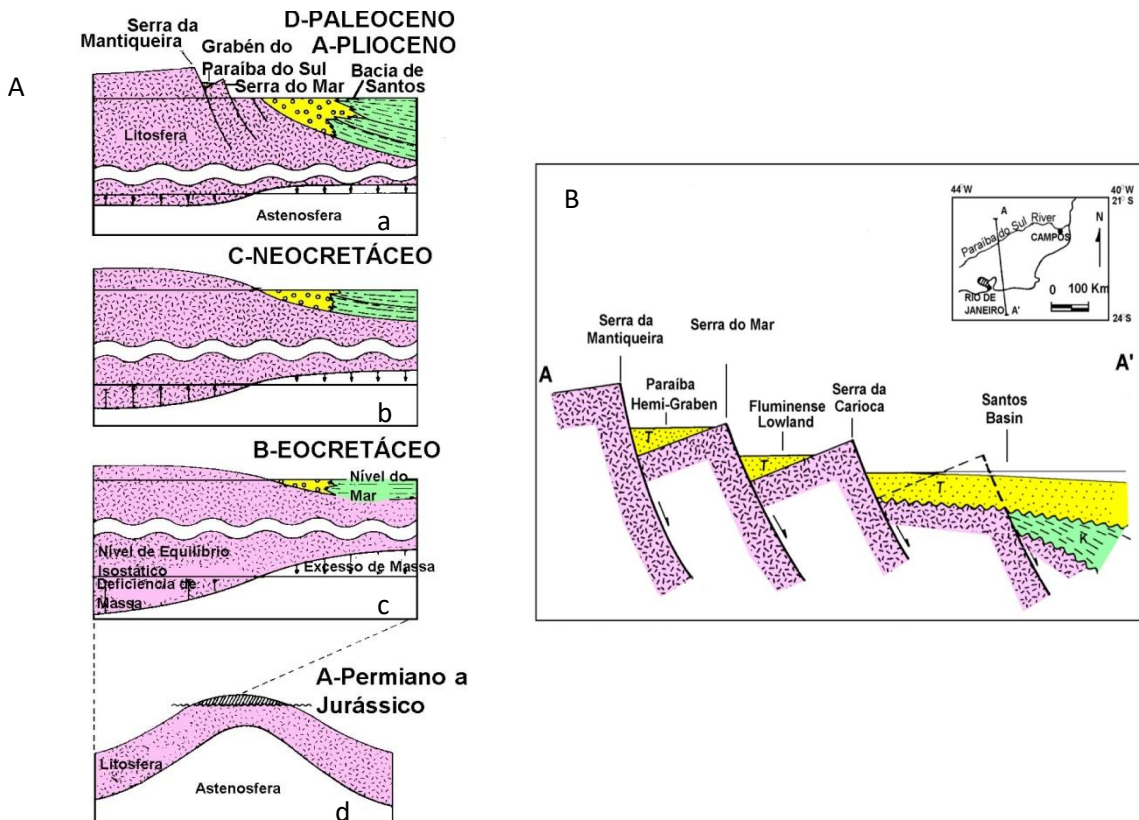


distinguido como clima Af da classificação climática de Köppen, no qual é caracterizado como quente e úmido sem estação seca, com precipitação mensal  $\geq 60$  mm nos meses mais secos, indo desde Mangaratiba até o litoral de São Paulo.



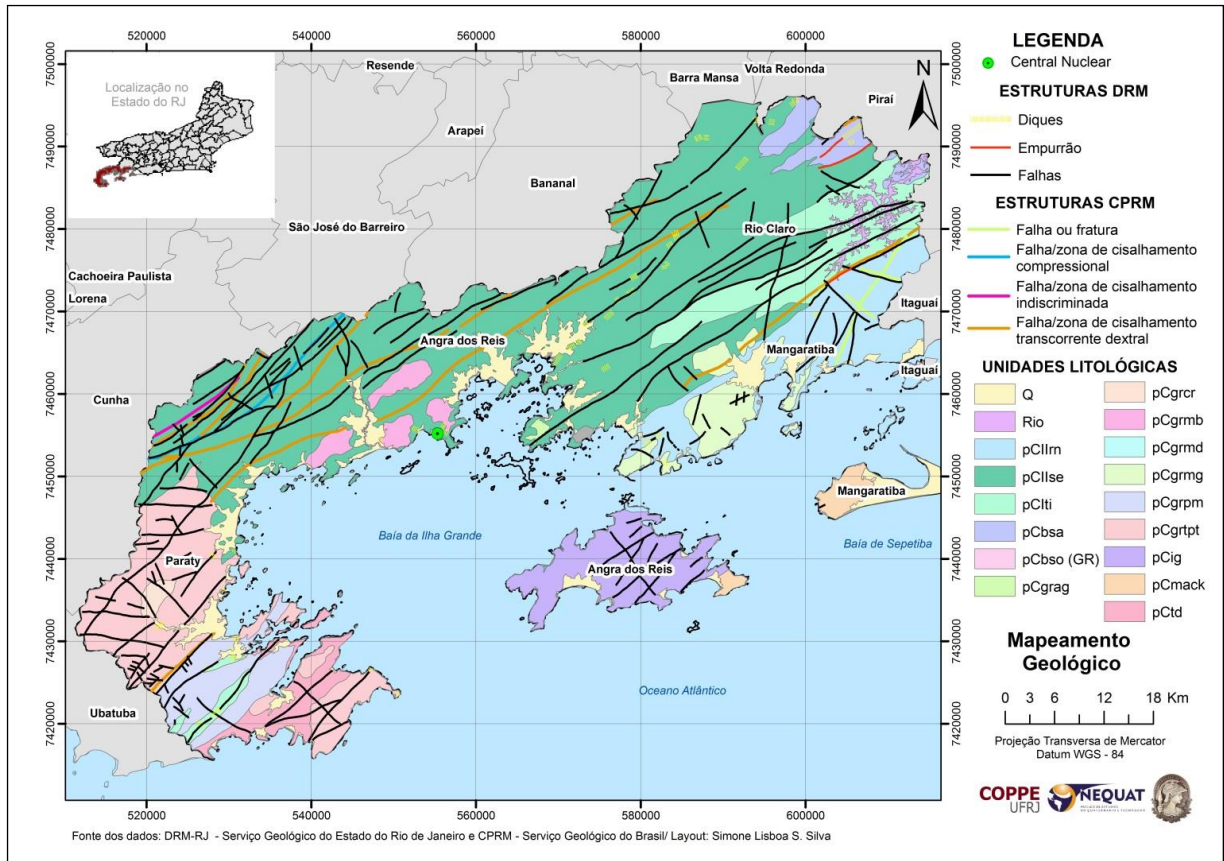
**Figura 12:** Visão Panorâmica do Mirante do Camorim – Angra dos Ries, RJ. Onde observa-se o contato entre as serras e o oceano e também a nebulosidade predominante. Foto: V.C. Mattos (Abril/2014).

A caracterização da evolução geológico-geomorfológica desta área, segundo Silva *et al.* (2012), está associada a controles de estruturas geológicas que direcionaram a topografia, com uma história evolutiva associada a formação dos riftes da Serra do Mar e descrito como um modelo de compensação isostática entre a área continental e oceânica. Este modelo teria o primeiro estágio, segundo Asmus e Ferrari (1978) *apud* Silva *et al.* (2012), desencadeado a partir do permiano com um soerguimento crustal com expressão máxima no Jurássico (Figura 13Aa). Um segundo estágio (Figura 13Ab) seria uma ruptura crustal ocasionando desequilíbrio isostático por excesso de massa no Eocretáceo. O terceiro estágio desenvolvido no Neocretáceo (Figura 13Ac) ocorreram movimentos verticais opostos, descendentes na bacia de Santos e ascendentes na área continental, em resposta ao desequilíbrio isostático. Por fim, entre o Paleoceno e o Plioceno (Figura 13Ad), ocorreu a geração de falhas normais, gerando blocos crustais basculhados e escalonados (ASMUS e FERRARI, 1978 *apud* SILVA *et al.*, 2012) e que vem sendo remodelado por processos exógenos de intemperismo e erosão (Figura 13 B) resultando nas serras e maciços da Mantiqueira, do Mar – que corresponde a serra encontrada no município – e da Carioca e os grabens do Paraíba e da baixada fluminense.



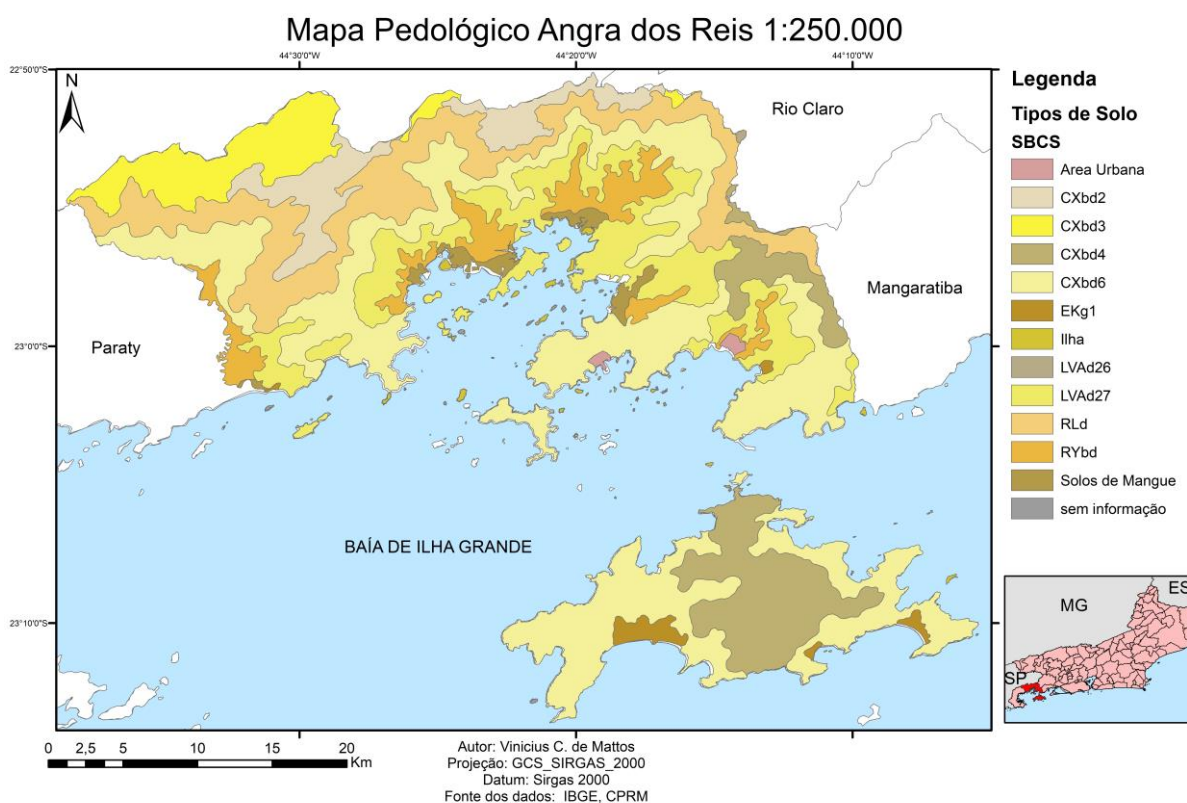
**Figura 13:** **A** - Esquema de seqüência de estágios evolutivos da Bacia de Santos e da área continental adjacente (não está em escala); **B** - Perfil geológico, sem escala, transversal à área afetada pelo tectonismo cenozóico ressaltando o caráter escalonado dos falhamentos e o basculamento dos blocos resultantes. Formaram-se, em consequência, áreas elevadas, já modeladas hoje pela erosão (Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e o Maciço Carioca), e, entre estas, depressões em forma de semi-grábens (gráben do Paraíba; Baixada Fluminense), que acumularam depósitos sedimentares continentais. K indica os sedimentos cretácicos da bacia de Santos e T, os sedimentos terciários. Fonte: Asmus e Ferrari, 1978.

Neste trecho do litoral do estado do Rio de Janeiro a orientação da Serra do Mar se dá no sentido E-W, predominantemente. Tendo em Angra dos Reis a predominância de rochas, segundo Soares (2006), do tipo de gnaisses, migmatitos, granitos pré-cambrianos e sedimentos holocênicos. Na figura 14 é possível observar o mapa geológico da região retirado de Silva *et al.* (2012).



**Figura 14:** Mapa de unidades litológicas e estruturas geológicas mapeadas (Modificado de: Departamento de Recursos Minerais – DRM-RJ, 1983; CPRM, 2000). Fonte: SILVA *et al.* (2012).

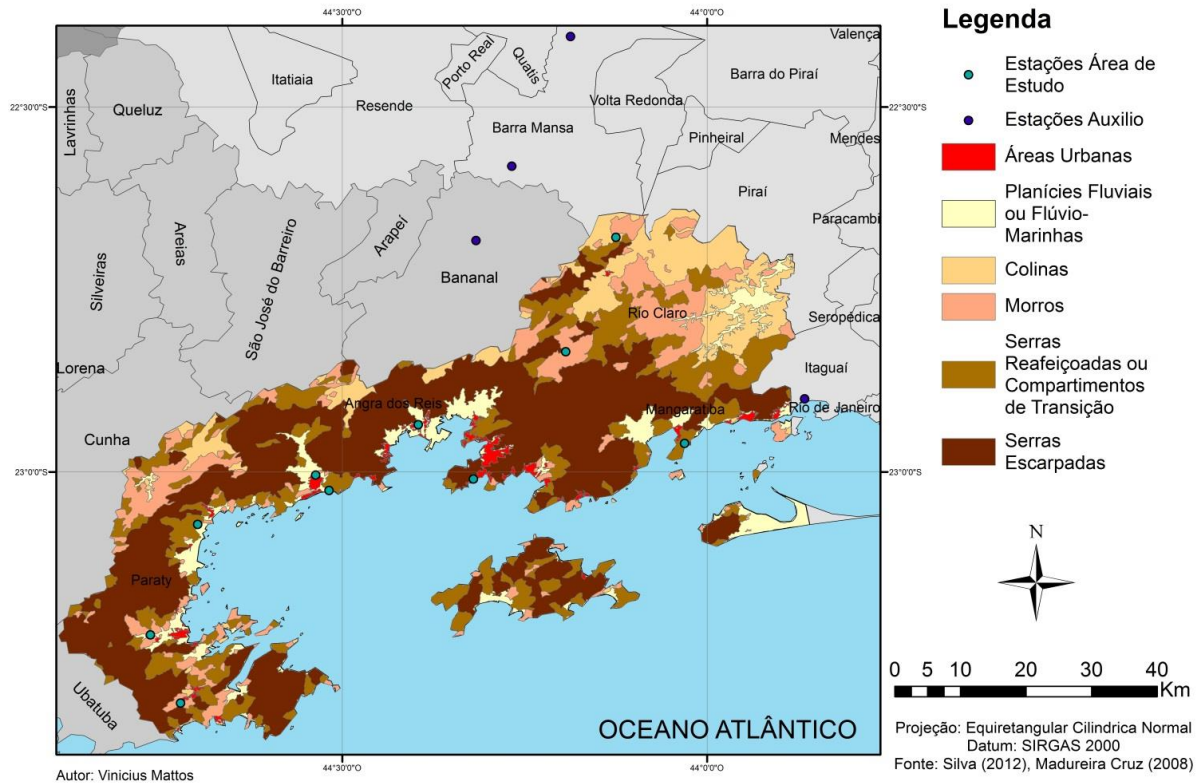
No que concerne a distribuição de solos (Figura 15) há predomínio de neossolos litólicos e flúvicos e de Cambissolos Háplicos Tb Distróficos + Argissolos Vermelho Amarelos Distróficos, tendo ainda nas baixas altitudes a presença de latossolos nas planícies flúvio-marinhas. Os primeiros são solos rasos de formação recente encontrados, com “pouca ou nenhuma evidência de horizontes pedogenéticos” (LEPSCH, 2011, p. 336), sobretudo nas encostas de alta altitude, tendo como seu material de origem a rocha sã, ou seja, seu horizonte A está “assentado diretamente sobre a rocha” (LEPSCH, 2011, p. 318). Os neossolos flúvicos são também solos rasos, porém tendo como base de sua formação matérias sedimentares dos rios, nas planícies de inundação, nesse caso o horizonte A encontra-se “sobre o horizonte C, de origem fluvial” (LEPSCH, 2011, p. 318). Já os cambissolos, segundo Lepsch (2011) são solos pouco profundos com horizonte B incipiente, ocorrendo em relevos acidentados, com quantidades “elevadas de minerais primários facilmente intemperizáveis” (p. 336).



**Figura 15:** Mapa Pedológico 1:250.000 para o município de Angra dos Reis.

Os fatores físicos elencados até aqui, além de serem importantes para constituir a paisagem local, afetaram diretamente a ocupação humana na área. Destaca-se que a maior parte da ocupação urbana está localizada no município de Angra dos Reis, mais precisamente a área do centro e da Vila Mambucaba (Figura 16). A ocupação urbana na área, devido às características geomorfológicas locais, foi orientada para os segmentos de encostas ou nas poucas planícies flúvio-marinhas existentes e, por vezes, muito próximas aos cursos dos rios. A ocupação progressiva das encostas fruto do processo de valorização do capital imobiliário e de uma reforma agrária favorável aos setores mais abastados, fruto da alta especulação imobiliária, afetou e afeta principalmente as pessoas de baixa renda impedindo que estas ocupem locais ambientalmente mais seguros como aponta Coelho (2005), que ficam “confinados a áreas mais suscetíveis às transformações próprias dos processos ecológicos, porém aceleradas pelas ações humanas, não podem enfrentar os custos da moradia em áreas ambientalmente mais seguras” (COELHO, 2005, p. 21), é o que Souza (2013) chama de “injustiça ambiental”, e está associada a taxas de desmatamento e exposição do solo para a construção de residências o que leva a riscos maiores de deslizamentos de terra. Tal fato, acarreta numa dificuldade e numa maior

propensão de perdas sociais em caso de desencadeamento de eventos geomorfológicos como apontaram Mattos e Silva (2016; 2017).



**Figura 16:** Mapa de compartimentação geomorfológica da região da Costa Verde, com destaque para as áreas de ocupação urbana. Fonte: MATTOS e SILVA (2017).

Deste modo, as perdas econômicas e sociais que o município sofreu em eventos recentes, principalmente, o da virada entre os anos de 2009 e 2010, apontam para a necessidade de se prever, de forma mais eficaz, e buscando apontar para limiares de chuvas críticos capazes de deflagrar movimentos de massa e/ou episódios de enchentes que assolaram e assolam o município.

### 3. Embasamento teórico-conceitual

No desenvolvimento da presente pesquisa alguns conceitos foram norteadores e abordaram as concepções sobre precipitação, relação clima e sociedade, impactos gerados por episódios climáticos extremos, além de uma discussão sobre a relação com movimentos gravitacionais de massa.

Um dos primeiros pontos que devemos nos ater é que os índices pluviométricos na área de estudo estão altamente relacionados a sua relação com o relevo, compreendendo assim o efeito orográfico tratado por Milanesi e Galvani (2011, p. 16) como “resultados decorrentes da relação entre a atmosfera e a superfície terrestre” e que as “formas de relevo relacionam-se com as massas de ar controlando os atributos do clima, como a temperatura, pressão, ventos e chuvas”. Barry e Chorley (2003) apontam cinco fatores importantes relacionados ao efeito orográfico que influenciam, por sua vez, nos índices pluviométricos de forma aditiva:

“(1) Força a ascensão do ar [...] produzindo um resfriamento adiabático, condensação e precipitação; (2) desencadeamento de instabilidade condicional ou convectiva bloqueando o fluxo de ar e ascensão a montante; (3) desencadeamento de convecção por aquecimento diurno de ventos vale montanha; (4) precipitação de nuvens de baixo nível sobre as montanhas através de "semeadura" de cristais de gelo ou gotículas para a formação de nuvens; e (5) aumento da precipitação frontal, decorrente do retardamento na circulação dos sistemas ciclônicos e da frentes”<sup>1</sup> (p. 103).

Milanesi (2007) aponta ainda que efeitos do relevo em regiões próximas ao oceano, como é o caso da Costa Verde, torna-se um facilitador do processo do controle orográfico ao disponibilizar umidade em quantidades elevadas. Além disso, destaca que o principal mecanismo que se associa ao controle orográfico são os fluxos de ar, advindo de circulações locais e/ou de convecções.

Esses fatores, somados às características dos fenômenos climáticos, podem propiciar à ocorrência de eventos extremos que pode exceder a capacidade do sistema humano de refleti-los, absorvê-los ou amortecê-los, e são ainda inerentes ao acaso. Um evento extremo pode ser considerado como qualquer evento num sistema geofísico que mostre variância relativamente mais alta do que a média pluviométrica de uma dada área (WHITE, 1974 *apud* GREGORY, 1985; p. 205)”. Marengo (2010) complementa essa ideia ao afirmar que os eventos extremos “são um aspecto integrante da variabilidade climática, e sua frequência e intensidade podem

---

<sup>1</sup> Tradução nossa para: “(1) forced ascent [...] slope, producing adiabatic cooling, condensation and precipitation; (2) triggering of conditional or convective instability by blocking of the airflow and upstream lifting; (3) triggering of convection by diurnal heating of slopes and up-slope winds; (4) precipitation from low-level cloud over the mountains through ‘seeding’ of ice crystals or droplets from an upper-level feeder cloud (Figure 5.14); and (5) increased frontal precipitation by retarding the movement of cyclonic systems and front”.

variar de acordo com a mudança climática” (p. 6). Mattos e Silva (2017) ressaltam a importância do que já fora exposto por Hewit e Burton (1971) *apud* Gregory (1985), em relação que estes eventos podem se somar a outros processos, como no caso de chuvas torrenciais que resultam numa inundação, aumentando assim os prejuízos decorrentes, e esses são denominados ‘eventos extremos múltiplos’ por Hewit e Burton (*op. cit.*). As precipitações em níveis elevados favorecem, como já mencionado, à ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, principalmente quando associados a um solo com elevada umidade antecedente. Desta forma, diante da definição de movimentos de massa por Tominaga (2009 b, p. 27), o mesmo é caracterizado como “...o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente se dá sob a ação direta da gravidade”. Os autores complementam essa definição ao atribuir o papel primordial da água neste processo “... a contribuição de outro meio, como água se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluido dos solos” (TOMINAGA, 2009 b, p. 27), onde para um ambiente tropical torna-se extremamente relevante considerar a participação da água e, por consequência, a chuva nesse processo. Além dos processos de encosta, a chuva pode estar diretamente relacionada a episódios de cheias e de inundações. Estes compreendidos como “transbordamento das águas de um curso d’água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea” (AMARAL e RIBEIRO, 2009, p. 42). Todos estes eventos podem, contudo, vir a acarretar perdas econômicas e sociais significativas, principalmente, em áreas onde a ocupação urbana se dá em trechos inadequados das encostas e/ou próximas a planície de inundação dos rios, como é observado em inúmeros locais no município de Angra dos Reis.

Por fim, atrelado a essa breve discussão no que diz respeito ao sistema clima urbano, torna-se relevante discutir aspectos sociais inerentes à área de estudo, que estarão atreladas ao modo como a cidade e seus cidadãos irão lidar com os impactos dos eventos. Nesse sentido, a discussão de Blaikie *et al.* (1994), Coelho (2005) e Ayoade (2013), traz a tona os impactados e suas vulnerabilidades ganhando significativo destaque neste estudo. A noção de vulnerabilidade precisa ser debatida, e esta é definida por Armond (2014, p. 64) como a “possibilidade – historicamente determinada – da ocorrência de um desastre”. Tal definição, que valoriza esse determinismo histórico, só pode ser entendida por completo quando tomamos a noção de vulnerabilidade socioambiental urbana de Mendonça (2011), que a coloca como aquela na qual está “profundamente atrelada a uma série de questões políticas, econômicas, culturais e tecnológicas que explicitam diferentes condições de fragilidade de grupos de riscos” (MENDONÇA, 2011, p. 114).

### **3.1 Condições meteorológicas extremas: como defini-las?**

Diversos caminhos e análises podem ser feitas ao pensarmos sobre os eventos extremos e em como defini-los conceitualmente e avaliá-los. Acreditamos que antes de nos ater a suas definições e trabalhos já realizados a cerca deste fenômeno, é interessante compreender como esses eventos se inserem numa perspectiva de análise do clima enquanto fenômeno social e geográfico. Não pretende-se neste primeiro momento aprofundar incessantemente neste tópico, procurou-se aqui pontuar e reconhecer sua relevância para a discussão e montagem de uma pequena base teórico-metodológica para sua análise.

#### **3.1.1 Clima, Geografia e Recurso: um primeiro passo para compreensão dos eventos extremos e seus impactos**

Retomemos aqui a afirmação de Ayoade (2013) utilizada no início desse trabalho “O clima talvez seja o mais importante componente do ambiente natural”. A afirmação do referido autor remete em primeira instância claramente a participação do clima enquanto um importante agente geomorfológico, pedológico e biológico, atuando no intemperismo, na evolução da paisagem, no processo de formação, nos mecanismos de erosão e movimentos de massa, na atuação sobre a vazão dos rios, entre muitos outros processos que o clima atuará. Essa compreensão, entretanto, não confere ao clima um status que se sobrepõe aos demais componentes ambientais, pois como o próprio Ayoade, todos estes “não se superpõem uns aos outros, mas continuamente permutam matéria e energia entre si” (p. 1), ou seja, parte-se de uma interpretação do ambiente terrestre como um sistema, como debatido por Hugget (1995) que evidencia a importância da compreensão do ambiente por meio das inter-relações entre diferentes componentes do sistema; ou então, como os geossistemas considerados por Christofolletti (2006, p. 416) como sendo “[...] resultantes da dinâmica interativa dos processos físicos e biológicos, recebendo *inputs* [...]”. Desta forma, para compreendermos o clima de um dado local (e todas suas intempéries e atributos correlatos, desde cada variável a seus impactos) é preciso ter em mente a relação entre os demais componentes do sistema. Remete-se assim a própria noção de ambiente trazida por Aguiar (2016): um sistema integrado por um conjunto de elementos naturais e sociais interdependentes. Logo, a distribuição da temperatura, umidade, precipitação vão estar relacionados e condicionados ao relevo, a vegetação local, a distribuição dos corpos hídricos e ação do homem na modificação da paisagem.



Essa informação nos remete a discussão que Ayoade (2013) nos propõe sobre considerar o clima enquanto **recurso**, ou seja, compreendê-lo como uma forma que pode ser apropriada por parte da sociedade, de modo a utilizá-lo para o planejamento, envolvendo o uso racional de seus efeitos benéficos mas, também, da prevenção, eliminação e minimização de seus efeitos maléficos. Este termo (**clima como recurso**) é usado por outros autores, tais como Monteiro (1991) e Cornetta (2012). Segundo estes autores, o recurso deve ser controlado, compreendido, antes de tomá-los como parte de algo inevitável. Isso nos remete a possibilidade teórica e analítica de compreender o clima e, em especial, suas condições extremas, como algo relacionado ao desenvolvimento de uma sociedade e implica que os impactos decorrentes dos efeitos maléficos como algo referente a própria sociedade, enquanto agente influenciado e influenciador das condições ambientais e econômicas.

Coelho (2005), ao trabalhar essa percepção no ponto de vista dos atingidos pelos impactos ambientais, ressalta a importância de termos a compreensão da própria estrutura social que condiciona os impactados e sua percepção. Monteiro (1991) ressalta que os perigos naturais (*natural hazard*) é “uma função do “ajustamento humano” a eles, posto que sempre envolve iniciativa e decisão humana” (p. 8) e Cornetta (2012) apropria-se dessa ideia ao complementá-la afirmando que a “causa de muitos desastres naturais deve-se, em grande medida, à ocupação inadequada do espaço” (p. 59). Este autor traz para o cerne da discussão, as compreensões de Milton Santos sobre o meio técnico-científico informacional, que acredito ser digno de nota, como Cornetta afirma:

“a “natureza” se torna cada vez mais unificada pelo capital, isto é, “suas diversas frações são postas ao alcance dos mais diversos capitais, que as individualizam hierarquizando-as segundo lógicas e escalas diversas” (SANTOS, 1998, p. 18). É no processo histórico-geográfico constitutivo desse modelo de humanidade que o homem se torna (indissociável de suas atribuições sociais) agente climático, pedológico, geomorfológico” (CORNETTA, 2012, p. 232).

Podemos evidenciar ainda aquilo que Curry (1963) *apud* Monteiro (1991, p. 16) ressalta sobre o clima e nos evidencia ainda mais seu caráter econômico:

“Clima não é um fato, mas uma teoria, dela tirando proveito cada investigador para implementar uma dada experiência de tempo (meteorológico: *Weather*) adequada a seus próprios propósitos. [...] A noção de que o clima existe *per se* e que a descrição de seu caráter deve preceder a avaliação de seu significado funcional só é viável para as grandes correlações, num nível de análise aquém das aspirações da geografia econômica”. [...] Focalizando o clima como um recurso natural”.

Dentro destas condições que consideramos como o clima enquanto recurso deve ser pensado, como um mecanismo de prevenção e planejamento, pois os impactos são reflexos do

próprio ajustamento humano, como afirma Monteiro (1991). E é nesse ponto que concordamos com Cornetta (2012), que afirma que o clima passa a ser compreendido como fenômeno geográfico. Essa compreensão do clima enquanto objeto de estudo geográfico, será melhor discutido nas próximas linhas, mas ressaltamos aqui sua importância para clarificar as bases teóricas que nos atentaremos ao longo dessa pesquisa. Pensar o clima enquanto fenômeno geográfico nos possibilita pensarmos nos impactos que ocorre de forma diferenciada no espaço socialmente construído, e diversos trabalhos como, p. ex., Blaikie *et al.* (1994), Cornetta (2012), Armond (2014), Collischonn (2014), Abhyankar *et al.* (2013), Tavares e Mendonça (2014), Zanella e Olimpico (2014) e Hoffmann *et al.* (2014) abordam tal fato sob diferentes perspectivas.

O professor João Lima Sant'Anna Neto (UNESP/Presidente Prudente) coloca que as noções de dinâmica, gênese e ritmo são o fundamento do clima enquanto categoria da geografia. Mas o que quer dizer pensar o clima como fenômeno geográfico? Para isso acreditamos que podemos recorrer a alguns pontos sobre o entendimento do saber geográfico, essa discussão é, obviamente, extremamente vasta, e nos atentaremos aqui então a uma delas. O professor Paulo César da Costa Gomes (UFRJ) no seu mais recente livro '*Quadros Geográfico*' afirma que a Geografia "é uma forma de pensar" algo que parte de um raciocínio geográfico que para o autor "é levado a conectar elementos muito diversos que são necessariamente tomados juntos pelo fato de ali se apresentarem" (2017, p. 145). Parte-se assim de um ordenamento territorial, que imbui nessa forma de pensar os sistemas locacionais, seus ordenamentos espaciais, através de um olhar geográfico.

"Onde a aceção da realidade não seria o objeto tangível, mas a geografia possibilitaria a partir de um pensamento abstrato, lógico e generalizante uma nova forma de pensar os fenômenos a partir da trama locacional a eles embutidas, busca-se assim por meio delas, compreender a ordenação complexa desses fenômenos que seria atingida a partir de raciocínios e reflexões a cerca dos conhecimentos existentes em um dado período" (GOMES, 2017; nota de Aula – Disciplina Teoria da Geografia 2017.1 – 08/06/2017).

Gomes (2017) indica que a Geografia pode ser entendida por três premissas, uma que qualifica a Geografia como uma forma de sensibilidade, outra como uma forma de inteligência e uma terceira enquanto um ramo do conhecimento<sup>2</sup>. Onde o primeiro seria uma impressão

---

<sup>2</sup> Essas três premissas são expostas por Gomes (2017), como domínios. A primeira versa sobre a "capacidade de saber se orientar, de constituir traçados entre coisas diversas que estão dispersas no espaço" (p.17). No que tange a inteligência o autor traz a visão de uma Geografia associada ao conhecimento dos grupos humanos sobre o ambiente em que vivem, seria assim um "conjunto articulado de conhecimentos e comportamentos espaciais que são vividos e dão forma a esses grupos sociais" (p.19). E, por fim, seria o ramo do conhecimento, que se "consagra ao estudo e à especulação sobre as causas e formas de entendimento da dispersão" (p.19), o porque da "lógica das localizações" (GOMES, 2017, p.19).

inerente a espacialidade das coisas e fenômenos, a segunda que se relaciona ao desenvolvimento cultural de um raciocínio espacial, e o terceiro enquanto campo de estudo que se preocupa de responder a causa da dispersão das coisas e fenômenos. A Geografia assim na visão do autor se ocuparia de responder o “o que?”, “o onde?” e “o porquê?” das coisas. Nesse sentido, o autor evoca o sistema de localizações como parte de um elemento explicativo dos fenômenos, onde a espacialidade dos mesmos seria uma chave para interpretação.

A interpretação geográfica poderia ser alçada na visão de Gomes (2017) através da descrição como um método teórico de acepção dos fenômenos geográficos. Para tal, ele parte de uma visão apoiada na física kantiana e em oposição a sua lógica. A física kantiana, segundo o autor irá afirmar que as classificações e interpretações dos seres e fenômenos seriam feitas de acordo com a situação na qual se aparecem. Seguindo essa linha de investigação, o autor nos leva a concluir que, os seres e fenômenos deveriam, então, ser tomados em relação a um conjunto maior<sup>3</sup> onde as posições, cooperações, relações, associações e localização no espaço, que é o interesse do autor, seriam fundamentais na elucidação das questões que podem ser levantadas. Desta forma, a maneira de raciocinar, parte-se da diversidade, onde “devemos refletir sobre as coisas tal como aparecem no mundo, dentro das condições pelas quais se mostram e como partes dos conjuntos dentro dos quais se apresentam” (GOMES, 2017, p. 25). Essa reflexão seria então alcançada pela descrição, tendo como premissa o princípio da localização. Para este autor essa descrição buscaria compreender o que é visto ou o que quer ser entendido, na forma como se aparecem no espaço, relaciona-se com o mesmo ou com outros componentes desse espaço e como se conectam. Onde essa descrição estaria incluída no raciocínio geográfico, onde a Geografia se ocuparia de interpretar as “razões pelas quais coisas diversas estão situadas em posições diferentes ou por que as situações espaciais diversas podem explicar qualidades de diferentes objetos, coisas, pessoas e fenômenos. Trata-se de uma forma de construir questões” (GOMES, 2017, p. 20).

O autor ressalta assim a importância da compreensão sistêmica na Geografia e na qual Gregory (1985) trará como uma metodologia unificadora da Geografia (p. 217). Essa abordagem sistêmica auxilia “no desenvolvimento de uma teoria integrada relacionando a teoria social e econômica às teorias físicas” (GREGORY, 1985, p. 227). Pensando no clima, e em seu estudo pela climatologia, a forma como o mesmo atua sobre a sociedade e natureza, suas múltiplas relações e conexões podem conferir ao clima e à climatologia uma característica

---

<sup>3</sup> “Toda descrição do mundo e da Terra, se quer ser sistema, deve começar com a ideia de conjunto” (Kant, 1802, *apud*, Gomes, 2017)

essencialmente geográfica, como reforçado por Ayoade (2013). Mas como inserir o clima como estudo geográfico, indo além das estatísticas?

Monteiro (1991) nos possibilita enxergar o papel da Geografia e a relação com a climatologia. Para este autor a Geografia visa “integrar as diferentes esferas terrestres para uma compreensão da organização e transformação dos espaços terrestres, sob um prisma antropocênico” (MONTEIRO, 1991, p. 17), creio que as visões embora aparentemente conflitantes podem se aproximar ao retomando a ideia do clima enquanto recurso, mencionado anteriormente, e, principalmente, na discussão dos seus impactos que estão imbuídos de uma forte relação com a estrutura social. Já Sant’Anna Neto (2001, p. 59), traz-nos uma dimensão de uma Geografia do clima ao tratá-lo como...

“insumo no processo de apropriação e de produção da natureza, assume um papel variado na medida em que as diferentes sociedades se encontram em momentos distintos no processo de globalização e de mundialização e em que, num mesmo território, uma sociedade desigual, estruturada em classes sociais, não dispõe dos mesmos meios para lidar com a ação dos fenômenos atmosféricos, de forma a minimizar ou otimizar os seus efeitos [...]”.

E afirmando que “mais do que desvendar os processos dinâmicos e as estruturas temporais e espaciais do clima, para o geógrafo o que realmente deveria importar é o significado deste processo inserido na dimensão socioeconômica e socioambiental” (SANT’ANNA NETO, 2001, p. 59). Assim, o clima tem valor de uso, tanto de forma benéfica como maléfica e, no nosso caso, a forma maléfica imbuí em compreender as relações do clima com o espaço social, seus impactos sobre diferentes óticas, especialmente no caso angrense frente a circulação da população.

Por fim, Sant’Anna Neto (2001, p. 58) afirma novamente a importância:

“da necessidade de se incorporar a dimensão social na interpretação do clima na perspectiva da análise geográfica. Isso significa, necessariamente, compreender que a repercussão dos fenômenos atmosféricos na superfície terrestre se dá num território, em grande parte, transformado e produzido pela sociedade de maneira desigual e apropriado segundo os interesses dos agentes sociais”.

Retomando a Monteiro (1971 *apud* SANT’ANNA NETO, 2001, p. 53), ao propor uma análise geográfica do clima assume o ritmo como um objeto fundamental para compreensão:

“... o **ritmo climático** só poderá ser compreendido através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo”.

Evidenciando a importância da gênese e da espacialidade

“... na análise rítmica, as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissolúvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define” (MONTEIRO, 1971, *apud* SANT’ANNA NETO, 2001, p. 53).

Nessa concepção de Monteiro (1971), trazida por Sant’Anna Neto (2001) e anteriormente exposta, a dinâmica ganha grande destaque, e tem suas bases na climatologia de Max Sorre “o clima, num determinado local, é a série de estados da atmosfera em sua sucessão habitual” (SORRE, 1951 *apud* CORNETTA, 2012). Cornetta (2012), Monteiro (1991), Sant’Anna Neto (2001; 2008), Armond (2014), Tavares e Mendonça (2014) irão evidenciar a importância das análises dinâmicas em seus trabalhos.

Nestes moldes que compreendemos o clima enquanto recurso e fenômeno geográfico, que podem ser resumidos como coloca Cornetta (2012, p. 58): “... um entendimento que não se restringe ao aspecto físico-natural, mas pelo significado e repercussão que os fenômenos atmosféricos causam nas relações entre sociedade e natureza medidas pela ação dos agentes sociais”, que produzem o espaço, segregação e vulnerabilidade. E acreditamos que esses fatos se expressam de forma relevante nos eventos extremos, por isso, julgamos importante introduzir essa discussão antes de adentrarmos na discussão a cerca do que de fato é o evento extremo.

### **3.1.2 Da geografia a climatologia geográfica no contexto dos eventos extremos**

Como mencionado no subitem anterior, a climatologia tem suas bases nas noções de gênese, ritmo e dinâmica. Essas noções nos ajudam a compreender as premissas que norteiam o campo da Climatologia Geográfica. Monteiro (1991) e Zavattini e Boin (2013) criticam sua qualificação como estudo estático da atmosfera, numa visão de clima compreendido como os estados médios da atmosfera. Nessa crítica Zavattini e Boin (2013), em seu livro “Climatologia Geográfica teoria e prática de pesquisa” vão traçar um percurso da compreensão e elaboração da climatologia nos moldes dinâmicos de Sorre, tendo como base na construção desse novo pensar na climatologia nacional o autor Carlos Augusto Figueiredo Monteiro e na literatura internacional o francês Pierre Pédélaborde. A climatologia Sorreana pode ser vista como aquela que não se baseia nas médias, mas “na atmosfera em sua dinâmica, nos tipos de tempo em sucessão, em encadeamento” (ARMOND, 2014, p. 79). Cabe ressaltar que, a estatística e a matematização em estudos climáticos não é totalmente descartada, mas sim vista como uma possível complementação interpretativa.

Zavattini e Boin (2013) trazem a visão de Monteiro (1969) a cerca da crítica a matematização em prol de uma abordagem dinâmica. Os autores afirmam que os valores

estatísticos, embora importantes e reconhecendo a importância de séries longas de análises, o tratamento dinâmico próprio da climatologia geográfica pode se ocupar de períodos menores que os das normais, e ressaltam que, pela própria essência desse tipo de análise, tais dados permite-nos enxergar expressões reais do clima dentro do tempo cronológico, pois pode ocupar-se das variações do tempo e apegar-se a particularidades genéticas. E, também, no que tange a espacialização, onde “as unidades locais de observação ao longo de um eixo refletem seu parentesco pelo ritmo de variação de fenômenos” (ZAVATTINI e BOIN, 2013, p. 78 *apud* MONTEIRO, 1969, p. 14). Os dados seriam muito mais qualitativos. A visão que os autores trazem de Pédélaborde (1991) a cerca do trabalho “Introduction a l’étude scientifique du climat” trazem algumas visões importantes, a primeira ao destacar a importância geográfica na explicação como o potencial explicativo, a segunda ao dar destaque aos estudos separativos, estatísticos, como bases que precisam ser complementadas pela análise dinâmica, que na visão do autor supre as deficiências dos estudos separativos por permitir uma compreensão de conexão entre os elementos climáticos e geográficos, pela possibilidade de compreender as causas, pela possibilidade de compreender os dinamismos, as “sucessões verdadeiras dos estados” (ZAVATTINI e BOIN, 2013, p. 81 *apud* PÉDÉLABORDE, 1991, p. 22) de tempo. Defendendo assim uma análise de síntese do Clima:

“Tal estudo, na condição que ele abranja a totalidade dos tipos que calcule sua frequência e o modo como eles se sucedem no decorrer de um longo período, restituirá o ambiente verdadeiro do qual fala Sorre. Ele abrangerá a realidade do tempo e a complexidade viva do clima. [...] Ele possuirá, pois, um valor indiscutível do ponto de vista da geografia física pura” (ZAVATTINI E BOIN, 2013, p. 83 *apud* PÉDÉLABORDE, 1991, p. 23).

Monteiro será um crítico ao francês como apontam os autores, pois embora se aproximem da perspectiva sorreana, Pédélaborde enfocará, na visão monteriana, somente na sucessão da “série de estados”, não se preocupando com a noção do habitual, ao afirmar que é “exatamente a dinâmica intrínseca da atmosfera, de onde emanam os mecanismos geradores da sucessão dos seus estados, associativos intensivos” (ZAVATTINI e BOIN, 2013, p. 87 *apud* MONTEIRO, 1969, p. 28). Ou seja, na visão monteriana, base da climatologia geográfica nacional, o ritmo ganha um papel fundamental, ao lado do dinamismo.

Em termos metodológicos a percepção da climatologia geográfica permite lançar mão de diversos métodos<sup>4</sup>, alguns nos serão caros em nossa dissertação, outros, entretanto pela

---

<sup>4</sup> A título de parênteses e de modo a evidenciar a diversidade presente dentro da climatologia geográfica podemos destacar Sant’Anna Neto (2014) ao fazer uma recapitulação da evolução das técnicas, dos instrumentos e da experimentação em climatologia geográfica faz um pequeno, porém relevante, apanhado das contribuições dos climatólogos brasileiros nos últimos anos destacando experimentos na área do clima urbano, com uso de

própria natureza e realidade que nos apresenta, quanto a disponibilidade de dados não serão possíveis de serem perfeitamente empregados, assim como em Monteiro. Alguns dos métodos empregados dentro da climatologia geográfica, e que aqui podemos exemplificar, referem-se aos cálculos dos anos padrões, a confecção de pluviogramas e também de mapeamentos, a confecção de quadros sínteses, onde a partir da percepção do habitual, das tendências de elevação ou diminuição anual, mensal, sazonal. Parte de uma percepção analítica do diário, fundamental nas análises principalmente ao produzirmos sínteses que correlacionam os atributos climáticos, os fenômenos atmosféricos, que tangem a gênese de um determinado episódio. Como por exemplo temos a figura 17 e 18, retiradas do trabalho de Armond (2014) e que demonstra um exemplo desses quadros sínteses e sua legenda, referentes as inundações do dia 12/03/1999.

---

geotecnologias e SIGs, o uso de transectos, geoindicadores e a utilização de dados sociais, econômicos, ambientais e naturais, além do próprio uso da estatística. E também Neves (2018) nos mostra como a climatologia geográfica é diversa, ao analisar as publicações na revista brasileira de climatologia de 2005-2018, destacando 10 eixos e a quantidade de publicações por eixo. Os eixos foram “1) Mudanças Climáticas, Aquecimento Global, Variabilidade e Eventos climáticos extremos; 2) Climatologia e Ensino; 3) Teoria e Método em Climatologia 4) Ritmo Climático, Classificação de Sistemas Atmosféricos; 5) Climatologia Urbana; 6) Agroclimatologia; 7) Climatologia e Saúde; 8) Modelagem em Climatologia; 9) Climatologia Regional; 10) Outros.” (NEVES, 2018, p. 33)

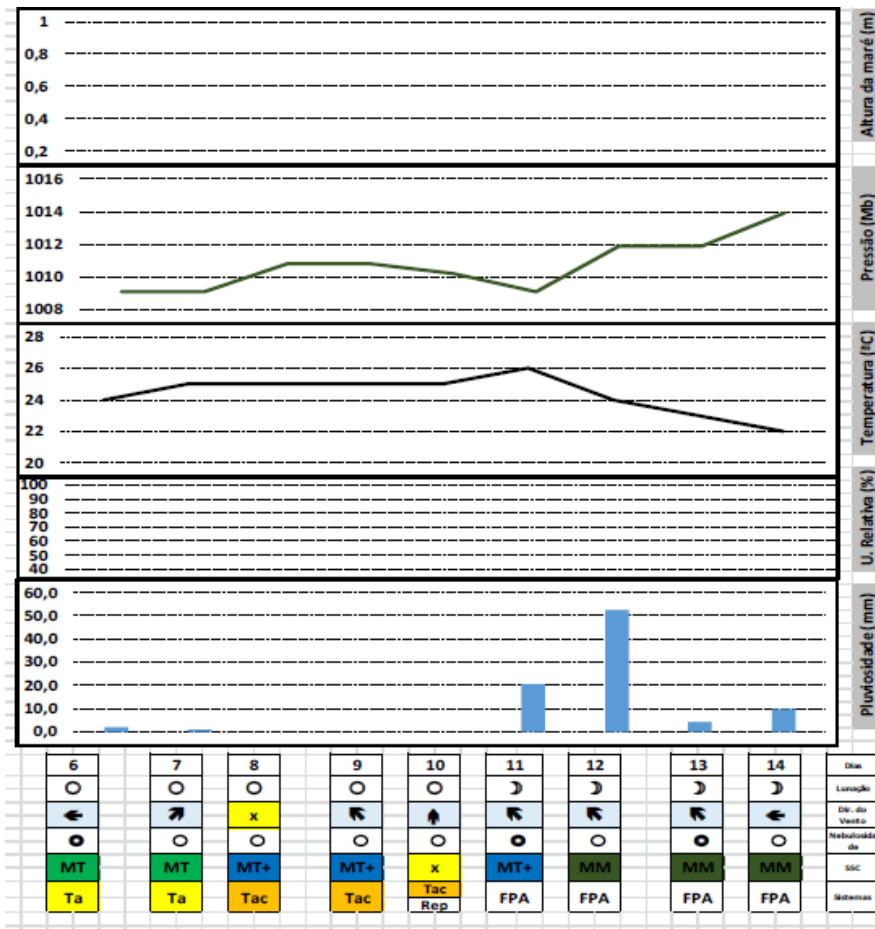


Figura 17: Quadro Síntese da sucessão de tempos nos dias que antecederam a inundação.

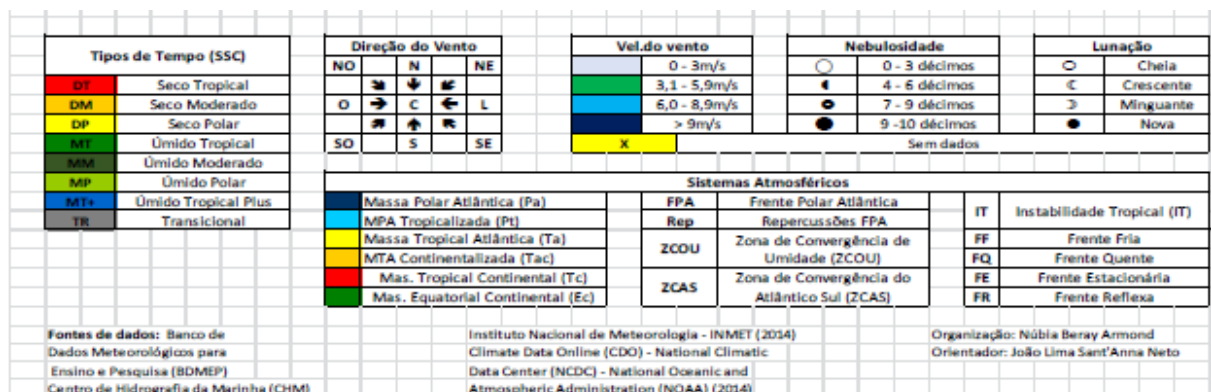


Figura 18: Legenda dos tipos de tempo, sistemas atmosféricos e demais elementos meteorológicos.

Além do que já fora exposto, Armond (2014) irá trazer alguns pontos que complementam essa síntese da climatologia geográfica:

- “A escolha de períodos - padrão (anual, estacional, mensal e episódico) que seriam capazes de fornecer um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado



daqueles afetados por irregularidades na circulação com capacidade de produzir situações adversas.” (p. 80).

- “A utilização das cartas sinóticas de superfície como subsídio à identificação dos tipos de tempo, possibilitando a relação entre a circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente;” (p. 81).
- “A elaboração de um ciclo evolutivo da penetração da Massa Polar Atlântica, por considerar a sua presença (ou sua ausência) como o elemento fundamental, composto de três momentos: o prenúncio, avanço e domínio;” (p. 81).
- “A análise da sequência e encadeamento dos tipos de tempo, na busca do entendimento das variações locais dentro de um quadro regional, marcado pelas características e influências dos fatores geográficos.” (p. 82).
- “E, por fim, a tentativa de classificação climática, em bases genéticas e dinâmicas, a partir dos índices de participação dos sistemas atmosféricos atuantes e suas respectivas repercussões no espaço geográfico.” (p. 83).

É possível assim, a partir do que é exposto em Zavattini e Boin (2013), chegar a conclusão que a climatologia geográfica é um área cujo enfoque é tanto metodológico, como também teórico. Permitindo-nos ter uma ampla análise e discussão. Nesse sentido, pensando nos eventos extremos pluviométricos, a climatologia geográfica como método analítico-metodológico nos é cara ao possibilitar-nos identificar padrões de pluviosidade, compreendendo a umidade antecedente, com base na precipitação e identificar a gênese meteorológica, através do uso das cartas sinóticas, responsável pela ocorrência dos deslizamentos de massa, por exemplo. Torna-se ainda interessante na abordagem que pretende-se aplicar nesta pesquisa, uma análise do clima além dos valores estatísticos, e ressaltar que embora importantes estes não serão exclusivo e único objeto de análise. Pois a climatologia geográfica abre um leque de análise qualitativo e sintético da precipitação angrense e possibilita um diálogo geográfico onde os fundamentos espaciais principalmente no que tange aos impactos desses eventos extremos podem ser analisados.

### **3.1.3 Eventos extremos e sua definição**

As noções expostas anteriormente abrem um caminho para discutirmos os eventos extremos e como eles se encaixam na lógica de pensamento que vem sendo abordada até aqui. Inúmeros estudos já foram realizados, no âmbito das ciências ambientais, no que diz respeito a eventos extremos. Trabalhos como os de Konrad II (1997), Chaves e Cavalcanti (2000), Carvalho *et al.* (2002) e Vicente (2005) buscaram identificar limites para que se considere dada

precipitação como chuvas extremas. Valores os quais buscaremos identificar para a área de estudo, uma vez que estes são importantes na relação com o desencadeamento de processos geomorfológicos.

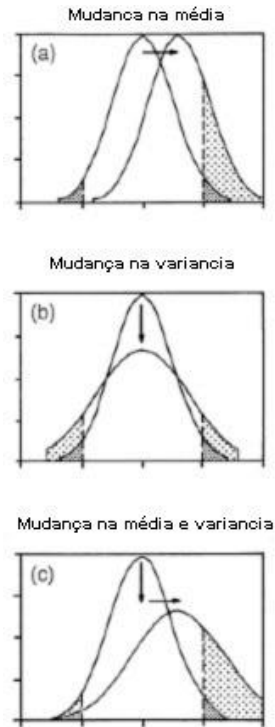
Abhyankar *et al.*, (2013), Armond (2014), Armond e Sant'Anna Neto (2017), Tavares e Mendonça (2014), Collischonn (2014), Zanella e Olimpio (2014) e Hoffmann *et al.* (2014), trabalharam as análises dos eventos extremos com relação ao seus impactos sobre as cidades e sua espacialidade diferenciada. Abhyankar *et al.* (2013), Tavares e Mendonça (2014), Collischonn (2014) abordaram a correlação desses processos naturais dos eventos extremos com processos e dados/índices sociais, para compreender riscos e vulnerabilidades. Alguns trabalhos foram feitos no sentido de aprimorar as discussões a cerca das chuvas extremas e a capacidade destas em causar erosão. Santos *et al.* (2010), Santos *et al.* (2017), Martinez-Casanovas *et al.* (2002) e Konečná *et al.* (2014), são alguns dos trabalhos que podemos citar. Outra linha de investigação que é bem frequente quando se trata de análise de eventos extremos, sobretudo quando associados a eventos geomorfológicos são aqueles que procuram relacionar índices pluviométricos e a deflagração de movimentos de massa (p. ex. GUIDICINI e IWASA (1976), CAINE (1980), TARTIZANA *et al.* (1987), COUTINHO (2002), GIANNECCHINI (2006), SOARES (2006), PARIZZI, (2010) e OLIVEIRA (2014)), através de uma busca por limiares críticos para a ocorrência desses eventos. Estes são apenas alguns trabalhos que demonstram a variedade de temas que emanam da discussão sobre eventos extremos.

Dentro do caminho teórico que estamos seguindo, onde se encaixa a importância de estudar esses eventos? Silva *et al.* (2014) vão nos apontar um caminho. Os autores afirmam que compreender a climatologia de um dado local é de suma importância não só “para a percepção das características atmosféricas médias, quanto para a compreensão de suas flutuações no decorrer do tempo” (p. 124). Mattos (2017) complementa essa ideia ao afirmar que “esses dados são relevantes para a implantação de políticas de planejamento urbano, aplicáveis em agricultura e, também, para análise de impactos ambientais” (p. 1). Santo *et al.* (2010) colocam que “variações na frequência e/ou intensidade de fenômenos climáticos extremos têm impactos profundos na sociedade e no ambiente, o que evidencia a importância do estudo de eventos extremos na investigação e análise das alterações climáticas, bem como na definição de medidas de adaptação e de mitigação” (p. 177). Esses pontos nos evidenciam a importância do estudo desses eventos e nos remetem a discussão acerca do clima enquanto recurso.

Então, o que são esses eventos extremos?

“[...] Em termos meteorológicos ou climatológicos, seriam grandes desvios de um estado climático moderado” (MARENGO, 2010, p. 6). Este mesmo autor afirma ainda que eventos extremos “são um aspecto integrante da variabilidade climática, e sua frequência e intensidade podem variar de acordo com a mudança climática” (p. 6). Essa definição inicial de Marengo, possui uma base estatística forte e num primeiro momento é de enorme facilidade para compreendermos como esses eventos extremos se destacam, e como podemos nos apropriar. Dessa forma, procedimentos estatísticos são utilizados para a identificação desses valores, fato que iremos trabalhar adiante na metodologia para identificarmos os valores extremos, tempo de retorno, anos e desvios padrões. E que serão importantes para calcular os limiares que deflagram os movimentos de massa que geram enormes prejuízos.

Meehl *et al.* (2000) se apropriam do seguinte esquema para demonstrar possíveis mudanças climáticas e uma explicação dos eventos extremos (Figura 8), que corrobora com as ideias de Marengo (2010). Os autores colocam que eventos extremos são aqueles referentes a parte sombreada do diagrama, que correspondem a valores de baixa frequência, aqueles que se encontram “distantes da média ou valor mediano da distribuição” (MEEHL *et al.*, 2000, p. 414). A figura 19 podemos observar, o modelo esquemático de mudanças do clima que Meehl *et al.* (2000), propõe ao afirmarem que as mudanças climáticas podem ocorrer e serem perceptíveis em 3 modelos, o primeiro onde a mudança se dá na média de determinada variável climática, a segunda a mudança ocorre na variância e nesse caso poderíamos observar a maior ocorrência de extremos, as mudanças estariam ali concentradas, e o terceiro modelo as mudanças climáticas se daria tanto na média como na variância, torna-se assim importante destacar que cenários de mudanças climáticas poderiam afetar os eventos extremos de ambas as formas tornando-os mais ou mais frequentes ou mais intensos.



**Figura 19:** Diagrama esquemático demonstrando com variações na média e variância podem afetar os eventos extremos. Fonte: MEEHL et al. (2000).

Creio que seja interessante nos atermos a discussão que Santos e Buchmann (2013) colocam a cerca da teoria do caos na atmosfera. Neste artigo, os autores colocam que o suposto caos na atmosfera é algo inerente aos modelos de previsão e não ao meio atmosférico em si. Colocando que “na natureza a duração e causa de um evento de impacto depende da energia envolvida na geração desse evento. [...] Na natureza a atmosfera, em particular, tem seu autocontrole intrínseco; que é o controle do crescimento da energia que advém de leis naturais”<sup>5</sup> (p. 44). O interessante em notar é que a acepção dessas leis naturais e de sua energia são inerentes ao próprio evento extremo e sua ocorrência, sua possível excepcionalidade e a calamidade e/ou acidente a ele associado, ou seja, modelos e a própria matemática e estatística embora extremamente válidos, não podem ser tomados como o único modo de interpretar o fenômeno. Monteiro (1991) irá tratar esses acidentes como algo que não pode ser interpretado como excepcional, nesse sentido exposto:

“a nível regional, à medida que se percebem as correlações complexas e uma concepção mais comportamental e complexa do clima é que nos damos conta de como os estados de tempo oscilam, admitem desvios e produzem “acidentes” que não podem ser considerados excepcionais os mais graves, por

<sup>5</sup> Tradução nossa para: “*in nature, the duration and cause of na impacting event depends on the energy involved in the generation of the event. [...] In nature, the atmosphere in particular has it own intrinsic self control; that is, the control of energy growth comes from natural laws*”.

vezes catastróficos, se estatisticamente poderiam ser tomados como “ruído”, seu impacto local ou regional e a reação em cadeia que lhes segue” (p. 19).

O autor afirma isso ao criticar a matematização de considerar o clima como um elemento *per si*, nas classificações regionais puramente estatísticas. Essa afirmação nos traz para uma realidade mais dinâmica da compreensão do clima e do evento extremo, na verdade nos abre caminho para que, a partir dos dados estatísticos, possamos dar uma nova roupagem à interpretação desses dados em moldes mais dinâmicos e geográfico.

Collischonn (2009) corrobora com essa ideia ao defender que um estudo a partir das disritmias, frente as normais, nem sempre favorecem análises mais localizadas. Meehl *et al.* (2000) também abre caminhos para essa interpretação ao afirmar que “que quando discutimos extremos nós devemos considerá-los do ponto de vista das características estatísticas [...] e a partir dos efeitos socioeconômicos e ecológicos do evento. Os últimos podem ser pensados em termos dos limiares do sistema físico onde sérios impactos ocorreram”<sup>6</sup> (p. 415). Os autores ainda irão recomendar que primeiro faça-se a estatística e a examine, para a partir daí buscar interpretações dos impactos ecológicos e socioeconômicos.

Partindo dessa visão podemos observar que ambos são importantes e tem seu valor, sobretudo quando partimos de uma visão mais geográfica do clima. Então podemos buscar interpretações para eventos extremos que nos levem a melhor compreendê-los nesse sentido exposto. Hoffman *et al.* (2014) coloca que:

“eventos extremos, ou *hazards*, são o resultado de processos naturais, que ocorrem com magnitude fora dos padrões medianos dos fenômenos meteorológicos de uma dada localidade, e quando em contato com a sociedade, decorrem na formação de riscos e as vulnerabilidades associados” (p. 223).

Dias (2011) coloca duas visões a cerca dos eventos extremos, uma onde eles podem ser compreendidos do ponto de vista físico e outra no qual ele pode ser compreendido sob ponto de vista social, nesse sentido, são aqueles, que para a autora, provocam impactos extremos e envolvem riscos de mortes, desabrigados e demais danos, tendo a ver com vulnerabilidade e resiliência.

Do ponto de vista físico esta autora remete a definição do IPCC (2007), onde o evento extremo seria aquele considerado raro, que varia de lugar para lugar e é o tanto raro que ocorra acima dos 90% ou abaixo dos 10% numa curva normal de probabilidade.

---

<sup>6</sup> Tradução nossa para: “when we discuss extremes we must consider them from the point of view of the statistical characteristics [...] and from the socioeconomic or ecological effects of the event. The latter can be thought of in terms of thresholds of the physical systems beyond which serious impacts occur”.

O termo *hazard* usado por Hoffmann *et al.* (2014), encontra diversas traduções em nossa literatura. Segundo o dicionário Oxford, *hazard* é considerado e traduzido como perigo ou, até mesmo, risco; já para Marandola e Hogan (2004) eles podem ser considerados ambientais, sociais e tecnológicos e os consideram como aqueles que rompem o ciclo de ocorrência de fenômenos naturais e que ocorram em zonas ocupadas pelo homem. Botkin e Keller (2011) o definem como “evento perigoso ou natural como qualquer processo natural que seja uma ameaça potencial à vida humana e às propriedades” (p. 321). Entretanto, esse termo é utilizado para se referir a eventos extremos por alguns autores, o que talvez não expresse a real noção e sentido que ambos os termos possuem (evento extremo e *hazard*). Monteiro (1991) faz uma tentativa de recuperar o termo e retoma as ideias de azar, risco, acidente, porém aquele que parece melhor satisfazer o termo para este autor é a ideia de “desastre”:

“Numa sequência de desenvolvimento há aquilo que por se aproximar da média, é lido como representativo, enquanto uma série de desvios ou acidentes representa estatisticamente o ruído (*noise*). Segundo a intensidade do evento – o que de si já o define, mas não o encerra num dado parâmetro – há um significado que acresce ao acidente uma ideia de “acontecimento infeliz” (causal ou não) do qual resulta dano, estrago, avaria, destruição, perdas humanas, chegando até o desastre” (MONTEIRO, 1991, p. 10).

Emerge assim o conceito de **desastre natural** como sendo aquele definido como “o resultado do impacto de fenômenos naturais extremos ou intensos sobre um sistema social, causando sérios danos e prejuízos que excede a capacidade da comunidade ou sociedade atingida em conviver com o impacto” (TOBIN e MONTZ, 1997; MARCELINO, 2008 *apud* TOMINAGA, 2009 a, p. 14).

Para compreender o evento extremo podemos observar as diferentes esferas envolvidas e nelas a esfera humana torna-se essencial para sua compreensão, uma vez que buscamos pensá-lo enquanto fenômeno geográfico. Nesse sentido Gregory (1985), no seu livro “A natureza da geografia física”, mais especificamente no capítulo 6 intitulado “O advento do homem”, destaca que estudos sobre eventos extremos devem ter destaque por eles terem alta capacidade de ocasionar prejuízos e danos, além de destacar a “tendência, que se reflete na justaposição das investigações do meio físico e das de relevância socioeconômicas” (GREGORY, 1985, p. 203). O autor chama esses de estudo do acaso, sendo definido como “uma interação entre pessoas e natureza, governada pelo estado de coexistência do ajustamento no sistema de utilização humana e o estado da natureza no sistema de eventos naturais” (WHITE, 1974 *apud* GREGORY, 1985, p. 205). Assim, o autor conceitua os eventos extremos como aqueles que:

“excedem a capacidade normal do sistema humano de refleti-los, absorvê-los ou amortecê-los, são inerentes ao acaso. Um evento extremo foi considerado

como qualquer evento num sistema geofísico que mostre variância relativamente alta da média” (WHITE, 1974 *apud* GREGORY, 1985, p. 205).

Essa definição de White (1974) e aqui apresentada é similar a de Monteiro (1991) quando este abre o primeiro capítulo de seu livro “Clima e Excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico”. Acreditamos que seja uma definição de muito valor, considerando o que foi exposto até aqui, pois ela traz uma percepção social, do clima enquanto recurso, mas também estatística ressaltando a importância de compreendê-la como parte do processo de interpretação dos eventos extremos e seus impactos.

Cabe aqui um último questionamento sobre esses eventos, o quão natural ou o quão é resultante de ações humanas? Primeiramente a participação das ações humanas vem ganhando grande destaque, em especial nos últimos anos quando adentramos no debate a cerca das mudanças climáticas globais, o IPCC (2014) aponta possíveis mudanças nos extremos que estariam associadas ao aquecimento global:

- É ‘muito provável’ que o número de dias e noites frios diminuiu e o número de dias e noites quentes tenham aumentado na escala global.
- Existe uma ‘confiança média’ de que o aquecimento observado aumentou a mortalidade humana relacionada com o calor e diminuiu a mortalidade humana relacionada com o frio em algumas regiões.
- Existem ‘provavelmente’ mais regiões de terra onde o número de eventos de precipitação intensa/pesada aumentou do que onde ele diminuiu.
- Há ‘baixa confiança’ em que as mudanças climáticas antropogênicas tenham afetado a frequência e a magnitude das cheias fluviais em uma escala global.
- É provável que os níveis extremos do mar (por exemplo, como experimentado em “ondas de tempestade”) tenham aumentado desde 1970, sendo principalmente o resultado do aumento médio do nível do mar.
- Há baixa confiança em que as mudanças de longo prazo na atividade de ciclones tropicais serão intensas e há baixa confiança na atribuição de mudanças globais a qualquer causa em particular (relacionada aos ciclones).

Permite-se aqui fazer um pequeno parênteses antes de darmos prosseguimento a presente discussão. Há uma diferenciação importante entre mudança climática e variabilidade, além de uma mudança de escala global para uma mais regional, as mudanças climáticas, segundo Dereczynski (2013), é aquela “atribuída diretamente ou indiretamente a atividade humana com alteração na composição da atmosfera global e que é adicionada a variabilidade

natural do clima.” (p. 2) Mann (2007) complementa essa ideia ao afirmar que o “clima da terra exhibe variações em todas as escalas de tempo, desde o interanual ao geológico [...] como resultado de fatores internos e externos.” (p. 111). Esses fatores também segundo Mann variam dentro da escala temporal desde a ação humana até alterações como atividade vulcânica e mudança da órbita da Terra explicadas pelos ciclos de Milankovitch. Já a variabilidade, que associa-se as análises de extremos, tendências e variações que pretendemos aqui fazer, são entendidas por Derecznsky (2013) como “oscilações periódicas no clima (naturais).” (p. 2)

Os dados do IPCC (2014), não nos permitem uma clara conclusão a cerca se esses extremos são naturais ou antropizados. Dias (2011) demonstra que a relação eventos extremos com a sociedade está muito mais relacionada a questões como vulnerabilidade, risco e resiliência. A autora assim pontua:

- Mudanças na frequência de ocorrência dos eventos extremos é uma forma mais significativas pela qual a sociedade deve sentir as mudanças climáticas.
- O impacto dos eventos extremos do futuro, alguns além da experiência histórica, vai depender do grau da mudança climática e da vulnerabilidade futura.
- Os eventos extremos expõe as vulnerabilidades nos sistemas humanos e naturais.

A essas afirmações somamos a ideia de Sant’Anna Neto (2001) a cerca da antropização, que demonstra de forma mais clara o que nos é caro nessa discussão, que a aproxima da concepção do clima como recurso afastando de discussões sobre as mudanças climáticas, uma vez que essa visão do autor trabalha muito a ideia da relação clima/natureza e sociedade:

“Há que se considerar, também, que a concepção de ação antrópica, além de demonstrar uma visão extremamente naturalista da relação sociedade–natureza, tende a minimizar os aspectos de ordem social, econômica e ideológica do processo de intervenção e apropriação dos recursos naturais. Além disto, ‘antropizar’ o território significa mascarar as reais intenções dos agentes do sistema econômico hegemônico neste processo de apropriação, desviando as atenções da questão primordial, apropriação–utilização–reprodução da natureza, para uma questão secundária: demonstrar os diferentes graus de intervenção do agentes envolvidos – os homens – desconsiderando-se sua organização social estabelecida numa sociedade de classes. Com relação ao que se denomina impacto ambiental, tem-se buscado muito mais a compreensão das relações causa–efeito do papel do clima na superfície terrestre, do que a introdução de uma concepção do clima enquanto recurso inerente ao processo de reprodução do capital e de dominação, com valor de uso” (SANT’ANNA NETO, 2001, p. 55).

A estas duas ideias podemos somar o tabela 2 que resume o sistema clima urbano de Monteiro (2003), em especial, do canal hidrometeorológico no qual se insere os eventos extremos de precipitação que tangem ao nosso interesse.



**Tabela 2:** Sistema clima urbano de Monteiro – Segundo Canais de percepção.

<b>Sistemas</b>	<b>Termodinâmico</b>	<b>Físico-Químico</b>	<b>Hidrometeorico</b>
<b>Canais</b>	Conforto térmico	Qualidade do ar	Impactos hidrometeoricos
<b>FONTE</b>	Atmosfera, radiação, circulação horizontal	Atividade urbana, veículos automotores, indústrias, obras limpas	Atmosfera, estados especiais (desvios rítmicos)
<b>Trânsito No Sistema</b>	Intercâmbio de operador e operando	Do operando ao operador	Do operador ao operando
<b>Mecanismo De Ação</b>	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
<b>Projeção</b>	Interação núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
<b>Desenvolvimento</b>	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
<b>Observação</b>	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
<b>Correlações Disciplinares e Tecnológicas</b>	Bioclimatologia, Arquitetura e Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
<b>Produtos</b>	“Ilha de Calor”, ventilação, aumento da precipitação	Poluição do ar	Ataques a integridade urbana
<b>Efeitos Diretos</b>	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários, doenças respiratórias, oftalmológicas, etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
<b>Reciclagem Adaptativa</b>	Controle do uso do solo, tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial, uso do solo
<b>Responsabilidade</b>	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: MONTEIRO (2003, p. 46).

Esses dados nos permitem observar que a principal responsabilidade sobre o mesmo é da natureza. Assim, observamos que o evento extremo tem um caráter natural para Monteiro. Porém, como o próprio autor coloca em trabalhos anteriores, e somado a tudo que já foi exposto, por mais que a responsabilidade seja da natureza, o impacto é, em grande parte, condicionado pelo meio do homem, seu sistema econômico e segregacional. Isso nos permite pensar que por mais que o homem possa vir a influenciar no incremento dos eventos extremos é, em seus

impactos, que esta atrelada a grande preocupação que nós devemos nos ater e em especial nas vulnerabilidades, como coloca Cornetta (2012):

“as mudanças do clima que podem ter sua forma de acontecer afetada por processos não-naturais (nas diferentes escalas geográficas), também ocorre de forma variada em relação aos impactos sobre a humanidade. [...]. Tal aspecto, o clima como composto de muitos fenômenos, múltiplo ou variado, nos leva a refletir sobre a variabilidade espacial do fenômeno e a própria noção de escala para o entendimento do clima enquanto fenômeno geográfico” (p. 61).

A discussão sobre antropização aqui trazida visa basicamente mostrar a relação intrínseca entre sociedade e natureza, mais precisamente entre o clima e a sociedade. Tais fatos, nos permitem compreender os eventos extremos, bem como a análise de seus impactos, passa pelas discussões aqui expostas. Para dar prosseguimento na tentativa de compreender os impactos dos mesmos sobre a cidade de Angra dos Reis e, em especial, na forma que os eventos extremos desencadeiem os eventos geomorfológicos, é relevante darmos passos para compreender como a água da chuva influi sobre a encosta favorecendo esse processo de MGMs.

### **3.2. O mecanismo propulsor de movimentos gravitacionais de massa em áreas dos trópicos úmidos**

Inicialmente, seria interessante falarmos novamente sobre a precipitação como forma de introduzir esse tópico. Petsch e Monteiro (2010) colocam que precipitação “se distribui de maneira irregular pelo espaço físico, sendo que o relevo possui grande importância na intervenção da distribuição homogênea da precipitação. Assim, pequenas áreas demonstram uma grande heterogeneidade na variação espacial da precipitação”. Sendo assim, compreender onde e como essa precipitação ocorre, em termos de análise de locais susceptíveis a MGMs, é de suma importância.

Chorley (1969), Ayoade (2013), Mendonça e Danni-Oliveira (2007) dedicam capítulos inteiros em seus livros descrevendo o fenômeno precipitação, como ele ocorre, como se forma, os tipos de chuva existentes e como se dá suas medições. Barry (1969) no livro “*Water, Earth and Man*” organizado por R.J. Chorley aponta as principais características da precipitação (p. 117 e 118):

- **Intensidade** que seria o equivalente a razão entre o total e a duração.
- **Frequência** que seria a média de tempo que um fenômeno de determinado total e/ou intensidade possa voltar a ocorrer.

- Por fim, a **área de extensão**, que diz respeito basicamente ao efeito da precipitação sob dada área, sendo reflexo da escala do fenômeno meteorológico responsável pela precipitação.

O autor ainda coloca que dados estatísticos disponibilizados por estações climatológicas, tais como média mensal, média anual, variabilidade anual, número de dias chuvosos, assim como os pontos acima elencados, são essenciais para estudos hidrológicos. Destes dados, um dos mais relevantes para o que diz respeito aos movimentos de massa, é a **intensidade**, como coloca Barry (1969): “A intensidade da chuva é de vital interesse para hidrologistas preocupados com prevenção de inundações e para conservacionistas que lidam com a erosão dos solos<sup>7</sup>”. E, nesse sentido, se dá nosso interesse sobre a precipitação em sua intensidade. Dereczynski *et al.* (2013, p. 25) apontam que as mudanças ocorridas nos extremos climáticos seriam o “aumento dos dias quentes, diminuição dos dias frios, longas ondas de calor ou a maior frequência das chuvas intensas ou secas severas”<sup>8</sup>. Dessa forma, pensar nos eventos extremos, no que tange ao aumento da intensidade da precipitação e os possíveis impactos que estes podem ter nos solos e nas sociedades é de grande importância, como já mencionado.

As principais definições de movimentos de massa referem-se a “uma variedade de processos que resultam em movimentos descendentes e externos dos materiais que estão presentes na encosta composto por rochas, solos, preenchimentos artificiais ou uma combinação desses” (SIDLE e OCHAI, 2006, p. 1)<sup>9</sup>. Essa definição se complementa com a ideia da gravidade como o principal influenciador desse movimento, e essa visão é corroborada por diversos autores como, p. ex. Selby (1987), Fernandes e Amaral (1996), Tominaga. (2009 b), Guerra (2011) e Silva *et al.* (2012). Porém, todos esses autores reconhecem o papel fundamental da água nesse processo. Guerra (2011) aponta que as chuvas intensas têm importante efeito sobre as encostas lhe atribuindo a responsabilidade por grandes e rápidas mudanças nesses ambientes. Silva *et al.* (2012) apontam a importância desses sobre a modificação da paisagem, visão também exposta por Mattos e Silva (2016). Sidle e Ochai (2006) também referem-se a água como um agravante do processo. Assim, é de senso comum que o papel da água se

---

<sup>7</sup> Tradução nossa do fragmento: “*rainfall intensity is of vital interest to hydrologists concerned with flood prevention and conservacionists dealing with soil erosion*” (BARRY, 1969, p. 117).

<sup>8</sup> Tradução nossa do fragmento: “*the changes occurring in the climate extremes, such as an increase in hot days, decrease in cold days, longer heat waves or more frequent intense rains or severe drought, have a major impact on ecosystems and on the society at large*” (DERECZYNSKI *et al.*, 2013, p.25).

<sup>9</sup> Tradução nossa do fragmento “*herein, landslides are defined as a variety of processes that result in the downward and outward movement of slope-forming materials composed of natural rocks, soil, artificial fill, or combinations of these materials*” (SIDLE e OCHAI, 2006, p.1).

relaciona processos gravitacionais, principalmente, em áreas tropicais e daí a importância para nós da definição de Tominaga (2009 b) “... o movimento do solo, rocha e/ou vegetação ao longo da vertente se dá sob a ação direta da gravidade, a contribuição de outro meio, como água se dá pela redução da resistência dos materiais de vertente e/ou pela indução do comportamento plástico e fluído dos solos” (p. 27). Desta forma, preferimos atestar para a importância da água nesse processo. Embora seja reconhecido que este não é o único fator responsável pela ruptura de um determinado local, Varnes (1978) ressalta que os movimentos de massa estão relacionados a água por esta promover aumento das tensões cisalhantes e promover uma diminuição na resistência ao cisalhamento. Já para Castro (2006), os principais condicionantes dos MGMs são:

- Características climáticas.
- Características e distribuição dos materiais que compõe o substrato rochoso das encostas.
- Características geomorfológicas.
- Regime das águas de superfície e sub-superfície.
- Características de uso e ocupação.

Fernandes e Amaral (1996), no trabalho sobre movimentos de massa, apontam mais para características geológicas e geomorfológicas como fatores condicionantes e a partir desses apontam demais condicionantes que podem se relacionar com os apontados por eles como fraturas, falhas, foliação e bandamento composicional, descontinuidades no solo, morfologia da encosta e os depósitos nas encostas. Guerra (2011) aponta os condicionantes ligados a ação humana sobre as encostas urbanas e apontam as descontinuidades no solo e sua mecânica. Já Sidle e Ochai (2006) apontam como condicionantes fatores geológicos, relacionados a geologia da área de estudo, abalos sísmicos e atividades vulcânicas, fatores geomorfológicos, mais associados as encostas, fatores hidrológicos, ligados a chuva, evapotranspiração, ação das plantas, água subterrânea e poropressões e, por fim, fatores ligados a engenharia, química e mineralogia dos solos. Não tenho aqui a pretensão de trabalhar todos esses condicionantes e seus detalhes que influenciam na estrutura e cisalhamento do material, seja ele solo, colúvio, ou outro tipo de depósito, os mesmos foram expostos de modo a dar base ao conhecimento a cerca do tema, nos preocuparemos fundamentalmente aqui em trabalhar o papel da água sobre a instabilidade das encostas.

As chuvas relacionam-se, portanto, diretamente com a dinâmica das águas de superfície e subsuperfície e atuam como o principal agente não-antrópico na deflagração de MGMs em

áreas tropicais. Dessa forma, para compreendermos o processo de instabilidade da encosta provocado pela água é importante termos em mente o processo de entrada de energia sobre o solo e sua resposta. Pocidonio e Silva (2012) irão apontar para a importância debatida anteriormente sobre os eventos extremos, os mesmos para os autores seriam importantes para a transformação da paisagem terrestre, onde a frequência da ocorrência destes teria papel fundamental. Nesse sentido, os movimentos de massa encontram uma relação profunda com os eventos extremos ao debatermos sobre seus impactos sobre a paisagem, que são visíveis e vão modelando os mecanismos de evolução das encostas, mas que também tem seus reflexos sobre o meio social. Os autores ao apontarem para o município de Angra dos Reis, irão fazer um resgate da formação geológica local, apontando para o sistema de falhas presentes nessa faixa do litoral fluminense, e a isso os autores chamam a atenção para os processos intempéricos e de desmatamento podem tornar o local propício para ocorrência de MGMs. Sendo assim, os eventos extremos se constituem como importante alimentador de energia e um importante mecanismo de estudo para a compreensão dos processos de evolução da paisagem.

Nesse processo de entrada de energia, a água terá como apontado por Pocidônio e Silva (2012) um papel importante para a instabilidade da encosta, e a forma como este irá ocorrer é bem descrita por Sidle e Ochai (2006). Para estes autores, a principal participação da água se dá no que diz respeito ao seu movimento e a capacidade de absorção e armazenamento da mesma no solo. Nesse sentido, apontam para a importância do aumento da poropressão na ocorrência desses eventos. Esse movimento da água poderá se dar tanto pela infiltração como pelo aumento do nível do freático e ambas afetarão a poropressão dos poros, agregados e partículas e minerais do solo. Castro (2006) também irá trabalhar com a importância e papel das chuvas nos deslizamentos identificando as ações das precipitações nas encostas:

“Alteração dos parâmetros de resistência dos materiais: diminuição da coesão aparente, eliminação das tensões capilares (ou poropressões negativas), dissolução da cimentação; Aumento da sollicitação externa: aumento do peso específico dos materiais que formam a encosta; Avanço da frente de saturação no maciço, provocando o desenvolvimento de poropressões positivas nos solos, subpressões nas discontinuidades rochosas e forças de percolação; Alteração do perfil da encosta por erosão de materiais.” (p. 26)

A infiltração terá papel fundamental na entrada de água e energia nesse sistema. A infiltração dependerá de diversas características do solo, como porosidade, agregados do solo, distribuição desses, vegetação, condutividade hidráulica, entre outros. A infiltração poderá ser interpretada de dois modos segundo Futai (2014) no que tange aos movimentos de massa: o primeiro, e mais clássico, que se relaciona a infiltração do fluxo de água onde o avanço da frente

de umidade/infiltração atinge o nível da água subterrânea e que afeta a poropressão, levando a instabilidade; e o outro que desconsidera essa água subterrânea e considera a infiltração como o principal mecanismo para a instabilidade da encosta. Porém Sidle e Ochai (2006), tendem a apontar mais para o primeiro modo levando em conta a água subterrânea e seu fluxo. Para os autores, “os processos de fluxo subterrâneo controlam o movimento da água infiltrada através da encosta, eles influenciam as características temporais e espaciais da distribuição da poropressão da água”<sup>10</sup> (p. 76). E, nesse sentido, algumas condições próprias do terreno como a umidade antecedente, características hidrológicas, taxa de infiltração, avanço da frente de umidade e características do evento extremo, constituirá nessa zona de descontinuidade hidrológica o plano de rompimento para ocorrência do MGM, segundo Sidle e Ochai (2006).

Pessoa Neto (2011) irá apontar para o avanço da frente de saturação em seis passos, que justifica e explica, no que tange a umidade, a ocorrência dos movimentos de massa:

“1) antes do período de chuvas, o solo se encontra não-saturado (grau de saturação da ordem de oitenta por cento, ou menos), apresentando poropressões negativas, que originam, na sua envoltória de resistência, uma coesão aparente que é, em muitos casos, o fator preponderante na estabilidade do talude ou da encosta;

2) quando ocorrem as primeiras chuvas, as camadas superficiais do talude absorvem água, com isso aumentam seu grau de saturação e, em consequência, sua condutividade hidráulica;

3) forma-se, então, a dita frente de saturação, que avança até alguns decímetros ou metros de profundidade, à medida que as chuvas persistem. O grau de saturação inicial, o índice de vazios do solo, sua textura e plasticidade, os dados das precipitações pluviométricas, o tipo e a densidade de cobertura vegetal e, também a inclinação do talude ou encosta influem na profundidade e na velocidade de avanço da frente de saturação;

4) quando o grau de saturação atinge valores próximos de 100% e a frente de saturação ultrapassa profundidades da ordem de alguns metros, apesar de se estabelecer algum fluxo na direção paralela à face do talude, a direção predominante de fluxo é vertical, em decorrência das forças gravitacionais e capilares;

5) cessadas as precipitações, ocorre uma redistribuição da água que infiltrou, com o consequente aumento do teor de umidade médio, na região acima da frente de saturação;

6) na ocorrência de uma nova precipitação, o avanço da frente de saturação será mais rápido, continuando o processo de saturação do talude, a consequente reduções da sucção e da resistência ao cisalhamento do solo e o aumento do seu peso próprio. Esta conjugação de efeitos pode levar à ruptura

---

<sup>10</sup> Tradução nossa para: “Because subsurface flow processes control the movement of infiltrated water through hillslopes, they influence both the temporal and spatial characteristics of pore water pressure distribution” (SIDLE e OCHAI, 2006, p. 76).

da encosta ou do talude” (PESSOA NETO, 2011, Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=918>).

Sidle e Ochai (2006), resumem as ideias aqui expostas ao afirmarem que:

“Normalmente, o movimento de massa ocorre apenas quando as águas subterrâneas estão relativamente próximas da superfície do solo e as taxas de movimento aumentam rapidamente quando um limite de poropressão é atingido. Embora as pressões dos poros nos deslizamentos de terra possam responder aos incremento de precipitação (ou derretimento de neve) individuais, geralmente algum acúmulo de precipitação é necessário para iniciar o movimento; assim, esses movimentos de massas profundamente saturados geralmente experimentam episódios sazonais de movimento acelerado seguido de períodos de dormência. O tempo de resposta da poropressão e da velocidade do movimento de massa, para eventos únicos de precipitação, durante uma estação úmida são rápidos no caso da condutividade hidráulica for alta e as vias de fluxo preferenciais estiverem ativas e o solo for relativamente pouco profundo. Para solos profundos com baixa condutividade hidráulica as respostas das poropressões e dos movimentos de massa são baixos” (p. 89).

Fernandes e Amaral (1996), apontam que em áreas com descontinuidades mecânicas, como por exemplo depósitos de colúvios, sobre a encosta e o solo ou a rocha, marcam além de descontinuidades mecânicas também hidráulicas, importantes para criar uma zona de instabilidade e ruptura do solo. Esse mesmo ponto foi atentado por Guerra (2011). E evidenciam para nosso interesse, que embora as características do solo, em termos mecânicos e mineralógicos, as características das encostas, também é importante considerar as zonas de convergência de fluxos, os *hollows*, localizados nas porções côncavas do relevo, o uso e ocupação pelo homem (FERNANDES e AMARAL, 1996).

Alguns autores classificam os movimentos de massa, em diferentes tipos, aqui apresentados pela tabela 3. Esta tabela nos permite compreender os diferentes tipos de movimentos de massa e suas diferentes classificações o que nos salta aos olhos no primeiro momento, e que tange ao nosso interesse correlativo entre MGMs e eventos extremos são os deslizamentos do tipo corrida e escorregamentos translacionais, onde em ambos os casos a água, da chuva e a umidade do solo antecedente tem papel preponderante.

**Tabela 3:** Classificação e características dos movimentos de massa, segundo autores. Adaptado de Castro (2006).

PROCESSOS	CARACTERÍSTICAS DO MOVIMENTO / MATERIAL / GEOMETRIA	
	Augusto Filho (1992)	Fernandes e Amaral (1996) e Guerra (2011)
<b>RASTEJO</b>	<p><u>Vários planos de deslocamento (internos):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade.</li> <li>- Movimentos constantes, sazonais ou intermitentes.</li> <li>- Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada.</li> <li>- Geometria indefinida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não se aplica para classificação de Fernandes e Amaral (1996).</li> <li>- <u>Guerra (2011) aplica o conceito de Hansen (1984):</u></li> <li>- Movimento lento e pode ser classificado como sazonal, contínuo e progressivo.</li> </ul>
<b>ESCORREGAMENTOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poucos planos de deslocamento (externos).</li> <li>- Velocidades médias (m/h) a altas (m/s).</li> <li>- Pequenos a grandes volumes de material.</li> <li>- Geometria e materiais variáveis: <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planares solos pouco espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza.</li> <li>✓ Circulares solos espessos, homogêneos e rocha muito fraturada.</li> <li>✓ Em cunha solos e rochas com dois planos de fraqueza.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimentos rápidos e de curta duração, com plano de ruptura bem definido:</li> <li>✓ <b>Rotacionais:</b> superfície de ruptura curva, côncava para cima.</li> <li>✓ <b>Translacionais:</b> representam a forma mais frequente entre todos os tipos de movimentos de massa. Acompanha descontinuidades mecânicas e /ou hidrológicas.</li> </ul>
<b>QUEDAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem planos de deslocamento.</li> <li>- Movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado.</li> <li>- Velocidades muitas altas (vários m/s). - Material rochoso.</li> <li>- Pequenos a médios volumes.</li> <li>- Geometria variável: lascas, placas, blocos, etc.</li> <li>- Rolamento de matacão. - Tombamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimentos rápidos.</li> <li>- Sem superfície de deslizamento.</li> <li>- Ação da gravidade.</li> </ul>
<b>CORRIDAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação).</li> <li>- Movimento semelhante ao de um líquido viscoso.</li> <li>- Desenvolvimento ao longo das drenagens.</li> <li>- Velocidades médias a altas.</li> <li>- Mobilização de solo, rocha, detritos e água.</li> <li>- Grandes volumes de material.</li> <li>- Extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimentos rápidos onde o material se comporta como fluídos, mistura de solo, rochas, pedaços de árvores.</li> <li>- Muita presença de água.</li> </ul>



Sidle e Ochai (2006) elaboraram uma tabela na qual é possível identificar o papel da água das chuvas nos principais tipos de movimentos de massa (Tabela 4). Podemos assim destacar que para os três primeiros tipos de movimentos apresentados a água da chuva, entretanto o destaque se dá no primeiro tipo de movimentos onde a importância de um evento extremo pluviométrico é fundamental para a deflagração do deslizamento, uma vez que a umidade antecedente nesse caso só agrava o risco de deslizamento. Nos demais casos ela é uma condição necessária para a ocorrência de deslizamento, onde o evento se insere dentro de um contexto de uma estação chuvosa.

**Tabela 4:** Precipitação e outros fatores climáticos associados a cinco categorias de movimentos de massa.

<b>TIPOS DE MOVIMENTOS DE MASSA</b>	<b>PRECIPITAÇÃO E OUTROS CONDICIONANTES CLIMÁTICOS QUE CONTRIBUEM PARA O INÍCIO DO CISALHAMENTO</b>	<b>TEMPO DO DESLIZAMENTO</b>
<b>DESLIZAMENTOS RÁPIDOS E RASOS</b>	Elevado total de precipitação durante uma tempestade individual, com período de alta intensidade; exacerbado por condições de umidades antecedentes.	Durante um evento de tempestade.
<b>CORRIDAS RÁPIDAS E PROFUNDAS</b>	Extenso período de chuvas seguido por uma larga a moderadamente larga tempestade; se um fluxo preferencial existir para levar a água rapidamente para o plano de ruptura então essas falhas podem ocorrer durante um evento isolado de alta intensidade de precipitação.	Usualmente seguindo de extensos períodos de chuva, mas relativos a última parte de uma moderada-larga tempestade
<b>DESLIZAMENTOS LENTOS E DEEP-SEATED</b>	Requer uma extensa precipitação para iniciar o movimento. Movimento continua durante a estação chuvosa e então subside quando a precipitação é infrequente.	Tempo entre o início da estação chuvosa e o início do movimento da encosta; normalmente dura os últimos dias, mas pode durar semanas
<b>FLUXOS LENTOS E DEFORMAÇÕES</b>	Igual a anterior.	Igual a anterior
<b>PERDA SUPERFICIAL DE MASSA</b>	Iniciada por congelamento-descongelamento, “molhamento-seca” e vento.	Pode ocorrer ao longo do ano, mas a maior atividade ocorrer durante o congelamento e durante os processos de “molhamento-secamento” predomina.

Modificado de: Sidle e Ochai (2006).

Ambas tabelas foram aqui expostas de modo a conceituar de forma mais clara como cada processo será denominado nos próximos capítulos da pesquisa.

De modo a resumir o que foi trabalhado neste item até aqui, destacamos que os índices pluviométricos críticos para a deflagração dos MGMs variam principalmente, com o regime de infiltração no terreno, ou seja, de como ocorre a dinâmica das águas pelo solo e também da dinâmica das águas subterrâneas do terreno. Essa relação somada ao aumento da poropressão e as demais características das encostas resultam na identificação do grau de instabilização da encosta. A instabilidade das encostas resulta assim da ação combinada entre a intensidade de chuva acumulada com a ocorrência de uma chuva diária de intensidade mínima em uma determinada data, além das características das encostas aqui apontadas.

## **4. Procedimentos metodológicos**

Visando alcançar os objetivos propostos diferentes procedimentos metodológicos serão utilizados na presente pesquisa, desde os que: a) se relacionam à análise dos anos padrões da pluviosidade local; b) aqueles voltados para a caracterização e definição dos eventos pluviométricos extremos; c) aqueles que visam a identificação dos limiares de pluviosidade para o desencadeamento de eventos geomorfológicos; e d) uma avaliação dos impactos dos índices de precipitação sobre a circulação de pessoas no município, bem como as vulnerabilidades locais.

Acreditamos que, uma vez integrados os dados que aqui pretendemos levantar e organizar servirão de auxílio para uma melhor compreensão a cerca dos eventos extremos e seus impactos locais, bem como a compreensão dos mesmos enquanto um importante pilar para a aceção da caracterização do clima de uma dada área de estudo.

### **4.1 Caracterização dos eventos pluviométricos extremos para o município de Angra dos Reis**

Como exposto anteriormente, o clima enquanto fenômeno geográfico apoia-se em análises onde ritmo, gênese e dinâmica tornam-se relevantes (SANT'ANNA NETTO, 2001). Neste contexto, como forma para se compreender o efeito de eventos extremos pluviométricos serão realizados estudos de anos padrões, que consiste na análise da precipitação de um determinado ano relacionando com a média histórica e seu desvio padrão para identificação de padrões pluviométricos, conforme coloca Armond (2014); bem como a compreensão da distribuição espacial da precipitação e a evolução temporal da mesma. Caberá ainda nesta perspectiva de análise, uma identificação dos eventos extremos e seus valores e, principalmente, a busca por uma caracterização da precipitação, identificando classes de frequência e períodos que influenciaram em altos índices pluviométricos.

Parte desta etapa de pesquisa já foi tratada em trabalhos anteriores como Mattos (2017) e Mattos e Silva (2016; 2017). Os dados aqui foram complementados e aprofundados em novas análises e novos cálculos, como índice de concentração de precipitação, análise da frequência e número de dias chuvosos, dados que serão melhor explicitados no item 4.1.7, os quais acreditamos que podem fornecer bases e interpretações valorosas para a compreensão climatológica local.

#### **4.1.1 Coleta de dados**

Os dados pluviométricos utilizados para a presente pesquisa foram coletados via portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas (ANA), os dados compreendem um período de 22

anos (1996 – 2018). Mesmo sendo o período inferior a uma normal climatológica, o período foi escolhido por compreender aquele de maior disponibilidade e continuidade da série histórica, apresentando falhas em apenas dois meses na estação Bracuí. Os dados coletados foram então tabulados mensalmente e diariamente, após passarem pelo processo de tratamento descrito no item a baixo. As estações escolhidas foram Bracuí, Perequê e Mambucaba, que estão em diferentes contextos geográficos do município e que apresentam o maior número de dados.

Foram coletados dados ainda de municípios vizinhos de modo a colaborar no tratamento dos dados (estações de Paraty e Mangaratiba), mas principalmente na espacialização: São Roque, Patrimônio e Parati (Paraty); Ibicuí (Mangaratiba); Fazenda Garrafas e São José Barreiro (São José do Barreiro); Bananal (Bananal); Lidice e Barragem dos Tocos (Rio Claro); Glicério, Rialto, Nossa Senhora do Amparo, Ribeirão e Barra Mansa (Barra Mansa).

#### 4.1.2 Tratamento dos dados

Dados meteorológicos podem apresentar falhas nas suas coletas, seja por erro de leitura, seja por mau funcionamento do instrumento, etc.; sendo assim, se faz necessário que os dados passem por um tratamento e preenchimento das falhas. Nesta pesquisa serão utilizados métodos estatísticos de ponderação, no qual o escolhido foi o “Método de Ponderação Regional” demonstrado nos trabalhos de Oliveira e Fiorezzi (2010) e Costa *et al.* (2012). Este método de preenchimento de falhas de dados pluviométricos foi selecionado por ser aquele que se adequa de modo relevante a nossa área de estudo, uma vez que para utilização do mesmo é necessário por possuir um mínimo de três estações meteorológicas vizinhas. Esse método, conforme apontado por Costa e colaboradores, é interessante para utilização em meses onde a falha dos dados ocorreu em mais de um dia, conforme observado em algumas estações locais. A fórmula aplicada foi a seguinte:

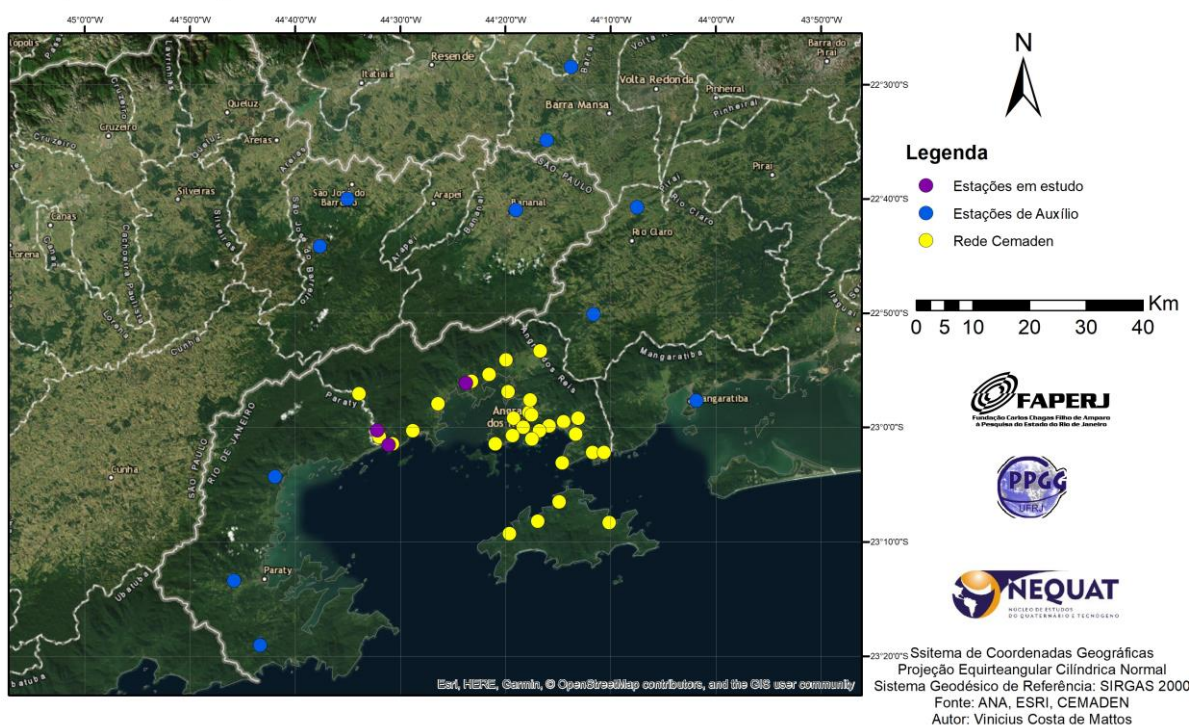
$$Px = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \frac{Nx}{Ni} Pi \quad (1),$$

onde  $n$  é o número de estações,  $Nx$  a média da estação que se deseja preencher a falha,  $Ni$  a média da precipitação da estação vizinha e  $Pi$  a precipitação encontrada na estação vizinha.

Outro método de análise utilizado foi o da proximidade das estações, que trata de complementar os dados “faltantes de acordo com critérios de proximidade entre postos e similaridade no que se refere à altimetria” (ARMOND, 2014, p. 38). E, assim, o cálculo pode ser 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). Esse método fora utilizado pensando na necessidade de utilizar estações de municípios

vizinhos, como Paraty e Mangaratiba, para auxiliar no preenchimento das falhas. Utilizou-se também, em alguns casos, dados de PCDs de pluviógrafos do CEMADEN, especificamente para falhas nos anos posteriores a 2014, início da cobertura da rede no município. Essa por ser uma rede mais ampla, a proximidade de estações é melhor contemplada, não sendo possível usar no método de ponderação, uma vez que sua média é de períodos mais curtos. Na figura 20 podemos observar a rede que utilizamos na pesquisa e a rede mais ampla do CEMADEN, porém por possuir uma série histórica menor (3,5 anos) não será possível sua utilização.

Estações Meteorológicas e Pluviométricas utilizadas no estudo e comparativo com as da rede CEMADEN



**Figura 20** - Estações Meteorológicas e Pluviométricas utilizadas no estudo.

Após a coleta e tratamento dos dados alguns cálculos estatísticos foram realizados de modo a possibilitar a continuidade das análises, assim foram calculados as médias e os acumulados mensais e anuais. Zavattini e Boin (2013) argumentam que dados médios apesar de auxiliarem podem não ser importantes para retratar os extremos e, nesse sentido, para auxiliar na compreensão do comportamento da precipitação, o cálculo de quartis e dos índices de coeficiente de variação (CV) e desvio padrão são importantes, pois possibilitam enxergar valores acima e muito acima da média, auxiliando na compreensão das tendências e excepcionalidades, sejam secas ou chuvosas.

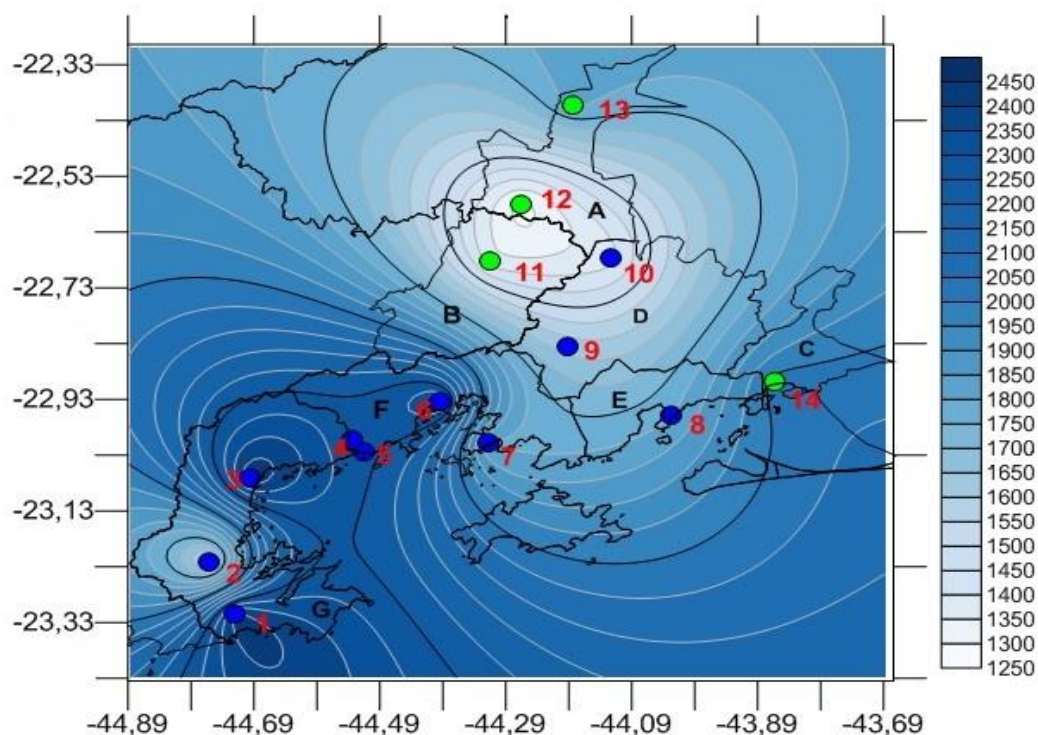
### 4.1.3 Espacialidade da Precipitação

Uma das formas mais lúdicas de se apresentar a distribuição espacial da precipitação é através da confecção de um mapa de isoietas. Esse tipo de mapa é utilizado em inúmeros estudos para análise da precipitação de uma dada localidade. Armond (2014, p. 82) aponta para a importância de uma análise correlata destes dados dinâmicos com dados da geografia local:

“A análise da sequência e encadeamento dos tipos de tempo, na busca do entendimento das variações locais dentro de um quadro regional, marcado pelas características e influências dos fatores geográficos. Os dados atmosféricos mensurados em superfície, as informações sobre a cobertura vegetal e o relevo, em relação às cartas sinóticas e demais informações meteorológicas e climáticas, se complementam e devem auxiliar para a produção de uma análise baseada na gênese dos fenômenos atmosféricos e sua atuação em determinado lugar”.

Compreender assim a dinâmica espacial da pluviosidade, em uma área onde o relevo possui um papel determinante nessa distribuição, tem grande relevância e, além disso, procurar investigar os mecanismos dessa distribuição, de forma a compreender à complexidade dessa variação é igualmente importante.

Nesse sentido, Mattos e Silva (2016) e Mattos (2017) desenvolveram mapas de isoietas para a região da Costa Verde utilizando-se da distribuição da média anual de precipitação, bem como das médias mensais. Esses mapas foram realizados através do *software* Surfer 12, com este é possível gerar um mapa de contorno a partir de um *shapefile* da área de interesse e os respectivos pontos e valores. Esses são oriundos das médias mensais e anuais da precipitação, calculados pelo Excel, de cada estação foi possível aplicar a função “*New Contour Map*”, onde a partir dos pontos plotados referentes às estações e seus valores de precipitação foi realizada uma interpolação dos dados pelo método de Krigagem simples. Esse método de interpolação já fora utilizado por Carvalho e Assad (2005), que realizaram o mapeamento das isoietas para o estado de São Paulo, chegaram a conclusão que o método de krigagem como o mais apropriado. A figura 21 foi retirada do trabalho de Mattos e Silva (2016), sendo aqui exposta como o exemplo do mapa de isoietas desenvolvido pelos autores.



**Figura 21:** 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). Fonte: MATTOS e SILVA (2016).

Entretanto, Farias *et al.* (2017), em trabalho mais recente que os anteriormente citados, apontaram à importância da interpolação para áreas onde a quantidade de estações não é tão elevada, como no caso de Angra dos Reis. Estes autores fizeram uma comparação entre diferentes métodos de interpolação para o litoral sul do estado do Rio de Janeiro, utilizando para tal comparação o *software* ©ArcGIS10 e sua ferramenta *3D analyst* e, depois, compara-se os erros através de diferentes equações estatísticas. Os métodos comparativos são a Krigagem, o IDP (Inverso da Distância Ponderada) e a curvatura mínima de tensão. Através desses dados, alguns autores concluem que o IDP é aquele que apresenta a menor quantidade de erros, entretanto reafirmaram a importância da Krigagem ao correlacionar de forma mais eficiente as diferenças topográficas.

Nesse sentido, buscou-se através da Plataforma Desktop © ArcGIS 10.3.1 desenvolvido pela ESRI avançar na interpolação desses dados já expostos em trabalhos supracitados, buscando atualizá-los não apenas na nova série temporal reunidas, mas buscar a utilização do MDE (modelo digital de elevação), para que se consiga uma melhor correspondência da interpolação das chuvas com o relevo local. Para tanto foi testado a Krigagem e o IDP como interpoladores para essa nova confecção dos mapas de isoietas.

Os dados coletados, tratados e tabulados foram então espacializados com as médias dos acumulados anuais e mensais. As estações dos municípios vizinhos foram utilizadas para melhorar a interpolação de modo a não se extrapolar muito os valores nas bordas do município e além da área mais próximas das estações, assim é possível compreender todas as nuances dessa distribuição. O MDE foi coletado através do CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) e plotado nos mapas. Bem como os dados de rodovias, coletados junto ao MMA (Ministério do Meio Ambiente) uma vez que essas, mesmo não influenciando a distribuição de chuvas, foram plotadas por serem importantes para a análise e objetos traçados nessa dissertação.

#### **4.1.4 Identificação dos anos padrões**

A identificação dos anos padrões é aqui exposta, pois acreditamos na importância dos mesmos para a compreensão da caracterização pluviométrica local. Esses dados foram trabalhados de forma abrangente para toda a Costa Verde e mais Rio Claro em Mattos (2017). O autor identificou a importância desses dados na correlação com os eventos extremos, evidenciando o que fora exposto por Sant'Anna Neto (2001, p. 80) sobre a importância da “escolha de períodos - padrão (anual, estacional, mensal e episódico) que seriam capazes de fornecer um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação com capacidade de produzir situações adversas”. Alguns dos resultados encontrados pelo autor acreditamos ser válido aqui destacarmos, assim a tabela 5 resume esses padrões para o período analisado.

Esses dados permitem observar principalmente que a distribuição espacial da pluviosidade não se dá de forma homogênea, ela terá variações associadas ao relevo, ao aporte de umidade e a relação continentalidade vs maritimidade, além de outros fatores geográficos e condições atmosféricas vigentes, que não serão aqui especificadas. A distribuição irá se assemelhar em termos de padrões ao observarmos estações mais próximas uma das outras e em condições climato-geográficas semelhantes, p. ex., Perequê e Mambucaba, São Bento e Mangaratiba, nas quais as variações, quando ocorrerem, deverão ser pequenas. Variações grandes ocorrem em regiões de contextos climato-geográficos diferentes, p. ex., o ano de 2005, onde nos municípios do litoral da Costa Verde o padrão é chuvoso ou tendente a chuvoso, em Rio Claro (localizado no topo da serra do Mar) teve padrão seco. Nessa etapa da pesquisa apenas atualizamos (para o período de 1996-2018) esses dados com base na mesma metodologia proposta em Armond (2014) focando apenas em Angra dos Reis, pois acreditamos que esses



dados podem nos auxiliar na compreensão dos eventos extremos dentro dos padrões anuais e sua correlação com os eventos geomorfológicos, que são mais comuns de ocorrência neste município. E, ainda, poderemos utilizar essa metodologia na compreensão mensal, e que permita compreender melhor a condição da umidade antecedente. Principalmente ao associarmos aos dados de CI, PCI anual, mensal e sazonal.

Tabela 5 - Correlação dos padrões anuais de pluviometria dos municípios da Costa Verde, segundo metodologia adaptada de Armond (2014).

	Angra dos Reis				Parati			Mangartiba	Rio Claro	
	Bracuí	São Bento	Mambucaba	Perequê	Paraty	Patrimônio	São Roque	Ibicuí	Barragem de Tocós	Lídica
1996	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	chuvoso	chuvoso	normal	normal	chuvoso	tendente a seco	chuvoso	chuvoso
1997	Seco	Seco	Seco	tendente a seco	Seco	Seco	normal	tendente a seco	normal	normal
1998	normal	normal	normal	normal	tendente a seco	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	Seco	normal	tendente a chuvoso
1999	normal	tendente a seco	normal	normal	tendente a seco	Seco	normal	Seco	tendente a chuvoso	normal
2000	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	tendente a seco	tendente a seco	tendente a seco	normal	Seco	normal	chuvoso	tendente a chuvoso
2001	tendente a seco	Seco	Seco	Seco	normal	Seco	Seco	tendente a seco	normal	normal
2002	tendente a chuvoso	normal	normal	tendente a seco	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	normal	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso
2003	normal	normal	normal	Seco	chuvoso	normal	normal	normal	normal	Seco
2004	normal	normal	tendente a chuvoso	normal	tendente a chuvoso	normal	normal	normal	normal	normal
2005	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	chuvoso	chuvoso	chuvoso	tendente a chuvoso	chuvoso	Seco	tendente a seco
2006	normal	normal	tendente a seco	tendente a seco	Seco	normal	normal	normal	tendente a seco	normal
2007	Seco	tendente a seco	tendente a seco	tendente a seco	tendente a seco	tendente a seco	Seco	tendente a seco	Seco	Seco
2008	normal	normal	tendente a chuvoso	chuvoso	tendente a chuvoso	normal	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	normal	tendente a chuvoso
2009	chuvoso	chuvoso	chuvoso	tendente a chuvoso	normal	chuvoso	normal	tendente a chuvoso	normal	chuvoso
2010	chuvoso	chuvoso	chuvoso	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	chuvoso	normal	chuvoso	normal	normal
2011	normal	normal	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso	normal	normal	normal	normal	Seco	tendente a seco
2012	Seco	tendente a seco	Seco	tendente a seco	Seco	Seco	normal	Seco	Seco	Seco
2013	chuvoso	chuvoso	chuvoso	chuvoso	normal	chuvoso	chuvoso	tendente a chuvoso	tendente a seco	tendente a chuvoso
2014	Seco	Seco	Seco	Seco	normal	Seco	Seco	Seco	tendente a seco	Seco
2015	tendente a seco	normal	normal	normal	chuvoso	normal	normal	chuvoso	tendente a seco	tendente a seco

Fonte: MATTOS (2017).

A metodologia de Armond (2014) consiste na aplicação das fórmulas expressas na tabela 6.

**Tabela 6** - Classes de tendência dos anos padrões e respectivas fórmulas utilizadas no estudo. Adaptado de Armond (2014).<sup>11</sup>

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

#### 4.1.5 Analisar a ocorrência de eventos extremos junto às condições sinóticas atuantes

A gênese dos fenômenos associa-se ao terceiro elemento da climatologia enquanto fenômeno de análise geográfica, como colocado por Sant'Anna Netto (2001) que se remete ao trabalho idealizado por Monteiro em sua tese de doutorado no ano de 1971. Nesse sentido, sua análise é de alto interesse para a compreensão climatológica. A gênese dos fenômenos meteorológicos e, principalmente, àqueles que causam prejuízos e impactos ao ocorrerem de maneira extrema pode ser evidenciado através do uso de imagens de satélite. Eichholz *et al.* (2015) e Vargas Jr e Campos (2015) apontam, respectivamente, para o uso das imagens de satélites como mecanismo de análise de sistemas meteorológicos ligados a ocorrência de eventos extremos no norte do Rio Grande do Sul em 10 de julho de 2007, e em todo estado do RS no período de 2004-2007, evidenciando a importância destas imagens nesse tipo de análise. Além das imagens de satélite, outro método importante é análise de cartas sinóticas. Sobre isso Armond (2014, p. 81) aponta que:

“A utilização das cartas sinóticas de superfície como subsídio à identificação dos tipos de tempo, possibilitando a relação entre a circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente; A influência da meteorologia dinâmica trazida por Serra (1941, 1970a, 1970b, 1971), da chamada escola escandinava, permitiu a base para a análise dos sistemas

<sup>11</sup> “Onde  $P$  e  $\bar{P}$  se referem aos valores de média de precipitação pluviométrica anual, durante o período de estudo (1996 a 2014) e  $\sigma$  se refere ao desvio padrão para esse mesmo período” (ARMOND, 2014). Valores de  $P$  podem igualmente ser adaptados para análises das precipitações mensais

atmosféricos na América do Sul. As cartas sinóticas, aliadas aos demais dados meteorológicos de superfície, cumprem papel fundamental na identificação da gênese dos fenômenos em movimento”.

Nesse sentido, cartas sinóticas coletadas dos sítios eletrônicos da marinha do Brasil e do CPTEC, bem como as imagens de satélite também disponibilizadas pelo CPTEC, serão reunidas para uma análise integrada desses dados, de modo a permitir uma melhor compreensão dos tipos de tempo atuantes para cada evento extremo que acarretou em eventos geomorfológicos intensos. A análise das cartas sinóticas será feita com base no sumário disponibilizado pelo próprio CPTEC e que pode ser compreendida pela observação da figura 22.

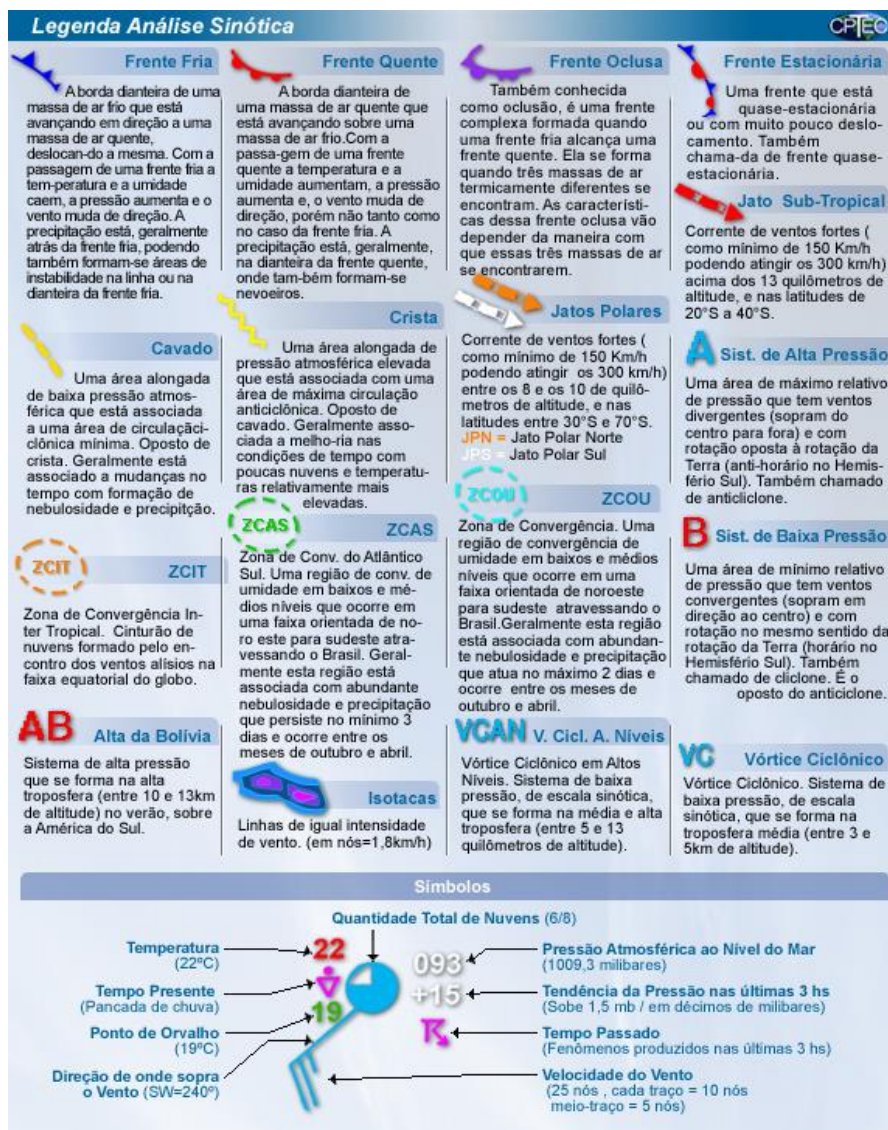


Figura 22: Legenda para análise sinótica dos sistemas meteorológicos atuantes. Fonte: CPTEC/INPE.

As cartas sinóticas da Marinha do Brasil foram coletadas no próprio site oficial da Marinha e através de contato direto através da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação). Os dados disponibilizados pelo DHN correspondem a um período superior ao do site, sendo coletadas as cartas das 00Z e 12Z, de todos os dias desde 01/01/1996 até 31/12/2018. A filtragem das cartas a serem utilizadas nessa pesquisa foi feita com base nos dias que ocorreram deslizamentos, que, por sua vez, foram coletados conforme a metodologia descrita no item 4.2. As imagens de satélites, GOES 8, 10, 12 e 13 do CPTEC, nos canais infravermelho e da temperatura do topo de nuvem realçada, foram coletadas para os horários das 0, 6, 12 e 18 Z, nos dias referentes aos deslizamentos, como no caso das cartas sinóticas, porém a coleta foi feita nas datas no qual o fenômeno meteorológico não fora possível de identificar via carta sinótica, ou no qual houve dúvidas.

#### **4.1.6 Investigação de quais seriam os valores de eventos extremos**

A determinação de valores extremos já foi almejada por inúmeros autores. É de extrema importância, uma vez que eles serão, em sua grande maioria, valores críticos utilizados, sobretudo quando pensamos em realizar cálculos de tempo de retorno.

Konrad II (1997) indica que precipitações de 50 mm em 6h seria considerado um caso extremo para o sudeste dos EUA. Chaves e Cavalcanti (2000) apontam para valores na ordem de 300% superiores a média diária climatológica para o Nordeste brasileiro e no qual a precipitação dure mais de 3 dias; enquanto Carvalho *et al.* (2002) aponta valores de 20% da chuva prevista para a estação em 24h no estudo sobre a América do Sul, e Vicente (2005) define valores de 50 mm em 24h para a área metropolitana de Campinas.

Vicente (2005) apontou esses valores ao identificar quais índices de precipitação diários estariam relacionados a impactos na cidade de Campinas. A autora ainda fez uma análise espacial desses impactos, identificando as zonas periféricas como as mais afetadas. Chaves e Cavalcanti (2000) encontraram valores com base no método de “Análise de Componentes Principais” acoplada a análise de “Cluster” para áreas homogêneas de Nordeste brasileiro. Armond (2014) utilizou como o mínimo de precipitação extrema para 24h o valor de 20 mm de chuva, na qual já geraria impactos de inundação para o Rio de Janeiro. A autora ainda complementou seus dados com base na equação desenvolvida pelo engenheiro Ulysses Alcântara para o município do Rio de Janeiro no qual foi possível identificar o valor de 50 mm em 24h. Collischon (2009) identificou para o município de Venâncio Aires (RS) valores extremos de precipitação de 30 mm de chuva. Tavares e Mendonça (2014) identificaram valores

de 120 mm em 72h ou 80 mm em 24h para Ubatuba no litoral do estado de São Paulo, pensando nos impactos dos deslizamentos para o município.

Genovez e Zuffo (2000) trabalharam com dados de precipitação do estado de São Paulo levantando inúmeras equações utilizadas no cálculo da intensidade da chuva. Os autores demonstraram a importância de se estimar as características geográficas nas equações. Vaes (2007) demonstra a importância do cálculo do tempo de retorno e, principalmente, a dimensão espacial da análise de um evento extremo. Ao identificar tempos de retornos diferentes para distintos locais dentro de uma bacia de drenagem na região dos Flanders na Bélgica, demonstrando a importância desse componente para o planejamento urbano.

O cálculo de índices extremos, para precipitações em 24h, já fora realizado em trabalhos anteriores, e exposto em Mattos (2017) para os municípios da Costa Verde. O autor levou em consideração os impactos gerados pelas chuvas em episódios de inundação, de movimentos de massa e de secas, encontrando os valores mínimos onde foi possível observar esses impactos pensando em valores de 24h, mas não considerando a umidade antecedente. E os valores encontrados pelo autor foram:

“**Angra dos Reis:** índices de 30 mm ocorreram casos de deslizamento de terra e de 29,4 mm ocorreram casos de alagamento, enquanto casos de seca o acumulado de chuva foi >155 mm abaixo da média mensal; **Mangaratiba:** casos de enchentes ligados a ocorrência de chuvas de 100 mm, e deslizamentos em casos de pluviosidade de 45 mm, e casos de seca o acumulado de chuva foi inferior a 115 mm da média mensal; **Parati:** índices de 96 mm ocorreram casos de deslizamento de terra e 104 de inundações. Enquanto casos de seca o acumulado de chuva foi inferior a 120 mm da média mensal” (p. 105).

O autor ainda destaca que o índice mínimo para ser considerado evento extremo só seria possível de ser pensado para Angra dos Reis, devido a quantidade de dados disponíveis. Ressaltou, também, que esse valor de 30 mm faz sentido tendo-se como base a definição de evento extremo trabalhado por ele e trazido novamente nesta pesquisa como colocado no item 3.1.2 por White (1974) *apud* Gregory (1985), onde o evento extremo é pensado como aquele que:

“excede a capacidade normal do sistema humano de refleti-los, absorvê-los ou amortecê-los, são inerentes ao acaso. Um evento extremo foi considerado como qualquer evento num sistema geofísico que mostre variância relativamente alta da média” (WHITE, 1974 *apud* GREGORY, 1985; p. 205).

Essa etapa de pesquisa é aqui exposta de modo a introduzir a etapa seguinte, uma vez que a base desse estudo já fora feita anteriormente, caberá nesse novo momento da pesquisa uma atualização de modo a ver se esse valor se mantém, como será discutido no item 4.2. Será

feita uma busca por atualizar os dados dos registros de movimentos de massa e, por sua vez, de seus impactos para uma série mais longa, considerando dados anteriores aos disponibilizados pela defesa civil angrense em seu sítio eletrônico (a partir de 2008). Esta nova análise poderá acarretar numa (re)interpretação dos dados e, também, sobre os impactos e, por conseguinte, da própria consideração dos eventos extremos “como aqueles que ultrapassam a capacidade de manutenção da “estabilidade” local” (MATTOS, 2017, p. 108) e também opta-se por fazer uma comparação dos dados de eventos extremos locais, com base nas discussões dos autores supracitados e da utilização da técnica dos percentis técnica explicitada pelo IPCC (2007) (90 e 95%) para identificação das chuvas que mais contribuiram para o cenário climatológico.

Retchless *et al.* (2014) ao levantarem os tipos de estudos feitos pelos geógrafos físicos americanos no que tange a eventos extremos climáticos e, principalmente, o quanto a precipitação extrema relacionam-se às inundações, valorizando a relação com a umidade antecedente. Essa abordagem também será fundamental em nosso estudo e será discutida no item 4.3.

Mattos (2017) ao concluir seu trabalho de monografia atestou que:

Buscou-se identificar padrões mensais e anuais que facilitassem a compreensão do evento extremo, enxergando em conjunto a importância do relevo na explicação dos índices pluviométricos tão elevados encontrados na Costa Verde. Essas excepcionalidades climáticas contribuem para a ocorrência de eventos geomorfológicos catastróficos, que associado a ocupação desordenada, podem gerar graves prejuízos a economia local. No trabalho procurou-se, portanto, embasar a discussão em termos climatológicos, uma vez que entendermos a importância destes na geração de eventos geomorfológicos é a base da climatologia que subsidia uma análise sistêmica. Assim, aprofundar a discussão de processos geomorfológicos e climatológicos é de extrema relevância e constitui-se como importante objeto futuro de estudo (MATTOS, 2017, p. 108-109).

Ressalta-se, assim, a importância de se levar em conta novos parâmetros de análise, de modo a complementar e aprofundar seu estudo. Dentre eles, a análise que considere a umidade antecedente, concentração de precipitação, valores críticos para a deflagração de movimentos de massa. O autor ainda discute, em outro momento, a importância de se avaliar os impactos espacialmente e que também buscaremos discutir aqui conforme as metodologias de análise expostas nos pontos 4.2.1 e 4.2.3.

#### **4.1.7 Parâmetros importantes na mensuração e qualificação da precipitação**

Um dos pontos de maior interesse quando se trata de eventos extremos e/ou uma análise de pluviometria (e demais variáveis meteorológicas) é a compreensão do tempo de recorrência. Tavares e Mendonça (2014) apontam que a análise desse parâmetro encontra sua justificativa

na climatologia dinâmica de C. A. F. Monteiro e que nos permite compreender aspectos da dinâmica climática, a partir da análise dos padrões, anteriormente citados. Os autores ainda trabalham com a ideia de Lefebvre sobre o ritmo social, ao englobar essas duas dimensões chegam a ideia central da importância do tempo de recorrência, ao afirmarem que “não existe ritmo sem repetição no tempo e no espaço, sem reprises, sem retornos, resumidamente, sem cadências” (p. 77). Os autores partem dessas noções para contrapor o ritmo humano e o da natureza para compreender a ocorrência de deslizamentos de encostas em Ubatuba (SP).

Nesse sentido, os autores partiram de dados das estações do período de 1971 a 1999 e, a partir dele, aplicaram análises estatísticas para compreensão da tendência central, dispersão e probabilidade, onde se encontra o tempo de retorno. Dessa forma, os parâmetros analisados foram: “frequência mensal absoluta de totais pluviais superiores a 80 mm - extremo para a área de estudo (comentário nosso) -, número máximo e médio de dias de sequências chuvosas por mês, totais pluviais máximos em 24h, totais pluviais da sequência chuvosa de 1971 – 1999, frequência do número de dias das sequências chuvosas, frequência absoluta por década dos totais pluviais 80 mm/dia, frequência do mês mais chuvoso por década, totais pluviais do mês mais chuvoso por década, frequência do mês com o maior número de dias com chuva, frequência máxima e absoluta do trimestre e semestre mais chuvoso e mais seco” (p. 82). Os autores ainda pontuam que o tempo de recorrência fora realizado para chuvas acumuladas de 80, 100 e 120 mm em 24h e 80, 100, 120 e 150 mm em 72h.

Esses dados são importantes para a compreensão da dinâmica pluviométrica entretanto, nem todos os cálculos anteriormente citados são possíveis de serem realizados uma vez que os dados disponíveis para a área de estudo se refere a uma série de dados menor que uma normal climatológica, pois só temos 23 anos completos e dados anteriores também não são muito extensos, além de falhos e de não coincidir com o período para todas as estações. Sendo assim, foi decidido buscar novos parâmetros que nos permitam compreender a dinâmica pluviométrica de forma mais completa possível para área de estudo. Deste modo, optou-se por calcular a distribuição da frequência da precipitação por classe de precipitação, o que nos permite ver a contribuição de cada classe na precipitação local e, por consequência, os valores extremos. Também fora calculado o número de dias chuvosos por ano, mensal e médio, totais pluviais máximos em 24h e os Índices de Concentração (IC) por estação e anual e o Índice de Concentração de Precipitação (IPC) anual e sazonal.

Desses novos parâmetros, aqueles que cabem uma explicação mais detalhada são o IC e o IPC. O primeiro é um índice proposto por Martin-Vide (2004). Este índice como atesta Pinheiro *et al* (2017) é utilizado na compreensão das variações temporais da precipitação, o



presente índice tem como base a análise das classes de frequência e nos permite “quantificar a irregularidade pluviométrica à escala diária e avaliar o carácter mais ou menos torrencial das precipitações” (FRAGOSO *et al.*, 2010, p. 245). Martin-Vide (2004) justificará a importância de se considerar as classes de frequências nos estudos de precipitação e demonstra que a mesma possui uma distribuição exponencial negativa, ao afirmar que:

“Em termos da estrutura estatística da precipitação diária, é sabido que a distribuição das frequências, em geral, é ajustável por uma distribuição exponencial negativa (BROOKS e CARRUTHERS, 1953). Isso ocorre porque ao classificar e tabular os valores da precipitação diária por quantidades, sua frequência absoluta decresce exponencialmente, começando nas classes mais baixas. Portanto, em um determinado tempo e espaço, ocorrem muitas pequenas quantidades diárias de precipitação, enquanto poucos grandes totais diários ocorrem. Estas grandes quantidades escassas podem, no entanto, ter um peso considerável, isto é, representam uma percentagem notável na quantidade total de determinado lugar”(p. 960).<sup>12</sup>

Dessa forma, a metodologia consiste em analisar a contribuição de cada classe de precipitação em termos de seus percentuais dos totais pluviométricos de cada classe (Y) e o percentual corresponde ao número de dias de chuva (X). Para tanto, é feita uma distribuição de frequência em classes 1mm, 0,1 mm – 0,9 mm, 1 mm – 1,9mm e sucessivamente até o maior valor da precipitação da estação, numa primeira coluna. Na segunda coluna é feito o valor médio de cada classe (*midpoint*). Na terceira identifica-se o total de dias de chuva (Ni) em cada uma das classes, e em seguida, na quarta coluna apresenta-se o somatório ( $\sum Ni$ ) desses dias. Na quinta é feito o cálculo do total de precipitação dentro de cada classe (Pi), para isto multiplica-se o número de dias de chuvas (Ni) pelo *midpoint* de cada classe, trata-se de uma aproximação suficientemente precisa, na percepção de (MARTIN-VIDE, 2004), na sexta coluna temos o somatório de Pi ( $\sum Pi$ ). Por fim, as porcentagens das colunas quatro e seis são apresentadas nas colunas sete (X) e oito (Y) respectivamente. Na figura 23 podemos ver um exemplo dessa coluna presente no trabalho do referido autor.

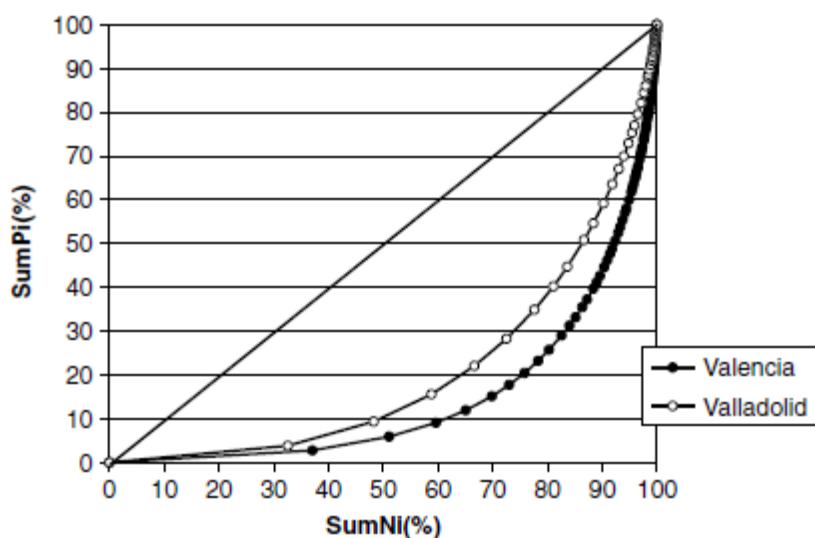
---

<sup>12</sup> Tradução nossa para: “In terms of the statistical structure of daily precipitation, it is known that the distribution of its amount frequencies is, in general, adjustable by negative exponential distributions (Brooks and Carruthers, 1953). This is so because, in classifying and tabulating the daily precipitation amounts by length, their absolute frequencies decrease exponentially, starting with the lowest class. Therefore, in a given period and place, many small daily amounts of precipitation occur, whereas few large daily amounts do. These scarce large amounts may, nonetheless, have a considerable weight, i.e. represent a notable percentage in the total amount of the given place.”

Class	Midpoint	$n_i$	$\sum n_i$	$P_i$	$\sum P_i$	$\sum n_i(\%) = X$	$\sum P_i(\%) = Y$
0.1-0.9	0.5	1355	1355	677.5	677.5	32.6	3.8
1.0-1.9	1.5	651	2006	976.5	1654	48.3	9.4
2.0-2.9	2.5	438	2444	1095	2749	58.8	15.6
3.0-3.9	3.5	326	2770	1141	3890	66.7	22.1
4.0-4.9	4.5	244	3014	1098	4988	72.5	28.3
5.0-5.9	5.5	212	3226	1166	6154	77.6	34.9
6.0-6.9	6.5	144	3370	936	7090	81.1	40.2
7.0-7.9	7.5	106	3476	795	7885	83.7	44.7
8.0-8.9	8.5	127	3603	1079.5	8964.5	86.7	50.8
9.0-9.9	9.5	70	3673	665	9629.5	88.4	54.6

**Figura 23** – Exemplo de um tabela de distribuição de frequência da classe 1 mm, relativo a frequência acumulada X e as percentagens correspondentes do total de precipitação Y in Valladolid (1951-90) usada no cálculo do CI utilizada por Martin-Vide (2004).

Uma vez construída a tabela é possível calcular os gráficos onde é possível observar a curva exponencial de Lorentz (Figura 24)



**Figura 24** - Curva de Lorentz calculada por Martin-Vide (2004) para estação de Valladolid (Espanha).

Essa reta é explicada de forma mais clara por Pinheiro *et al.* (2017) “representa a igualdade da quantidade de precipitação diária e a curva representa a concentração em função da distância relativa, com referência à reta de equidistribuição. O autor explica que a poligonal criada abaixo da reta equidistante pode representar irregularidade. Deste modo, quanto maior é o distanciamento maior é a concentração e a irregularidade da precipitação”, Martin-Vide explica que “a área S cercada pela bissetriz do quadrante e a linha poligonal fornece uma medida de concentração” (2004, p. 963). E, assim, a partir disso o autor realiza uma sequência de cálculos demonstradas nas equações 2 e 3, que retomaram o valor do índice de concentração.

Para o cálculo do índice, optamos por utilizar o *software R Studio*, onde através do pacote *precinticon*, desenvolvido por Povia e Nery e que segunda sua própria descrição no *software* contém “as funções para análise da intensidade da precipitação concentração e anomalias”.

$$Y = aX \exp(bX), \quad (2)$$

O calculo de  $a$  e  $b$  é feito com base no calculo dos minimos quadrados assim temos as próximas equações:

$$\ln a = \frac{\sum X_i^2 \sum \ln Y_i + \sum X_i \sum X_i \ln X_i - \sum X_i^2 \sum \ln X_i - \sum X_i \sum X_i \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (3)$$

$$b = \frac{N \sum X_i \ln Y_i + \sum X_i \sum \ln X_i - N \sum X_i \ln X_i - \sum X_i \sum \ln Y_i}{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (4)$$

A partir disso “uma vez que ambas as constantes foram determinadas, a integral definida da curva exponencial entre 0 e 100 é a área  $A$  sob a curva” (MARTIN-VIDE, 2004, p. 964) assim temos a equação 5:

$$A' = \left[ \frac{a}{b} e^{bx} \left( x - \frac{1}{b} \right) \right]_0^{100} \quad (5)$$

“A área  $S$  comprimida pela curva, a linha de equidistribuição e  $X = 100$  é a diferença entre 5000 e o valor da Equação (5) e a partir deste valor, o seguinte índice diário de concentração de precipitação pode ser definido” (2004, p. 964) (Equação 6):

$$CI = 2S' / 10000 \quad (6)$$

Os valores de CI foram então calculados, como já mencionado, via o pacote *precinticon*. Porém cabe ressaltar a importância desses dados, o índice CI foi aplicado em diferentes partes do globo e por inúmeros autores, como por exemplo: Martin-Vide (2004) para a Península Espanhola; Fragoso *et al.* (2010) para Portugal continental e o arquipélago de Cabo Verde; Rampazo (2014) para o estado de São Paulo; Benhamrouche *et al.* (2015) para a Argélia; Pinheiro *et al.* (2017) para a bacia do Alto Iguaçu no Paraná; Vyshkvarkova *et al.* (2018) para a Rússia meridional. Todos esses autores explicitam a importância desse índice e da análise da precipitação diária ressaltando não só o interesse climatológico, mas também geomorfológico e para fins de planejamento. Vyshkvarkova e colaboradores irão afirmar que:

“A análise da precipitação em uma resolução diária constitui um assunto de grande interesse, devido à sua forte variabilidade temporal. Muitos fenômenos ambientais, como inundações, secas e erosão do solo, deslizamentos de terra, entupimento de reservatórios por sedimentos, etc., resultam da irregularidade temporal das chuvas. Devido ao fato de que fortes chuvas se concentram em poucos dias por ano, a aparência ou não destes dias pode mudar o caráter, chuvoso ou seco, de um ano. Portanto, esse interesse não é apenas de natureza climatológica, mas também se refere a outras áreas do meio ambiente e da sociedade. Em termos gerais, o manejo da água, o uso da terra e o planejamento territorial devem levar em conta a concentração diária de chuvas para um melhor planejamento dos recursos hídricos, agricultura, terra edificável, vias de comunicação, etc.” (VYSHKVARKOVA *et al.*, p. 36, 2018)<sup>13</sup>

O índice CI varia de 0-1, sendo que quanto mais próximo de 0 menos concentrada é a precipitação e mais próximo de 1 maior é essa concentração. Martin-Vide (2004) chega a um valor base do índice de concentração de 0,66, onde 25% dos dias chuvosos correspondem a 75% do total da precipitação, valores bases usados também por Fragoso *et al.* (2010), Rampazo (2014) e Benhamrouche *et al.* (2015). Pinheiro e colaboradores (2017) destacam valores acima de 0,6, mas fazem uma classificação que corresponde a valores “abaixo de 0,50 podem ser considerados de concentração baixa da precipitação, entre 0,50 e 0,60 moderados, entre 0,60 a 0,70 altos, e acima de 0,70 muito altos”(p. 273). Vyshkvarkova *et al.* (2018) tomam como base inicial de discussão valores  $CI > 0,61$  onde 70% da precipitação ocorrem em 25% dos dias, sendo considerada alta,  $0,55 < CI < 0,61$  considerado moderado e  $CI < 0,55$  baixo. Os autores citados anteriormente chegaram respectivamente a diferentes valores de CI em suas áreas e os espacializaram. Os valores encontrados variam entre:

- 0,56 – 0,71 – Espanha (MARTIN-VIDE, 2004).
- 0,45 – 0,64 – Portugal Continental (FRAGOSO *et al.*, 2010).
- 0,77 – 0,92 – Cabo Verde (FRAGOSO *et al.*, 2010).

---

<sup>13</sup> Tradução nossa para: “The analysis of precipitation in a daily resolution constitutes a subject of great interest, because of its strong temporal variability. A lot of environmental phenomena as floods, drought and soil erosion, landslides, clogging of reservoirs by sediments, etc. result from the temporal irregularity of rainfall. Due to the fact that heavy rainfall is concentrated in a few days per year, the appearance or not of these days can change the character, rainy or dry, of a year. Therefore this interest is not only of a climatological nature, but also refers to other areas of the environment and of society. In general terms the water management, land uses and the territorial planning should take into account the daily concentration of rainfall for better planning of water resources, agriculture, buildable land, communication routes, etc.”

- 0,42 – 0,49 – São Paulo (RAMPAZO, 2014).
- 0,57 – 0,70 – Argélia (BENHAMROUCHE *et al*, 2015).
- 0,54 – 0,65 – Alto Iguaçu (PINHEIRO *et al.*, 2017).
- 0,557 – 0,632 – Rússia Meridional (VYSHKVARKOVA *et al.*, 2018).

Outro índice relevante e que aqui foi calculado é o PCI (*Precipitation Concentration Index*). A justificativa de escolha desse índice aproxima-se daquela explicitada por Vyshkvarkova e colaboradores, porém esse índice possui outras peculiaridades se aproximando de discussões importantes no que tange a erosividade do solo, mas que também pode ser aplicada para os fins deste trabalho. O PCI ou IPC é um índice que permite quantificar a “concentração de precipitação fornecendo informações da forma como os totais anuais de precipitação são distribuídos em cada mês” (TOLIKA, 2018, p. 2). Essa quantificação, além de mensal pode se dar de forma anual, sazonal e suprasazonal. Michiels *et al.* (1992) ressaltam a importância da análise da concentração das chuvas, ao atestar a relevância que esse aspecto tem dentro das interpretações do clima, uma vez que a distribuição da chuva é “variável, irregular e imprevisível” dentro de um mesmo ano e entre anos e estações. O cálculo do PCI é demonstrado pelas equações 7 e 8 abaixo e apresentadas no trabalho de Tolika (2018):

$$PCI(annual) = \frac{\sum_{i=1}^{12} (p_i)^2}{(\sum_{i=1}^{12} p_i)^2} \cdot 100 \quad (7)$$

$$PCI(seasonal) = \frac{\sum_{i=1}^3 (p_i)^2}{(\sum_{i=1}^3 p_i)^2} \cdot 50 \quad (8)$$

Oliver (1980) o proponente desse índice quantificou os seguintes valores de referência:

- PCI < 10 – Concentração uniforme.
- 10 < PCI < 15 – Concentração moderada.
- 15 < PCI < 20 – Concentração alta.
- PCI > 20 – Concentração muito alta.

Michiels *et al.* (1992) afirma que esse índice se torna importante se considerarmos a fins de comparação entre diferentes estações por ser um índice adimensional. E também colocará que “o Índice de Concentração (ICP) é obtido da seguinte forma: quando a precipitação em cada mês do ano é a mesma, o PCI é igual a 8,3 (CV = 0); quando todas as chuvas do ano

ocorrem em um único mês, o PCI é igual a 100 (CV = 100)” (p. 46). O autor ainda destaca uma separação de classes e índices de referência, conforme a figura 25, para o índice sazonal e o anual.

<b>Índice de Concentração de precipitação</b>	<b>PCI (1) Concentração sazonal</b>	<b>PCI (2) Concentração anual</b>
<10	Uniforme	Uniforme
11-15	Moderadamente sazonal	Moderadamente concentrada
16-20	Sazonal	Concentrada
>20	Fortemente Sazonal	Fortemente concentrada

**Figura 25** - Valores de referência da classificação do PCI sazonal e temporal. Fonte: Michels *et al.* (1992, p. 48).

#### **4.2 Investigação dos eventos extremos associados à deflagração de processos geomorfológicos**

Um dos primeiros passos a se realizar para avançar na discussão a cerca dos limiares críticos para a deflagração de eventos geomorfológicos é a identificação dos eventos extremos de precipitação, que acarretaram em movimentos gravitacionais de massa. Essa etapa da pesquisa já fora evidenciada por inúmeros autores (p. ex.: IDE, 2005; GIANNECCHINI, 2006; CASTRO, 2006; SOARES, 2006; OLIVEIRA, 2014). Esses trabalhos estão focados na identificação dos limiares críticos e, também, outros autores estão focados na definição de eventos extremos, como p. ex.: Tavares e Mendonça (2014); Mattos e Silva (2016; 2017); Mattos (2017). Um dos primeiros passos para identificar essa correlação é buscar em bases de dados de órgãos competentes, p. ex.: defesa civil, corpo de bombeiros, empresas de energia, órgãos ambientais e, também, as datas das ocorrências dos eventos geomorfológicos na mídia em geral. Nesta pesquisa, são os movimentos de massa e as inundações que serão investigados e tabulados em paralelo aos dados de ocorrência de episódios de precipitação extrema. Buscando, assim, identificar o valor da precipitação ocorrida para cada evento.

Mattos (2017) e Mattos e Silva (2017) já realizaram um levantamento preliminar para a região da Costa Verde, porém, mais especificamente, para o período que vai de 2008 a 2015, ao se apropriarem dos dados disponibilizados pela defesa civil municipal de Angra dos Reis e Mangaratiba, bem como em sites da prefeitura e de jornais. Esses dados procuram estabelecer uma melhor correlação para identificação dos limiares críticos de chuva para a ocorrência dos movimentos gravitacionais de massa e inundações e, também, para os possíveis impactos desses eventos extremos de precipitação sobre a circulação viária.

Buscamos ampliar esses dados através de uma análise mais profunda nas mídias *online* e impressas, buscando inclusive no acervo da Biblioteca Nacional, além de acervos locais sobre eventos extremos e, principalmente, da deflagração de eventos geomorfológicos mais antigos. Toda esta busca procurou levantar uma base de dados mais completa para, assim, buscar traçar as correlações necessárias e a tabulação de dados que tornem essas relações mais claras. Esta etapa foi realizada com auxílio do uso do *software* Excel, para a organização e cálculo de operações estatísticas dos dados coligidos. Esses dados correspondem a um universo de 56 dias, coletados nos sites da mídia, de ocorrências em diferentes pontos do município e, além dos dados de dias de eventos geomorfológicos, buscamos observar a quantidade de precipitação associada, os principais impactos e sua espacialidade, quando possível.

Os dados foram coletados juntos a defesa civil municipal e, mais precisamente, na secretaria de meio ambiente, onde podemos elaborar duas tabelas: a) uma com todas as ocorrências de deslizamentos no período de 2007-2018, totalizando 2.158 ocorrências atendidas pela defesa civil relacionados aos deslizamentos, distribuídos em 575 dias. Os dados fornecidos contem informações das ruas que ocorreram o deslizamento, o bairro e o complemento do endereço; e b) uma segunda tabela com 9.746 ocorrências, dessas 4.185 são relacionadas a atendimentos associados a desastres ambientais. Totalizando assim 11.904 ocorrências. Logo, partindo desses dados fizemos uma síntese das ocorrências que serão aqui apresentadas na tabela 7, sendo os dados mais bem explicados e esmiuçados no capítulo de resultados.

O total de 2.158 eventos atendidos pela Defesa Civil foram organizados de acordo com a ocorrência por bairros, ruas, meses, anos e dias.

**Tabela 7:** Total dos registros atendidos pela Defesa Civil de Angra dos Reis (2007-2018) ordenados por classe de ação. Elaboração Própria.

Registros de ocorrências atendidas pela Defesa Civil de Angra dos Reis diversas causas (2007-2018)	
Tipo de ocorrência	Total
Ações na rede de drenagem (Antrópica)	97
Análise área de risco	96
Aterros	60
Ausência de contenção	648
Ausência de drenagem	804
Ausência de estrutura em concreto armado	48
Ausência de proteção	484
Construção em área de risco	32
Construção em área irregular	9
Cortes (Talude e outros)	176
Danos em Telhados	31
Desabamentos total, estrutural, parcial de imóveis	510
Desmatamento	24
Escavação	45
Interdição de Área	417
Interdição de via	164
Muros de Contenção	70
Problemas de fundação	31
Problemas em estruturas (Imóvel, Alvenaria, Estruturas, Laje, Incêndios etc.)	459
Problemas em Instalação Hidráulica	31
Problemas na Instalação Elétrica	1
Problemas na Instalação Sanitária	43
Queda de árvore	342
Reavaliações	118
<b>Relacionadas ao Meio Ambiente</b>	<b>6.343</b>
Remoção de lixo ou entulho	91
Vistorias em geral	426
Não Informada	245
Outros	59
<b>Total</b>	<b>11.904</b>

Fonte: Defesa Civil de Angra dos Reis e Secretaria do Meio Ambiente.

Esses dados passaram por um filtro quando distribuídos por datas (Total de 631 datas somadas), em alguns casos constatou-se que ocorreram deslizamentos em dias sem chuva. O filtro consistiu então de observar a condição antecedente de umidade e observar se nesses dias houve núcleos convectivos via imagens de satélite GOES – foram utilizadas nesse procedimento imagens do GOES 8,10,12 E 13 – no canal “T realçada” e infravermelho, mas que não fora registrado nas estações ou por algum erro de medida ou por ter ocorrido em outros



pontos do município não coberto pelas estações disponíveis. A filtragem torna-se também importante uma vez da possibilidade de os registros da defesa civil serem publicados dias após a ocorrência real do deslizamento. Acredita-se que assim haveria uma análise mais rigorosa do dia de ocorrência registrado, pois este poderia não ser derivado do mesmo dia do deslizamento, ou corresponder a um erro de preenchimento primário do registro.

Com a aplicação dos filtros e tratamentos supracitados restaram um total de 496 datas e um total de registros de 1.894 ocorrências das 2.357 iniciais. Uma redução de cerca de 21% dos dados originais. Apesar de elevado o valor, esse tipo de filtragem se fez necessário pelos motivos supracitados.

#### **4.2.1 Espacialização dos dados de MGMs**

Castro (2006) e Armond e Sant'Anna Neto (2017) realizaram em seus trabalhos uma espacialização dos locais onde houve mais registros de deslizamentos de massa e inundações, respectivamente, para os municípios de Ouro Preto e Rio de Janeiro.

Castro (2006) apoiou-se numa atualização dos dados encontrados em Bonuccelli (1999), partindo de uma base viária da cidade e plotados na carta topográfica de 1:50.000. O autor buscou realizar, a partir do inventário realizado sobre os movimentos de massa, o georreferenciamento dos registros de movimentos de massa através da plataforma Desktop © ArcGIS 9.0, onde o autor buscou plotar o endereço onde o deslizamento havia ocorrido, se limitando a área urbana do município de Ouro Preto. Esse trabalho foi realizado para todos os anos da série em que ocorreram MGMs, para a partir deste plano de informação com a plotagem dos MGMs, gerar um mapa contendo o zoneamento de áreas críticas. Esse foi feito segundo os seguintes critérios:

”[...] que foram relacionados à concentração de ocorrência registrado na região, às dimensões da área atingida e ao histórico das condições geológicas do local. Foi adotada como referência para o zoneamento das áreas de riscos a escorregamentos uma relação entre o número de escorregamentos e a área atingida. Essa relação foi considerada como nível alto para 10 ocorrências a cada 7.000 m<sup>2</sup>, o que é equivalente a aproximadamente um quarteirão (considerando que a área de um quarteirão equivale a 10.000 m<sup>2</sup>). Para o nível médio essa relação foi de 5 ocorrências a cada 7.000 m<sup>2</sup> e para nível baixo de 2 ocorrências para a mesma área.[...]. A concentração das ocorrências no local foi estipulada em relação ao número de pontos no local. Se houve muitos registros de ocorrências, a zona foi considerada como de alta concentração e se houve poucos registros a zona foi definida como de pequena concentração.[...]. Foram realizadas visitas ao campo onde ocorreram os registros de ocorrências dos movimentos. De acordo com essas visitas ao campo, foi possível verificar a região em relação aos seus aspectos gerais, tais como, o declive da encosta, a densidade de ocupação no local, qualidade do terreno e o nível das práticas construtivas e averiguar as cicatrizes ainda existentes dos escorregamentos cadastrados” (CASTRO, 2006, p. 55).

Já Armond e Sant’Anna Neto (2017) levantaram os dados de inundações de acordo com o número de ocorrências relatados em cada bairro do município do Rio de Janeiro, a partir das citações encontradas em notícias do jornal “Extra”, que correspondem ao evento de inundação registrado naquele bairro. Assim, um mapa pode ser feito com bases nessas citações e representam, em teoria, os bairros mais atingidos por esses eventos.

Nesse sentido, e a partir da proposta de levantamento de dados de eventos geomorfológicos descrita, a partir do plataforma DESKTOP © ArcGis 10.1, foi realizado um inventário similar a esses dados, de modo a termos uma melhor distribuição espacial da ocorrência dos mesmos. Os dados descritos no subitem 4.2 foram espacializados por bairros, tendo como *shapefile* base os setores censitários do IBGE, a partir desses setores os agrupamos por bairros via ferramenta *Union* do ArcGis 10.1 e complementados manualmente com os dados coletados na defesa civil, no acervo O Globo e nos dados coletados anteriormente. Optou-se também por espacializar os dados da defesa civil via malha de pontos. Estes pontos foram extraídos através dos endereços de ruas fornecidos na tabela de ocorrências e especializados, via *software* Google Earth, e depois exportados via kmz para o ArcGis 10.1. Para complementar o mapa confeccionado utilizou-se os dados de cicatriz de deslizamentos coletados junto ao CPRM, no diagnóstico de risco realizado para o município.

Armond (2014, p. 31) aponta para a importância desse procedimento ao afirmar que “identificar os locais nos quais esses episódios acontecem, e o porquê da sua ocorrência nesses locais, reflete a sua geograficidade e a importância da abordagem geográfica”. Nisso recai a importância da abordagem geográfica previamente discutida, além da importância de embasar essas ocorrências em bases meteorológicas como já mencionados, bem como a análise dos impactos sob a ótica que será debatida adiante.

#### **4.2.3 – Os impactos dos deslizamentos na circulação**

Os impactos, sobretudo, dos eventos extremos, e ainda mais aqueles relacionados a chuva, como já mencionado, ocorrem de forma irregular sobre o espaço. Esses impactos serão reflexo da intensidade da chuva, sua duração, sua excepcionalidade, sua relação com o relevo e também estarão ligados às características humanas e sociais, e, portanto, a própria formação histórica, política, econômica e social de dada sociedade.

Dentro dessa visão, Ayoade (2013) aponta para as atividades econômicas e como o clima relaciona-se com elas. Este autor coloca que as atividades econômicas, dependentes de fatores sensíveis ao clima, constitui um objeto de vulnerabilidade da sociedade e associa-se ao quanto está preparada uma sociedades para lidar com impactos climáticos adversos. Não se

trata aqui de se discutir e conceituar a vulnerabilidade, mas sim apontar os caminhos para a compreensão dos impactos sobre a circulação de pessoas e meios de transporte. A partir dessa ideia, é possível abordarmos uma ótica geográfica nesta análise ao associarmos a construção social na produção do espaço e, neste caso, o urbano afetando e impactando o planejamento.

Zanella e Olimpio (2014) investigaram os impactos da inundação em Fortaleza – CE, partindo da visão de Deschamps (2004), e afirmam que há uma relação clara entre a localização de indivíduos com a desvantagem social de áreas, onde há risco de ocorrer um evento adverso. A espacialização dos impactos dos eventos pluviométricos analisados pelos autores resultou na identificação de graves impactos localizados às margens do rio Manguapinho. Segundo o levantamento dos autores esta área corresponde a uma das mais pobres da capital cearense, onde o crescimento populacional se deu de forma desordenada e onde os índices socioeconômicos são os mais críticos e indicam uma baixa condição dessa população de enfrentar “positivamente as predisposições do meio natural” (ZANELLA e OLIMPIO, 2014, p. 126).

Pelling (2011) em seu livro<sup>14</sup> avalia a adaptação às alterações climáticas. Ele parte da noção central que a adaptação é um ato social e político e que o caminho para a adaptação, que, por sua vez, também tem razões sociopolíticas que o regem, parte de três noções: resiliência, transição e transformação. Essas são:

“A adaptação para construir a resiliência atua no nível mais contido, buscando apenas mudanças que permitam a persistência de funções e práticas existentes e, desse modo, não questionando suposições subjacentes ou as assimetrias de poder na sociedade. A transformação é a forma mais profunda de adaptação indicada pela reforma em regimes de economia política e discursos culturais associados à segurança e ao risco do desenvolvimento. A transição atua em um nível intermediário de engajamento, concentrando-se no regime de governança, mas através de atos que buscam assegurar direitos e responsabilidades plenas, em vez de fazer mudanças no regime”<sup>15</sup> (PELLING, 2011, p. 58).

Partindo desses pontos iniciais da discussão teórico-metodológica de Pelling (2011) podemos nos apropriar e adaptar a etapa inicial de resiliência colocada por ele: onde podemos compreender os impactos dos deslizamentos sobre a circulação. Tendo em vista isso podemos

---

<sup>14</sup> Adaptation to Climate Change, From Resilience to Transformation.

<sup>15</sup> Tradução nossa para: *Adaptation to build resilience acts at the most contained level, seeking only change that can allow existing functions and practices to persist and in this way not questioning underlying assumptions or power asymmetries in society. Transformation is the deepest form of adaptation indicated by reform in over-arching political-economy regimes and associated cultural discourses on development security and risk. Transition acts at an intermediary level of engagement, focusing on the governance regime but through acts that seek to assert full rights and responsibilities rather than make changes in the regime.*

tomar como direcionamento o que Monteiro (2003) coloca ao abordar os impactos hidrometeorológicos como causadores de dificuldades no transporte de pessoas e mercadorias.

Podemos associar essa leitura aquilo que Monteiro já apontava em 1976 sobre seu estudo de relação do clima no espaço, Monteiro (1976) propõe que deve-se buscar identificar não só as variáveis e sistemas meteorológicos responsáveis pela caracterização climática, como também, as relações entre essas e as atividades econômicas no estado paulista. O autor buscou identificar como os atributos climáticos atuam na “organização dos sistemas antrópicos” (p. 10). Identificando assim duas abordagens: uma econômica e outra ambiental. Nesse sentido, se acopla a discussão anteriormente feita do clima enquanto recurso e fenômeno geográfico.

Monteiro (1976) identifica como o clima atua na organização econômica, tanto no espaço agrário, quanto no urbano-industrial e, mais especificamente, na produção de energia, na indústria e nos transportes. Nesses últimos, recaem nossa atenção, onde Monteiro indica que devemos tomar essa vulnerabilidade dos transportes sob duas óticas: uma partindo de uma análise da distribuição anual da pluviosidade associada aos calendários de construção de rodovias e uma mais rotineira aliada a conservação das mesmas. No que tange a conservação, deve-se considerar o impacto de extremos climáticos, inundações e no nosso caso os movimentos gravitacionais de massa como tendo grande repercussão. Monteiro (1976) já atesta esse problema para o trecho da Serra do Mar no litoral Paulista.

Deste modo, buscaremos identificar ruas, rodovias e estradas onde há uma maior frequência de deslizamentos, procurando identificar os possíveis impactos que esses processos causam sobre as mesmas. Este item da pesquisa foi realizada através de uma leitura quantitativa dos dados da defesa civil municipal, do levantamento de reportagens do ‘Acervo O Globo’ e via imagens de satélite através do Google Maps, para uma melhor análise de onde essas estradas estão localizadas e da identificação de características físico-ambientais das mesmas.

#### **4.3 Investigação dos limiares de chuvas para a ocorrência de eventos de movimentos gravitacionais de massa**

Inúmeros estudos foram elaborados visando compreender a correlação movimentos de massa e precipitação, p. ex. Guidicini e Iwasa (1976); Caine (1980); Tartizana *et al.* (1987); Castro (2006); Giannichinni (2006); Soares (2006); Parizzi *et al.* (2010) e Oliveira (2014). Em geral, esses estudos buscaram definir limites críticos de valores de precipitação, onde a partir do momento que esse nível fosse superado haveria uma maior probabilidade de ocorrência de movimentos gravitacionais de massa. Em nossa pesquisa, buscaremos definir os

limites que possam ser aplicados para a compreensão da deflagração de MGMs no município de Angra dos Reis.

Lumb (1975) analisou o mesmo mecanismo em Hong Kong, porém com a precipitação antecedente de 15 dias *vs* a precipitação do dia do evento. Guidicini e Iwasa (1976) procuraram avaliar a importância da umidade antecedente de 3, 7, 15, 30, 60, 90 e 120 dias a ocorrência do evento.

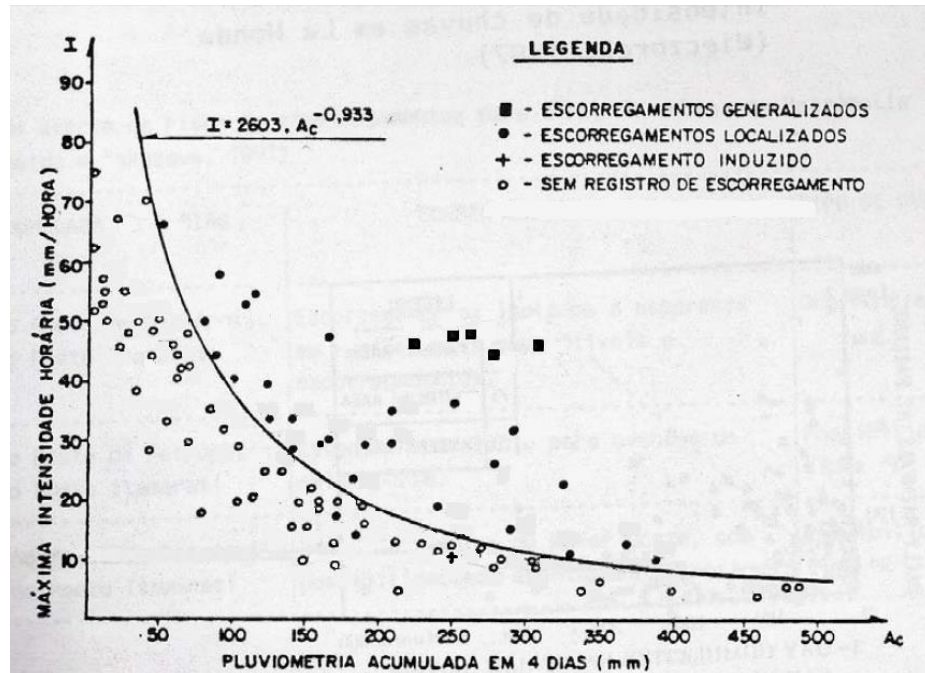
Tartizana *et al.* (1987) procuraram identificar o número de dias de precipitação antecedente que pudessem gerar escorregamentos e, além disso, criar uma envoltória para a análise dos altos níveis pluviométricos com os MGMs. Foram avaliados dados acumulados para 2, 3, 4 e 8 dias de precipitação e esses ao serem correlacionados com os deslizamentos geraram a envoltória e um gráfico de dispersão que permitiria o cálculo de índices críticos para a deflagração de deslizamentos. Os autores fizeram os cálculos para quatro situações de deslizamentos: deslizamentos induzidos, deslizamentos esparsos, corridas de lama e escorregamentos generalizados. Os autores identificaram o acumulado de quatro dias como o mais satisfatório e a seguinte equação:

$$I (Ac) = K \times (Ac)^{-b} \quad (9),$$

onde **I** é a intensidade horária, **K** e **b** as constantes geotécnicas da encosta e **Ac** o acumulado de quatro dias anterior ao chuva do dia de deslizamento.

Castro (2006, p. 33) ao avaliar o estudo de Tartizana *et al.* (1987) apontou a importância dessa envoltória de escorregamento, afirmando que a partir desta “pode-se notar que, ao aumentar a saturação do solo, a intensidade da precipitação suficiente para deflagrar os escorregamentos diminui”. Os autores utilizaram dados de pluviosidade horário, trabalhando assim da intensidade horária da chuva. Entretanto, Soares (2006) e Castro (2006) apontam ainda que é possível assumir o mesmo cálculo e procedimento para locais onde não há disponíveis dados horários.

Os autores chegaram assim na seguinte curva, representada na figura 26:



**Figura 26:** Envoltória de deslizamentos para a Serra do Mar, adaptado de Tartizana *et al.* (1987). Fonte: SOARES (2006).

Tartizana *et al.* (1987) propõe ainda a geração de um índice chamado “Coeficiente de Precipitação Crítica (CPC)”:

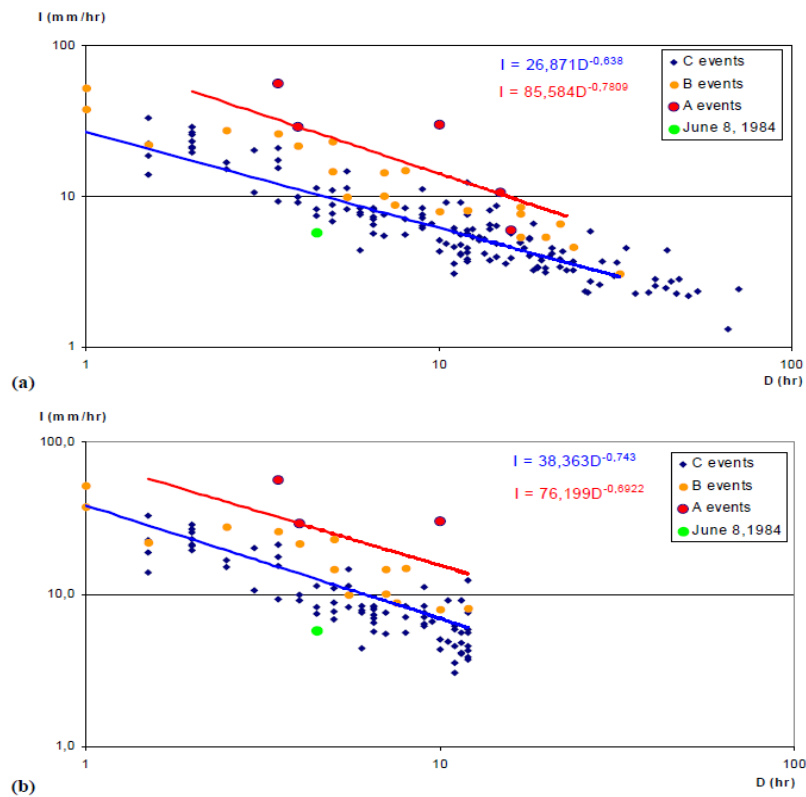
$$CPC = \frac{I_i}{I_{ci}} \quad (10),$$

onde  $I_i$  é a intensidade horária registrada na hora  $i$ .  $I_{ci}$  é a intensidade horária crítica para a ocorrência de escorregamentos induzidos. Obtida pela fórmula anterior. E, se  $CPC$  for  $> 1,0$  há probabilidade de ocorrer deslizamentos.

Giannecchini (2006) avaliou a ocorrência de deslizamentos e os perigos dos mesmos para a região sul dos Alpes Apuanos (Itália). Para isso recorreu a uma análise dos principais eventos pluviométricos da estação Retignano de 1975 a 2002. A relação encontrada com a ocorrência de deslizamentos rasos (fluxo de detritos) buscou examinar a relação entre o início da chuva e o início do deslizamento de solo. O autor identificou 152 eventos pluviométricos e traçou uma correlação desses com os deslizamentos, identificando três classes de avaliação:

- **A** → eventos críticos (severos) que induziram deslizamentos rasos e inundações.
- **B** → eventos que localmente induziram a alguns deslizamentos e pequenas inundações.
- **C** → eventos sem informação sobre efeitos causados.

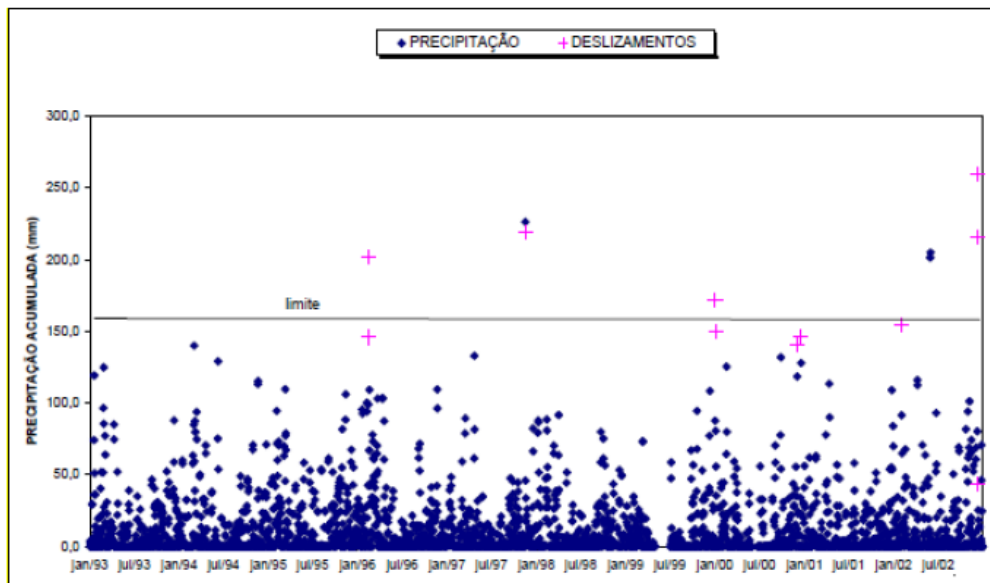
O autor ainda separou dentre esses, os que tiveram menos de 12h de duração, gerando assim dois gráficos (Figura 27):



**Figura 27:** Gráficos duração/intensidade de todos os 152 eventos identificados por Giannechini (2006) (a) e para os eventos com duração inferior a 12h (b). Fonte: GIANNECHINI (2006).

Um ponto interessante trazido neste trabalho é a utilização da Normalização pelo valor Precipitação Média Anual (NSR – *Normalized Storm Rainfall*), na qual é calculada através da razão entre a precipitação observada/precipitação média anual. O autor, a partir desse valor, gera um novo gráfico em relação a intensidade e a duração do evento chuvoso e, assim, é possível obter um gráfico e uma equação logarítmica que possibilita a concepção de quadros de estabilidade, estabilidade incerta e instabilidade no que diz respeito a deflagração de MGMs.

Soares (2006) adaptou a metodologia de Tartizana *et al.* (1987) para Angra dos Reis. Neste trabalho, a autora parte de um período de dados que vai de 1980 a 2004 e, inicialmente, divide o gráfico entre os eventos pluviométricos que acarretaram deslizamentos e aqueles no qual não houve, com acumulados de 2 a 5 dias. Na figura 28 apresentamos apenas o gráfico referente a dois dias acumulados a título de exemplo.



**Figura 28:** Relação Deslizamento vs Precipitação acumulada em 2 dias. Fonte: SOARES (2006).

Depois de traçado esses gráficos a autora criou critérios para avaliar essa correlação com base nos acumulados e identificou os mesmos conforme a tabela 8.

**Tabela 8:** Critérios de avaliação de precipitação x deslizamentos para até 3 dias acumulados de precipitação.

CRITÉRIO	PRECIPITAÇÃO (mm) 1 dia	PRECIPITAÇÃO (mm) 2 dias	PRECIPITAÇÃO (mm) 3 dias
A	50	60	100
B	50	75	120
C	75	120	150
T	100	150	200

Fonte: SOARES (2006).

Destes, o fator **T** segue a metodologia de Tartizana *et al.* (1987), com limiares de 100, 150 e 200 mm. A autora chega a conclusão que o valor acumulado de 2 dias é o mais significativo para a área, entretanto ressaltando que para valores de 75 mm em 24h a ocorrência de deslizamentos já torna-se relevante.

O trabalho de Oliveira (2014) buscou traçar a relação entre chuvas e deslizamentos no município de Nova Friburgo. A autora aplicou uma metodologia com base no uso de dados de precipitação aliados a dados de movimentos de massa, buscando compreender a participação da umidade antecedente (72h) na deflagração dos movimentos de massa. Oliveira aplicou



quatro fatores de umidade antecedente para a sua área de estudo, esses fatores foram os mesmos aplicados por Soares (2006), a autora explica esses critérios ao afirmar que:

“Para que um desses critérios seja satisfeito, é necessário que a chuva acumulada atinja o limite mínimo estabelecido para 24, 48 ou 72 horas. Ou seja, para que o critério A considere que o deslizamento está associado à chuva, é necessário que a precipitação acumulada no dia do deslizamento seja de, no mínimo, 50 mm em 24 horas ou 60 mm em 48 horas ou 100 mm em 72 horas, por exemplo. Note que o critério A é o menos restritivo, enquanto o critério T é o mais restritivo em considerar que o deslizamento teve causa meteorológica. Isso porque, no critério T, a chuva terá que atingir taxas bem mais elevadas para poder ser considerada como influência ao deslizamento” (OLIVEIRA, 2014, p. 39).

Neste trabalho a autora ainda compara os dados coletados pelas estações meteorológicas com aqueles do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) da NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) obtendo bons resultados em termos estatísticos, ressaltando a importância desses satélites para regiões onde os dados pluviométricos possam apresentar falhas.

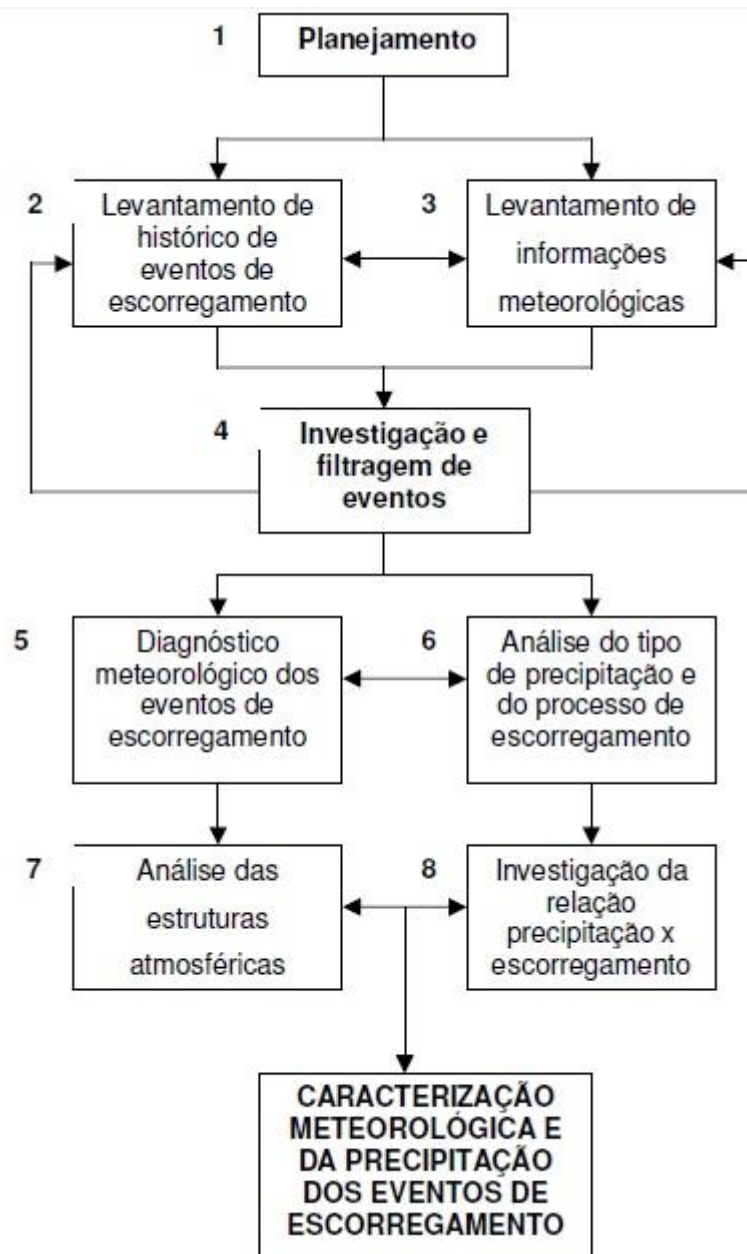
Ide (2005) realizou um trabalho interessante para a região de Campinas (SP) identificando um valor crítico de 78 mm num acumulado de 7 dias. Para isso, a autora buscou correlacionar precipitação vs deslizamento vs meteorologia. A autora trabalhou, assim, na elaboração de uma nova metodologia, onde a meteorologia tem papel de destaque ressaltando que:

“A elaboração de um roteiro metodológico que oriente a investigação das condições atmosféricas associadas aos escorregamentos em uma região seria de grande interesse, não apenas para a melhoria do monitoramento e da prevenção de acidentes por profissionais ligados à Defesa Civil, mas também por outras instituições públicas e privadas, que lidam com monitoramento ambiental de empreendimentos, segurança rodoviária, seguro patrimonial e construção civil, dentre outros” (IDE, 2005, p. 14).

A partir disso a autora propõe a seguinte análise dos dados:

- A.** Investigação dos processos de escorregamento.
- B.** Tipologia de sistemas meteorológicos que atuam no Brasil, sobretudo aqueles associados à alta pluviosidade.
- C.** Relação entre aspectos meteorológicos e os processos de escorregamento.

O roteiro metodológico utilizado pela autora é apresentado pela figura 29.



**Figura 29:** Roteiro metodológico proposto. Fonte: IDE (2005).

A realização desses procedimentos, conforme coloca a autora, irá levar a caracterização meteorológica do processo de esco regamentos. Os dados meteorológicos utilizados pela autora são imagens de satélite, imagens de radar, cartas sinóticas, dados de superfície, reanálise da NCEP (*National Centers of Environmental Prediction*) e do ECMWF (*European Centre for Medium Range Forecast*). Assim essa análise meteorológica visa caracterizar:

- “a ocorrência climatológica no período chuvoso da região” (IDE, 2005, p. 85);
- “promoção de característica de precipitação (intensidade e duração) mais favoráveis à deflagração, considerando-se o tipo de esco regamento” (IDE, 2005, p. 85).

A autora ainda coloca que:

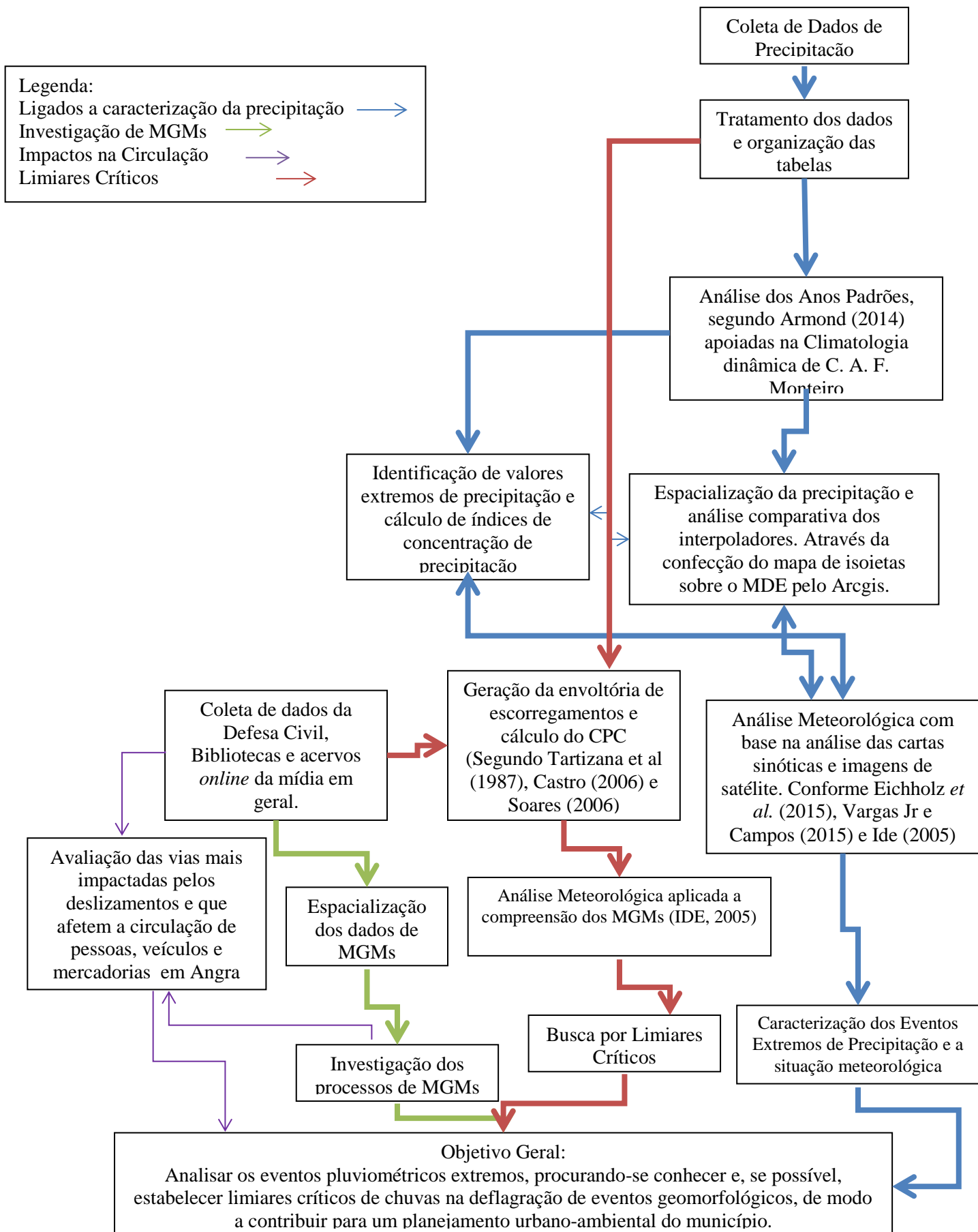
“Após esta análise prévia, a análise individualizada do cenário meteorológico de cada episódio de escorregamento possibilitará a determinação estatística das características atmosféricas mais frequentes na amostra de eventos. Entre as características mais relevantes a serem analisadas em cada evento estão: distribuição espacial e temporal da pressão atmosférica em superfície; duração e frequência da precipitação; ocorrência de fenômenos adversos (tempestades, rajadas de vento, granizo etc.); distribuição espacial da temperatura e umidade nos baixos e médios níveis da atmosfera (superfície, 850 mb e 700 mb); padrão de nebulosidade/radiação de onda longa; campo de geopotencial, linha de corrente e temperatura nos baixos, médios e altos níveis; campo de divergência em altos níveis” (IDE, 2005, p. 86).

Castro (2006) elaborou um roteiro de análise para os deslizamentos em Ouro Preto – MG, apoiado em Tartizana *et al.* (1987). O autor faz o acumulado de 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30 dias, porém, plota em gráficos de dispersão apenas os dados de 2 a 10 dias acumulados, apoiando-se em Lumb (1975) e Ide (2005) para o cálculo com base no acumulado em 24h, ao invés da intensidade aplicada por Tartizana em seu trabalho. A partir disso, ele faz os mesmos procedimentos de Tartizana *et al.* (1987), ou seja, o cálculo da envoltória de escorregamento e do CPC.

Para a metodologia que aqui optamos por trabalhar, aliaremos os dados coletados de precipitação, e descritos no início desse capítulo, a coleta dos dados de MGMs. A partir dessa relação buscaremos identificar as precipitações que causaram e as que não causaram deslizamentos. Conforme o trabalhado em Tartizana *et al.* (1987) e Castro (2006) buscaremos calcular a envoltória de deslizamentos e o CPC. E, embora Soares (2006) já tenha identificado valores para nossa área de estudo, nós iremos refazer os procedimentos de modo a validar ou identificar novos valores que ajudem a explicar a relação entre precipitação *vs* movimentos gravitacionais de massa para Angra dos Reis. No mais, nossa pesquisa engloba um período maior e mais recente de dados, que podem auxiliar nessa compreensão. O trabalho de Ide (2005) também será de grande valia nessa etapa do trabalho, pois acreditamos que a análise meteorológica tende a nos dar bases mais sólidas para a compreensão do cenário ambiental que ocorre na área de estudo.

#### **4.4 – Síntese dos procedimentos metodológicos:**

Em seguida apresentamos um fluxograma que sintetiza as etapas de pesquisa desta dissertação de mestrado (Figura 30). As linhas azuis correspondem a etapa da metodologia referente ao item 4.1, a verde ao 4.2, a roxa insere-se junto ao item 4.2, porém é mais específica ao item 4.2.3 e por fim a vermelha ao 4.3. Cabe ressaltar que essas etapas se complementam e, nesse sentido, há mais de uma seta relacionada a cada caixa de texto.



**Figura 30** -Fluxograma síntese da metodologia aplicada na pesquisa.

## **5. Resultados e discussões**

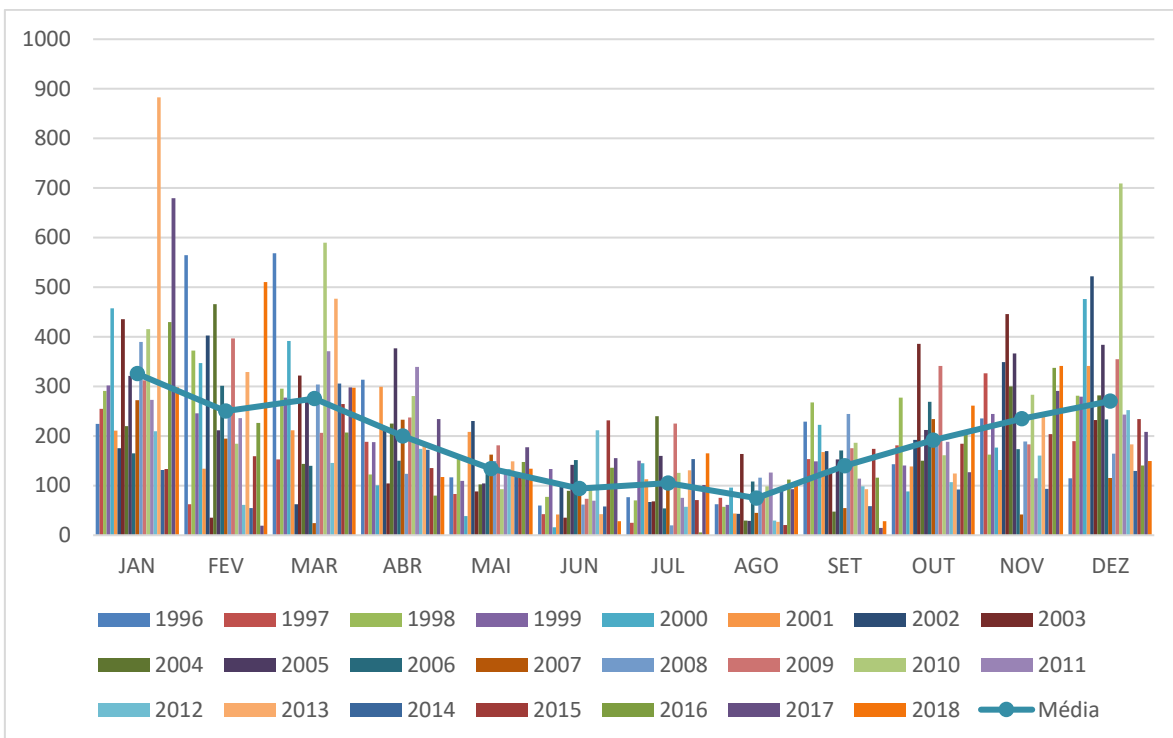
Os resultados encontrados na presente pesquisa serão tratados nesse capítulo. Sendo subdivididos em tópicos que deem conta das etapas metodológicas e os resultados encontrados, a discussão no que tange aos objetivos desse trabalho, inclusive a integração dos resultados será aqui também discutida, procuramos compartimentalizar a discussão de modo a mostrar o processo de aquisição e geração dos resultados até integrá-los a partir do subitem 5.3. Assim o presente capítulo fora dividido em 5 itens que tratam sobre o município de Angra dos Reis no que tange: as suas chuvas, os seus deslizamentos, seus eventos meteorológicos, seus impactos e vulnerabilidade da circulação.

### **5.1 - Caracterização dos eventos extremos de precipitação e a situação meteorológica – uma análise das suas chuvas**

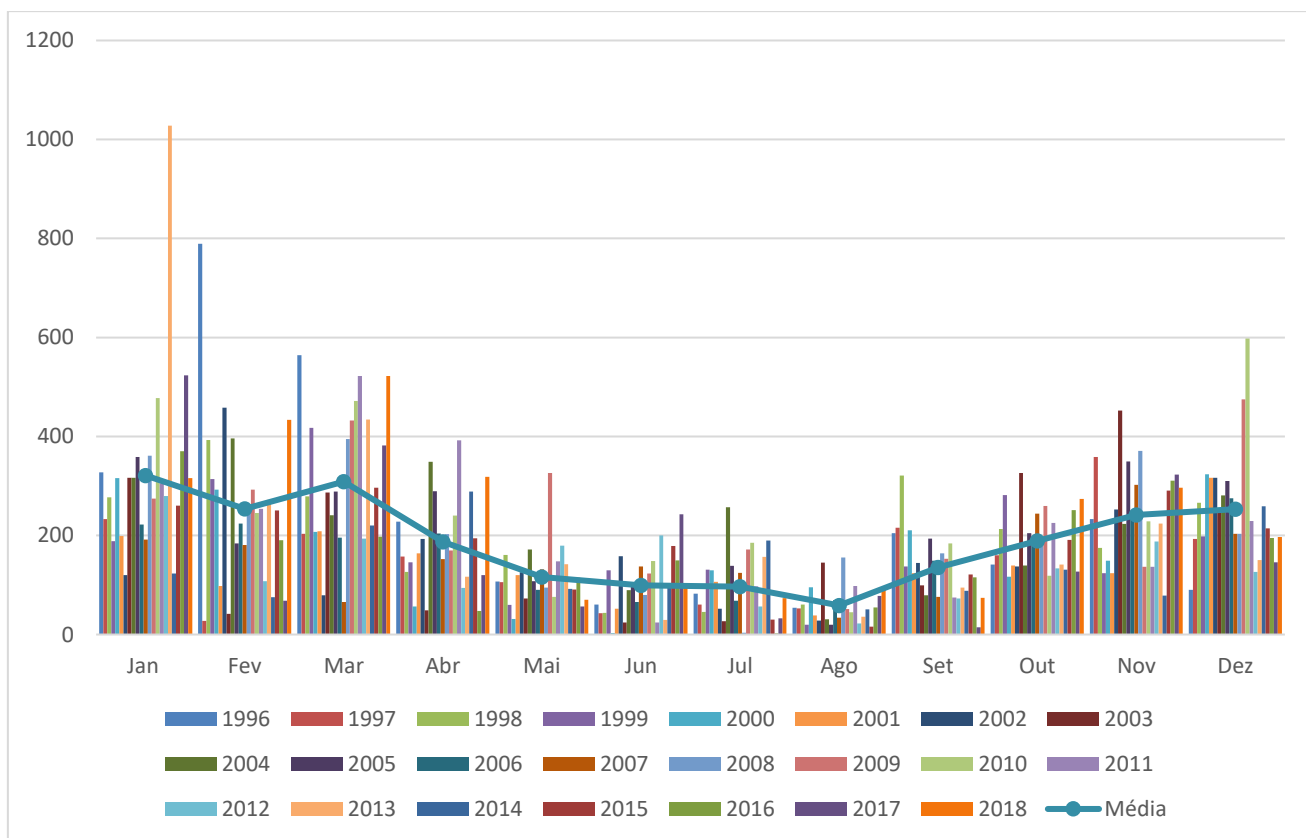
#### **5.1.1 - No tempo**

A precipitação reverbera-se pelo tempo e espaço, assim a base inicial de sua compreensão consiste em trazer esses dois parâmetros como base interpretativa. Deste modo, a distribuição temporal da chuva e espacial serão aqui apresentadas. Porém só esses aspectos como já mencionado durante as etapas metodológicas não são os únicos a serem considerados, a compreensão dos seus extremos, suas tendências, suas frequências são igualmente fundamentais, se não ainda mais relevantes no que tange a análise dos impactos dessa chuva.

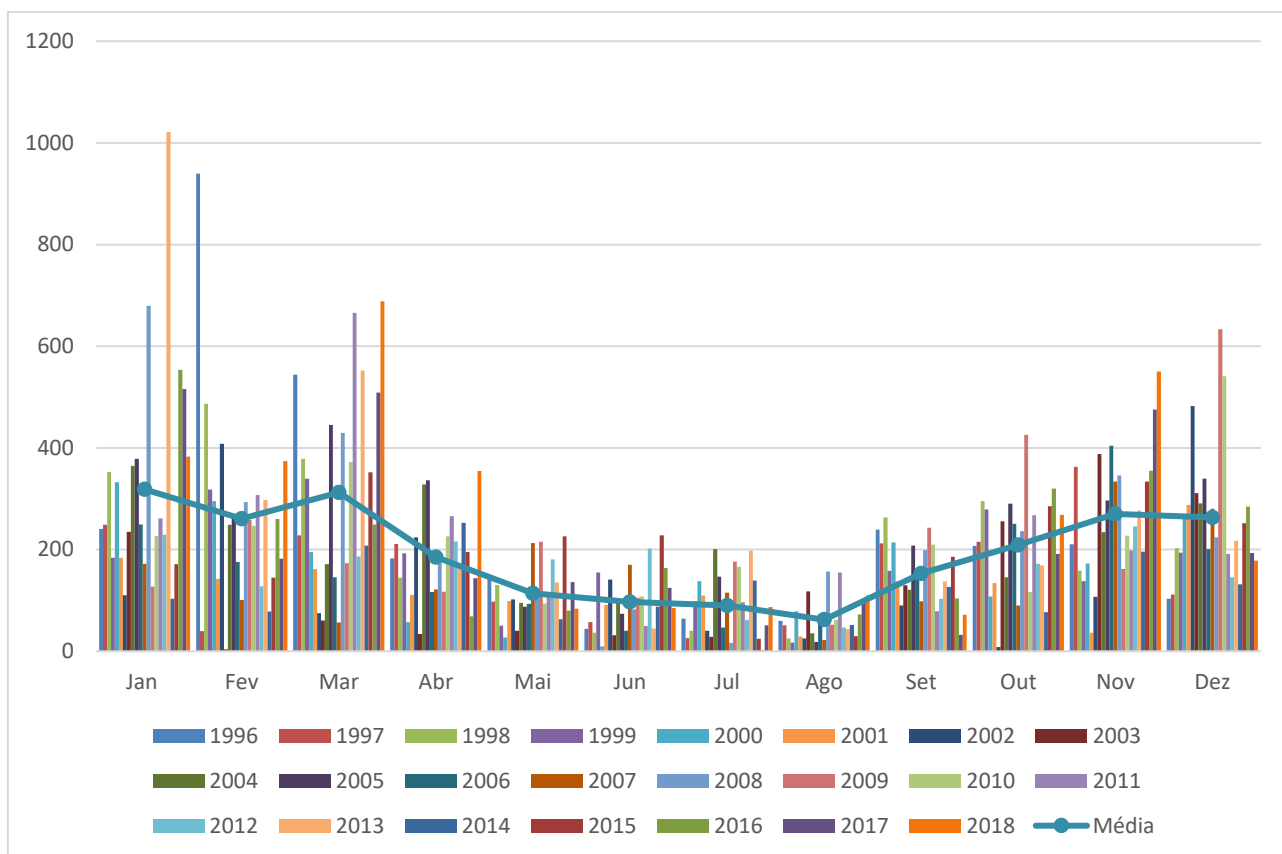
A análise temporal da precipitação foi realizada com base nos dados mensais e anuais. Analisando os gráficos das três estações do município (Figuras 31 a 33), podemos observar um padrão em termos médios de precipitação com seus maiores valores nos meses de verão (DEZ-MAR), tendo as estações Perequê e Mambucaba os maiores valores encontrados. Em termos absolutos podemos destacar os anos e meses de janeiro de 2013 (1.021,6 mm) e fevereiro de 1996 (939,3 mm), com os maiores valores em Perequê, também se destacando janeiro de 2008, março de 2011 e 2018 e dezembro de 2009, todos com valores mensais superiores aos 600 mm. Em Mambucaba os maiores valores se dão nos mesmos anos e meses, respectivamente 1.028,2 mm e 789,6 mm. Já em Bracuí os anos e meses de maior pluviosidade são janeiro de 2013 (882,7 mm) janeiro de 2017 (679,5 mm) e dezembro de 2010 (709,2 mm). Em termos médios os meses mais chuvosos em sequência são janeiro, março, dezembro e fevereiro.



**Figura 31** - Distribuição anual do acumulado e média mensal - Bracuí (Angra dos Reis/RJ).



**Figura 32** - Distribuição anual do acumulado e média precipitação mensal - Mambucaba (Angra dos Reis/RJ).



**Figura 33** - Distribuição anual do acumulado e média da precipitação mensal - Perequê (Angra dos Reis/RJ).

Os menores valores, por sua vez, são encontrados nos meses de inverno (junho-agosto), sendo o menor em agosto com médias 62,1, 58,8 e 74,7 mm, respectivamente, em Perequê, Mambucaba e Bracuí. Sendo essa última aquela que apresenta os maiores valores de precipitação nesse período mais seco. Os menores valores absolutos ocorrem no Bracuí em julho de 2016 (5,5 mm), em Mambucaba a julho de 2008 e 2016 (3,7 mm e 2,3 mm, respectivamente) e em Perequê, julho de 2016 (2,6 mm) e um atípico fevereiro em 2003 (3,5 mm).

Entre outubro e abril em termos médios a precipitação supera a casa dos 185 mm médios mensais, valores consideravelmente elevados. E conforme podemos observar nas tabelas 9 a 11, é possível identificar uma quantidade considerável de meses onde o acumulado do mês supera a média histórica mais o desvio padrão para aquele mês tanto nos meses mais úmidos como nos menos úmidos, temos assim respectivamente: 42, 41 e 39 meses considerados chuvosos. Sendo desses 9,12, 17 em meses de menos úmidos (maio-agosto) e 33, 29 e 22 (outubro-abril) em meses mais úmidos. Nas estações meteorológicas mais úmidas em termos mensais (Perequê e Mambucaba) por termos uma média muito superior, a chuva acumulada no mês tem que ser igualmente muito elevada, o que contribui para menores quantidades de



tendências extremas pensando em valores totais mensais médios e seu desvio padrão, não necessariamente diários. Porém ao pensarmos em valores anuais, a média no Bracuí é levemente superior ao de Mambucaba, porém ainda inferior se comparado ao Perequê. Esses dados já nos permitem enxergar um aumento de meses de tendência chuvosa para as estações de Bracuí e Mambucaba, se comparadas aos dados encontrados por Mattos (2017).

**Tabela 9** - Acumulados e médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação – Estação Bracuí – Angra dos Reis - Calculados conforme metodologia descrita. Fonte dos dados: Hidroweb – ANA..

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
1996	224,8	564,7	568,4	313,7	117,0	59,6	76,6	62,2	228,9	143,0	235,7	114,6	2709,2
1997	254,5	62,2	153,0	188,1	83,3	42,6	25,1	75,1	153,5	181,0	326,5	189,9	1734,8
1998	291,0	372,6	295,4	122,5	157,8	77,5	70,3	57,3	267,8	277,6	162,6	281,2	2433,6
1999	301,8	245,7	277,5	187,9	109,3	133,6	150,2	60,9	148,7	140,8	244,4	279,6	2280,4
2000	457,7	347,2	391,6	100,6	38,5	15,8	144,9	96,1	222,6	88,2	176,5	476,5	2556,2
2001	210,8	134,0	211,6	299,2	208,1	42,0	112,6	43,8	167,8	138,7	131,8	341,0	2041,4
2002	175,4	402,3	62,5	218,9	230,6	105,9	67,0	43,4	169,4	192,3	349,0	522,2	2538,9
2003	435,7	35,2	322,2	104,5	88,3	35,1	68,5	163,7	133,1	385,6	445,8	232,4	2450,1
2004	220,0	466,0	144,1	225,0	102,7	89,4	240,2	29,5	47,6	150,5	299,9	281,6	2296,5
2005	321,6	211,6	278,4	376,9	104,4	141,6	159,9	29,1	152,6	212,2	366,2	384,1	2738,6
2006	165,4	301,0	140,2	150,2	142,8	151,6	54,4	108,1	171,1	269,1	173,3	233,2	2060,4
2007	272,5	194,5	24,6	232,9	162,3	100,7	114,0	44,9	54,6	234,1	42,1	115,4	1592,6
2008	390,0	250,1	304,0	124,0	149,8	61,8	19,9	116,2	244,6	194,9	189,3	164,4	2209,0
2009	312,1	396,6	206,6	237,7	181,0	73,2	225,0	77,5	175,2	341,2	183,2	354,9	2764,2
2010	415,7	184,2	589,7	280,8	92,5	97,2	125,5	98,6	186,7	161,2	283,2	709,2	3224,5
2011	272,6	236,2	371,3	339,5	132,6	69,7	75,4	126,3	114,0	188,2	114,8	242,9	2283,5
2012	209,9	61,3	145,8	174,3	133,5	211,5	57,4	29,6	98,9	107,2	160,5	252,1	1642,0
2013	882,9	328,8	477,0	186,3	149,0	42,3	130,8	27,3	92,5	124,4	248,2	183,1	2337,6
2014	131,5	54,5	305,9	172,1	126,1	58,0	153,7	97,1	58,6	92,0	93,4	129,8	1472,7
2015	133,7	159,4	264,7	135,3	120,4	231,8	70,6	20,6	173,9	184,5	203,9	233,9	1932,7
2016	429,8	226,1	206,8	79,8	147,7	135,9	5,5	112,2	115,8	205,0	337,3	140,3	2142,2
2017	679,5	19,4	297,8	234,3	177,6	155,1	101,4	93,1	14,9	127,1	291	208,6	2399,8
2018	298,1	510,3	297,6	117,3	134,4	28,3	165,1	106	28,1	261,3	341,4	149,42	2437,3
Média	325,5	250,6	275,5	200,1	134,3	93,9	105,0	74,7	140,0	191,3	234,8	270,5	2273,0
Desvio Padrão	174,8	155,4	141,8	81,3	42,4	57,4	61,0	38,4	69,2	76,2	100,2	144,3	417,6
CV	53,7%	62,0%	51,5%	40,6%	31,6%	61,1%	58,1%	51,4%	49,4%	39,8%	42,7%	53,3%	18,4%

**Tabela 10** - Acumulados e médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação – Estação Mambucaba – Angra dos Reis - Calculados conforme metodologia descrita.  
 Fonte dos dados: Hidroweb – ANA.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
1996	327,5	789,6	564,6	228,2	107,4	60,5	82,7	54,2	204,8	141,2	233,4	90,3	2884,4
1997	233,5	27,4	203,2	157,6	106,0	43,1	60,4	52,8	215,5	160,1	358,5	192,9	1811,0
1998	277,4	393,1	278,8	126,8	160,8	43,9	45,9	60,7	321,3	213,3	175,3	266,3	2363,6
1999	188,3	313,9	417,6	145,7	59,8	129,4	131,1	19,6	137,6	281,5	123,8	198,1	2146,4
2000	316,1	292,6	207,2	56,9	31,3	3,1	129,5	95,2	210,6	117,1	149,2	323,7	1932,5
2001	198,8	98,0	208,3	163,9	119,7	52,1	106,2	38,8	123,8	139,1	123,7	316,5	1688,9
2002	120,0	458,1	79,0	192,9	125,9	158,0	52,1	28,3	144,9	137,3	252,8	316,9	2066,2
2003	316,9	41,6	286,7	48,7	72,5	24,2	27,0	145,5	99,1	326,5	452,1	250,4	2091,2
2004	316,8	396,3	241,1	348,7	171,5	89,7	257,2	30,9	79,5	139,6	223,7	281,2	2576,2
2005	358,8	183,9	288,9	289,3	107,8	103,7	138,8	19,9	193,8	204,6	349,5	310,0	2549,0
2006	222,5	224,1	195,9	204,0	90,1	65,5	68,5	69,4	148,9	196,6	234,4	275,5	1995,4
2007	191,7	180,5	65,6	152,6	131,4	137,6	124,8	33,7	76,2	244,2	302,1	203,7	1844,1
2008	361,0	250,7	394,8	202,9	94,6	79,6	3,7	155,5	164,0	195,9	370,9	203,2	2476,8
2009	274,8	292,4	432,3	169,7	326,4	123,0	171,5	51,3	153,1	259,8	137,0	475,1	2866,4
2010	477,4	245,4	471,8	240,3	76,0	148,7	185,2	45,1	184,0	118,7	228,4	597,6	3018,6
2011	305,9	253,6	522,4	392,5	147,7	24,1	97,6	98,3	74,9	225,4	136,8	229,5	2508,7
2012	279,8	107,9	193,6	94,3	179,8	200,1	56,7	22,5	73,1	133,7	187,9	126,7	1656,1
2013	1028,2	272,0	434,5	116,8	142,2	29,8	157,0	35,8	94,8	141,3	224,3	150,3	2827,0
2014	123,0	75,1	220,0	289,1	92,4	94,5	189,8	50,6	88,3	130,7	78,4	259,3	1691,2
2015	260,3	250,8	296,3	194,6	90,8	179,1	30,3	16,1	121,4	191,1	290,6	214,3	2135,7
2016	370,4	190,6	197,8	47,6	115,0	149,5	2,3	55,0	115,6	251,4	310,5	195,0	2000,7
2017	523,3	68,3	382,2	120,1	56,4	243,0	32,7	77,9	14,8	127,2	323,3	145,6	2114,8
2018	315,6	433,6	522,1	318,8	70,0	101,8	73,7	95,5	73,9	273,8	296,8	196,9	2772,6
Média	321,2	253,9	308,9	187,0	116,3	99,3	96,7	58,8	135,4	189,1	241,9	253,0	2261,6
Desvio Padrão	181,8	169,4	140,6	93,8	59,4	62,4	66,2	37,8	66,4	61,1	95,4	110,9	424,8
CV	56,6%	66,7%	45,5%	50,1%	51,0%	62,8%	68,4%	64,3%	49,1%	32,3%	39,4%	43,8%	18,8%

**Tabela 11** - Acumulados e médias mensais e anuais, desvio padrão e coeficiente de variação – Estação Perequê – Angra dos Reis - Calculados conforme metodologia descrita.  
 Fonte dos dados: Hidroweb – ANA.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
1996	240,3	939,3	544,3	182,8	142,6	44,3	64,5	60,1	239,2	207,0	210,2	103,3	2977,9
1997	248,9	39,9	227,7	210,9	97,8	57,2	25,7	51,2	212,3	215,3	362,5	111,8	1861,2
1998	352,5	486,8	378,3	144,8	130,1	36,3	40,3	25,3	263,1	295,5	158,5	202,8	2514,3
1999	183,7	317,9	339,2	192,9	50,6	155,0	98,2	17,0	158,3	279,0	137,9	193,8	2123,5
2000	332,7	295,5	195,4	57,3	27,3	9,2	137,8	78,6	213,9	107,8	172,5	263,1	1891,1
2001	184,0	142,3	161,8	111,1	98,8	91,1	109,7	29,1	138,0	134,1	36,6	288,0	1524,6
2002	110,4	408,1	74,8	224,2	102,1	141,3	40,5	25,0	90,2	8,3	107,0	482,2	1814,1
2003	235,0	3,5	60,3	34,2	40,5	31,4	28,4	118,0	129,8	255,9	388,1	311,1	1636,2
2004	364,4	248,7	171,2	328,2	95,2	100,9	200,8	35,4	120,8	145,2	234,3	291,2	2336,3
2005	378,8	267,8	445,4	336,5	87,4	73,5	146,9	18,6	208,1	290,4	296,8	339,5	2889,7
2006	249,3	175,9	145,4	116,5	93,5	40,6	46,4	72,6	162,1	250,5	404,0	201,2	1958,0
2007	171,9	100,5	57,0	121,7	213,0	170,2	115,2	22,0	98,5	90,1	333,8	280,4	1774,3
2008	679,5	293,4	429,4	190,4	114,0	82,4	16,5	156,6	198,9	236,0	345,7	224,3	2967,1
2009	127,1	258,3	173,3	117,2	215,1	105,4	176,3	52,4	242,9	425,9	162,0	633,4	2689,3
2010	226,7	246,6	372,5	226,4	93,9	108,0	166,3	61,7	209,7	116,4	227,3	541,0	2596,5
2011	261,1	307,6	665,8	265,9	108,3	49,5	96,6	154,7	78,9	267,4	198,6	191,5	2645,9
2012	229,1	128,1	186,6	216,0	180,7	202,1	61,5	46,8	103,6	172,0	245,9	145,8	1918,2
2013	1021,6	297,7	552,6	171,8	135,3	44,6	197,9	43,3	137,0	168,9	276,8	217,0	3264,5
2014	103,3	77,9	207,7	252,8	63,2	87,8	139,3	51,4	126,4	76,7	196,0	131,5	1514,0
2015	171,1	144,8	351,8	195,2	226,3	228,3	24,4	29,7	185,9	285,1	333,6	252,0	2428,2
2016	553,5	260,1	249,7	68,5	79,8	163,6	2,6	72,3	103,9	320,1	354,9	284,5	2513,5
2017	515,5	181,8	508,6	143,4	136,2	125	50,9	96,7	32,1	191,2	475,4	193,5	2650,3
2018	383,1	374	688,2	354,41	84,1	85,2	87,2	109,7	72,1	268,6	550,4	178,4	3235,4
Média	318,4	260,7	312,5	185,4	113,7	97,1	90,2	62,1	153,3	209,0	269,9	263,5	2335,8
Desvio Padrão	210,9	189,3	188,8	86,1	53,6	57,9	60,8	40,8	62,4	95,2	123,0	132,3	541,2
CV	66,2%	72,6%	60,4%	46,5%	47,1%	59,6%	67,4%	65,7%	40,7%	45,6%	45,6%	50,2%	23,2%

O coeficiente de variação conforme podemos observar nas tabelas 9 a 11, é bastante diverso tendo seus menores valores no que tange o acumulado anual, o que indica que há uma menor oscilação entre o total anual de cada ano e sua média, ou seja, em termos anuais a precipitação se dá de forma mais homogênea. As variações entre os meses e a média são mais significativas sobretudo nos meses de fevereiro, junho e julho para Bracuí e fevereiro, julho e agosto para Mambucaba e fevereiro, janeiro e julho para Perequê. Por ser uma medida adimensional ela nos dá uma melhor dimensão dos meses sobre os quais nossa atenção deve recair. Os maiores valores do coeficiente de variação não se relacionam como é possível

observar com os maiores valores de desvio padrão, graças a esse dado é possível observar, por exemplo, a grande variação nos meses de inverno, o que só o desvio padrão não aponta.

A contribuição anual da precipitação de cada estação nos permite enxergar aqueles meses nos quais tivemos índices pluviométricos que mais ou menos contribuíram para o acumulado anual, os meses de maior contribuição tendem a ser aqueles onde a ocorrência de deslizamentos deva ser maior dentro de um ano, relação que será feita adiante. Para além, com fins de gestão ela nos indica também os meses mais chuvosos dentro de uma série histórica e pode ser utilizado para pensar não só os possíveis deslizamentos, mas meses onde a erosão e o risco de inundações possa ser maior. Buscando ter ainda um melhor detalhamento de anos e meses que podemos focar para uma análise mais aprofundada. Assim pelas figuras 34 a 36 podemos observar a contribuição da precipitação, destacando-se em vermelho escuro os meses de menor contribuição, e realçado em branco o de menor contribuição, e os de azul em tons mais escuros os mais úmidos, e em preto o mês de maior contribuição. Esses dados dessa forma apresentados é denominado de pluviograma, e dentro da visão da climatologia geográfica é aquele que mais nos aproxima da compreensão do ritmo, fundamento da pesquisa climato-geográfica, conforme ressalta Zavattini e Boin (2013). É possível observar além dos meses mais úmidos, também em termos de toda a série o mês de maior e menor contribuição:

- Bracuí – janeiro 2013 (Maior), julho 2016 (Menor).
- Mambucaba – janeiro 2013 (Maior), julho 2016 (Menor).
- Perequê – fevereiro 1996 (Maior), julho de 2016 (Menor)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996	8,3%	20,8%	21,0%	11,6%	4,3%	2,2%	2,8%	2,3%	8,4%	5,3%	8,7%	4,2%
1997	14,7%	3,6%	8,8%	10,8%	4,8%	2,5%	1,4%	4,3%	8,8%	10,4%	18,8%	10,9%
1998	12,0%	15,3%	12,1%	5,0%	6,5%	3,2%	2,9%	2,4%	11,0%	11,4%	6,7%	11,6%
1999	13,2%	10,8%	12,2%	8,2%	4,8%	5,9%	6,6%	2,7%	6,5%	6,2%	10,7%	12,3%
2000	17,9%	13,6%	15,3%	3,9%	1,5%	0,6%	5,7%	3,8%	8,7%	3,5%	6,9%	18,6%
2001	10,3%	6,6%	10,4%	14,7%	10,2%	2,1%	5,5%	2,1%	8,2%	6,8%	6,5%	16,7%
2002	6,9%	15,8%	2,5%	8,6%	9,1%	4,2%	2,6%	1,7%	6,7%	7,6%	13,7%	20,6%
2003	17,8%	1,4%	13,2%	4,3%	3,6%	1,4%	2,8%	6,7%	5,4%	15,7%	18,2%	9,5%
2004	9,6%	20,3%	6,3%	9,8%	4,5%	3,9%	10,5%	1,3%	2,1%	6,6%	13,1%	12,3%
2005	11,7%	7,7%	10,2%	13,8%	3,8%	5,2%	5,8%	1,1%	5,6%	7,7%	13,4%	14,0%
2006	8,0%	14,6%	6,8%	7,3%	6,9%	7,4%	2,6%	5,2%	8,3%	13,1%	8,4%	11,3%
2007	17,1%	12,2%	1,5%	14,6%	10,2%	6,3%	7,2%	2,8%	3,4%	14,7%	2,6%	7,2%
2008	17,7%	11,3%	13,8%	5,6%	6,8%	2,8%	0,9%	5,3%	11,1%	8,8%	8,6%	7,4%
2009	11,3%	14,3%	7,5%	8,6%	6,5%	2,6%	8,1%	2,8%	6,3%	12,3%	6,6%	12,8%
2010	12,9%	5,7%	18,3%	8,7%	2,9%	3,0%	3,9%	3,1%	5,8%	5,0%	8,8%	22,0%
2011	11,9%	10,3%	16,3%	14,9%	5,8%	3,1%	3,3%	5,5%	5,0%	8,2%	5,0%	10,6%
2012	12,8%	3,7%	8,9%	10,6%	8,1%	12,9%	3,5%	1,8%	6,0%	6,5%	9,8%	15,4%
2013	30,7%	11,4%	16,6%	6,5%	5,2%	1,5%	4,6%	1,0%	3,2%	4,3%	8,6%	6,4%
2014	8,9%	3,7%	20,8%	11,7%	8,6%	3,9%	10,4%	6,6%	4,0%	6,2%	6,3%	8,8%
2015	6,9%	8,2%	13,7%	7,0%	6,2%	12,0%	3,7%	1,1%	9,0%	9,5%	10,6%	12,1%
2016	20,1%	10,6%	9,7%	3,7%	6,9%	6,3%	0,3%	5,2%	5,4%	9,6%	15,7%	6,5%
2017	28,3%	0,8%	12,4%	9,8%	7,4%	6,5%	4,2%	3,9%	0,6%	5,3%	12,1%	8,7%
2018	12,2%	20,9%	12,2%	4,8%	5,5%	1,2%	6,8%	4,3%	1,2%	10,7%	14,0%	6,1%
Média	14,2%	10,9%	12,0%	8,7%	5,9%	4,1%	4,6%	3,3%	6,1%	8,3%	10,2%	11,8%
Desvio Padrão	6,1%	5,9%	5,1%	3,5%	2,2%	3,2%	2,7%	1,8%	2,9%	3,3%	4,2%	4,7%

Figura 34 - Contribuição por mês da precipitação (%) dentro do ano, com ênfase nos meses de maior e menor contribuição. Bracuí (Angra dos Reis/RJ)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996	11,4%	27,4%	19,6%	7,9%	3,7%	2,1%	2,9%	1,9%	7,1%	4,9%	8,1%	3,1%
1997	12,9%	1,5%	11,2%	8,7%	5,9%	2,4%	3,3%	2,9%	11,9%	8,8%	19,8%	10,7%
1998	11,7%	16,6%	11,8%	5,4%	6,8%	1,9%	1,9%	2,6%	13,6%	9,0%	7,4%	11,3%
1999	8,8%	14,6%	19,5%	6,8%	2,8%	6,0%	6,1%	0,9%	6,4%	13,1%	5,8%	9,2%
2000	16,4%	15,1%	10,7%	2,9%	1,6%	0,2%	6,7%	4,9%	10,9%	6,1%	7,7%	16,8%
2001	11,8%	5,8%	12,3%	9,7%	7,1%	3,1%	6,3%	2,3%	7,3%	8,2%	7,3%	18,7%
2002	5,8%	22,2%	3,8%	9,3%	6,1%	7,6%	2,5%	1,4%	7,0%	6,6%	12,2%	15,3%
2003	15,2%	2,0%	13,7%	2,3%	3,5%	1,2%	1,3%	7,0%	4,7%	15,6%	21,6%	12,0%
2004	12,3%	15,4%	9,4%	13,5%	6,7%	3,5%	10,0%	1,2%	3,1%	5,4%	8,7%	10,9%
2005	14,1%	7,2%	11,3%	11,3%	4,2%	4,1%	5,4%	0,8%	7,6%	8,0%	13,7%	12,2%
2006	11,2%	11,2%	9,8%	10,2%	4,5%	3,3%	3,4%	3,5%	7,5%	9,9%	11,7%	13,8%
2007	10,4%	9,8%	3,6%	8,3%	7,1%	7,5%	6,8%	1,8%	4,1%	13,2%	16,4%	11,0%
2008	14,6%	10,1%	15,9%	8,2%	3,8%	3,2%	0,1%	6,3%	6,6%	7,9%	15,0%	8,2%
2009	9,6%	10,2%	15,1%	5,9%	11,4%	4,3%	6,0%	1,8%	5,3%	9,1%	4,8%	16,6%
2010	15,8%	8,1%	15,6%	8,0%	2,5%	4,9%	6,1%	1,5%	6,1%	3,9%	7,6%	19,8%
2011	12,2%	10,1%	20,8%	15,6%	5,9%	1,0%	3,9%	3,9%	3,0%	9,0%	5,5%	9,1%
2012	16,9%	6,5%	11,7%	5,7%	10,9%	12,1%	3,4%	1,4%	4,4%	8,1%	11,3%	7,7%
2013	36,4%	9,6%	15,4%	4,1%	5,0%	1,1%	5,6%	1,3%	3,4%	5,0%	7,9%	5,3%
2014	7,3%	4,4%	13,0%	17,1%	5,5%	5,6%	11,2%	3,0%	5,2%	7,7%	4,6%	15,3%
2015	12,2%	11,7%	13,9%	9,1%	4,3%	8,4%	1,4%	0,8%	5,7%	8,9%	13,6%	10,0%
2016	18,5%	9,5%	9,9%	2,4%	5,7%	7,5%	0,1%	2,7%	5,8%	12,6%	15,5%	9,7%
2017	24,7%	3,2%	18,1%	5,7%	2,7%	11,5%	1,5%	3,7%	0,7%	6,0%	15,3%	6,9%
2018	11,4%	15,6%	18,8%	11,5%	2,5%	3,7%	2,7%	3,4%	2,7%	9,9%	10,7%	7,1%
Média	14,2%	11,2%	13,7%	8,3%	5,1%	4,4%	4,3%	2,6%	6,0%	8,4%	10,7%	11,2%
Desvio Padrão	6,3%	6,2%	4,5%	3,9%	2,5%	3,2%	2,9%	1,7%	3,0%	2,9%	4,8%	4,3%

Figura 35 - Contribuição por mês da precipitação (%) dentro do ano, com ênfase nos meses de maior e menor contribuição. Mambucaba (Angra dos Reis/RJ)

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996	8,1%	<b>31,5%</b>	18,3%	6,1%	4,8%	<b>1,5%</b>	2,2%	2,0%	8,0%	7,0%	7,1%	3,5%
1997	13,4%	2,1%	12,2%	11,3%	5,3%	3,1%	<b>1,4%</b>	2,8%	11,4%	11,6%	<b>19,5%</b>	6,0%
1998	14,0%	<b>19,4%</b>	15,0%	5,8%	5,2%	1,4%	1,6%	<b>1,0%</b>	10,5%	11,8%	6,3%	8,1%
1999	8,7%	15,0%	<b>16,0%</b>	9,1%	2,4%	7,3%	4,6%	<b>0,8%</b>	7,5%	13,1%	6,5%	9,1%
2000	<b>17,6%</b>	15,6%	10,3%	3,0%	1,4%	<b>0,5%</b>	7,3%	4,2%	11,3%	5,7%	9,1%	13,9%
2001	12,1%	9,3%	10,6%	7,3%	6,5%	6,0%	7,2%	<b>1,9%</b>	9,1%	8,8%	2,4%	<b>18,9%</b>
2002	6,1%	22,5%	4,1%	12,4%	5,6%	7,8%	2,2%	1,4%	5,0%	<b>0,5%</b>	5,9%	<b>26,6%</b>
2003	14,4%	<b>0,2%</b>	3,7%	2,1%	2,5%	1,9%	1,7%	7,2%	7,9%	15,6%	<b>23,7%</b>	19,0%
2004	<b>15,6%</b>	10,6%	7,3%	14,0%	4,1%	4,3%	8,6%	<b>1,5%</b>	5,2%	6,2%	10,0%	12,5%
2005	13,1%	9,3%	<b>15,4%</b>	11,6%	3,0%	2,5%	5,1%	<b>0,6%</b>	7,2%	10,0%	10,3%	11,7%
2006	12,7%	9,0%	7,4%	5,9%	4,8%	<b>2,1%</b>	2,4%	3,7%	8,3%	12,8%	<b>20,6%</b>	10,3%
2007	9,7%	5,7%	3,2%	6,9%	12,0%	9,6%	6,5%	<b>1,2%</b>	5,6%	5,1%	<b>18,8%</b>	15,8%
2008	<b>22,9%</b>	9,9%	14,5%	6,4%	3,8%	2,8%	<b>0,6%</b>	5,3%	6,7%	8,0%	11,7%	7,6%
2009	4,7%	9,6%	6,4%	4,4%	8,0%	3,9%	6,6%	<b>1,9%</b>	9,0%	15,8%	6,0%	<b>23,6%</b>
2010	8,7%	9,5%	14,3%	8,7%	3,6%	4,2%	6,4%	<b>2,4%</b>	8,1%	4,5%	8,8%	<b>20,8%</b>
2011	9,9%	11,6%	<b>25,2%</b>	10,0%	4,1%	<b>1,9%</b>	3,7%	5,8%	3,0%	10,1%	7,5%	7,2%
2012	11,9%	6,7%	9,7%	11,3%	9,4%	10,5%	3,2%	<b>2,4%</b>	5,4%	9,0%	<b>12,8%</b>	7,6%
2013	<b>31,3%</b>	9,1%	16,9%	5,3%	4,1%	1,4%	6,1%	<b>1,3%</b>	4,2%	5,2%	8,5%	6,6%
2014	6,8%	5,1%	13,7%	<b>16,7%</b>	4,2%	5,8%	9,2%	<b>3,4%</b>	8,3%	5,1%	12,9%	8,7%
2015	7,0%	6,0%	<b>14,5%</b>	8,0%	9,3%	9,4%	<b>1,0%</b>	1,2%	7,7%	11,7%	13,7%	10,4%
2016	<b>22,0%</b>	10,3%	9,9%	2,7%	3,2%	6,5%	<b>0,1%</b>	2,9%	4,1%	12,7%	14,1%	11,3%
2017	<b>19,5%</b>	6,9%	19,2%	5,4%	5,1%	4,7%	1,9%	3,6%	<b>1,2%</b>	7,2%	17,9%	7,3%
2018	11,8%	11,6%	<b>21,3%</b>	11,0%	2,6%	2,6%	2,7%	3,4%	<b>2,2%</b>	8,3%	17,0%	5,5%
Média	13,6%	11,2%	13,4%	7,9%	4,9%	4,2%	3,9%	2,7%	6,6%	8,9%	11,6%	11,3%
Desvio Padrão	6,3%	6,7%	5,7%	3,8%	2,6%	2,9%	2,7%	1,7%	2,7%	3,9%	5,6%	6,2%

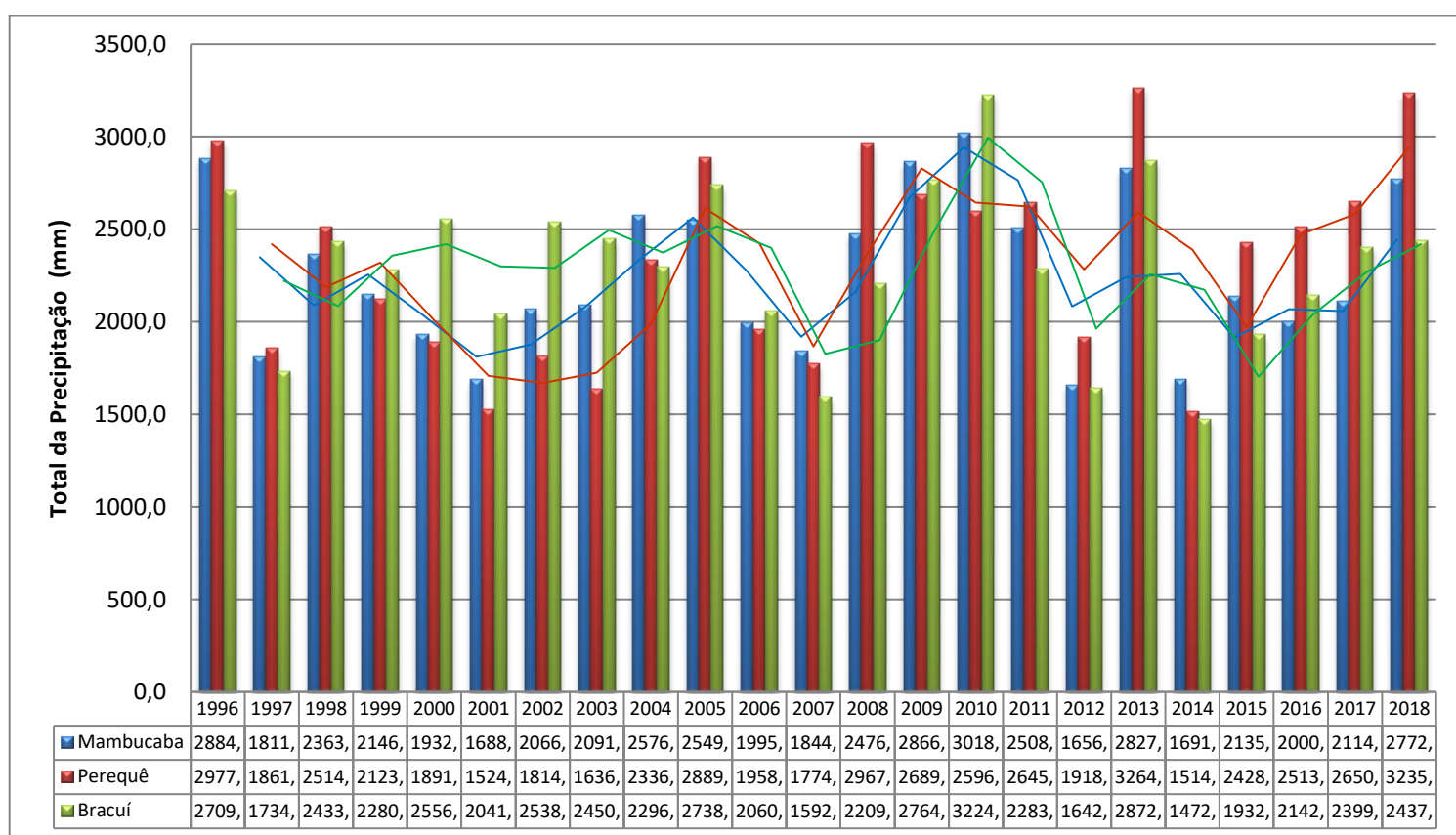
**Figura 36** - Contribuição por mês da precipitação (%) dentro do ano, com ênfase nos meses de maior e menor contribuição. Perequê (Angra dos Reis/RJ).

Analisando as três últimas figuras podemos observar que os meses de maior contribuição são os meses de janeiro e março para ambas as estações. As variações entre o segundo e o terceiro mês de maior contribuição são mínimas no Bracuí, março com 12 mm e dezembro com 11,8 mm. Entre o primeiro (janeiro) e o segundo (março) e o terceiro (dezembro) e quarto (fevereiro) mês de maior contribuição são igualmente pequenas 0,2% e 0,1%. Em Mambucaba fevereiro e dezembro possuem contribuições iguais 11,2%.

Porém ao analisarmos esse dado como um todo, pode-se recorrer a um exercício de imaginação onde todos os meses a precipitação fosse idêntica teríamos uma contribuição mensal de 8,3% por mês em cada ano. Isso obviamente sai de uma realidade e ao analisarmos os dados a partir de tais informações observa-se que há inúmeros meses onde há uma contribuição superior a essa em até três vezes. Com destaques para fevereiro de 1996, janeiro de 2008, 2013 2016 e 2017, dezembro de 2002, 2009 e 2010, junho de 2012, mês tradicionalmente mais seco, mas que nesse ano contribuiu com mais de 12% da precipitação anual, março de 2011, 2013 e 2018 e novembro de 1997, 2003 e 2007, meses esses e anos onde há registros de deslizamentos. Podemos observar ainda algumas sequências de meses onde a contribuição foi maior que os 8,3% homogêneos como sendo a maior delas setembro 1997 – março de 1998 no Bracuí e Mambucaba. Além dessas outras sequências menores de 2-três meses de uma contribuição significativa, como por exemplo: janeiro-março, 1996, 1998, 2000,

2008, 2011 e 2013. Acima da média mensal no período analisado encontramos respectivamente 37, 35, 49 meses.

Na análise anual (Figura 37) podemos observar que a precipitação tem uma oscilação cíclica com sequência de anos chuvosos em média dois anos, decrescendo num ano mais seco e voltando a ter uma elevação, as linhas de tendência traçadas do tipo “média móvel” nos permite observar tal variação, sobretudo no Perequê e em Mambucaba. Desde o último ano seco em 2014 é observado uma elevação constante da precipitação. A precipitação terá no período analisado na área de estudo seu mínimo em 2014 (1.472 mm) e seu máximo em 2013 (3.264 mm).



**Figura 37** - Distribuição anual da precipitação e respectiva média móvel para as estações meteorológicas de Mambucaba, Perequê e Bracuí - Angra dos Reis (RJ).

Os dados até aqui apresentados são importantes, pois nos mostram a evolução temporal da precipitação em Angra dos Reis, ressaltamos então o quão intensa são as chuvas locais e destacamos também a importância de se observar a sequência de meses chuvosos, em especial no verão, dados que serão importantes ao relacionarmos a ocorrência de deslizamentos nos capítulos que virão

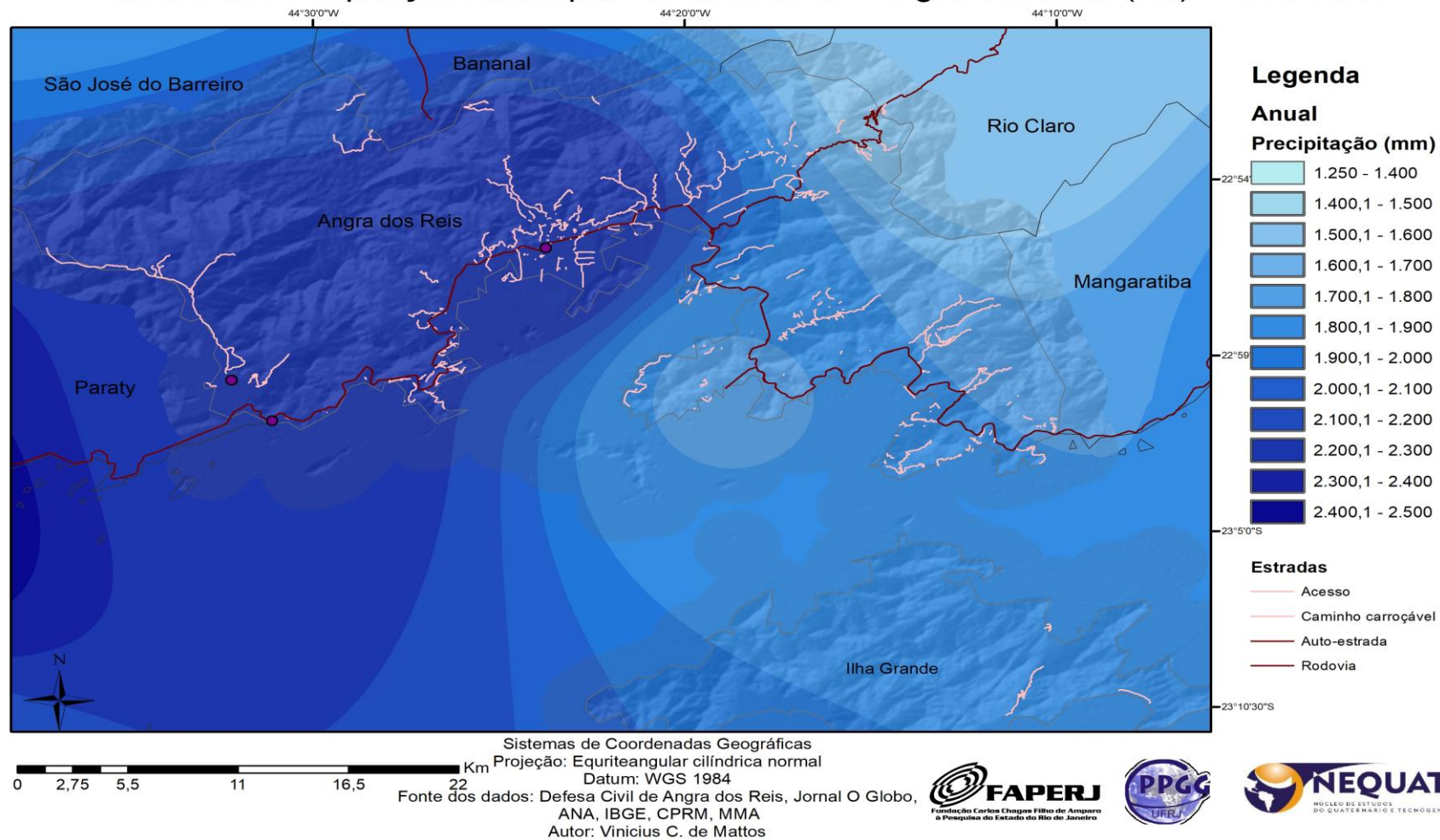
### 5.1.1 - No Espaço

A variação espacial já é observável nos gráficos, onde Mambucaba e Perequê tem precipitações superiores ao Bracuí. Porém, a sua espacialização como se sabe é de suma importância, pois permite-nos observar nuances da precipitação possibilitando relacionar com os fatores geográficos do clima, sendo um mecanismo de análise que é um dos reflexos metodológicos mais diretos da faceta geográfica do clima.

A análise espacial conforme a metodologia outrora explicada foi feita com base em duas metodologias de interpolação, a krigagem (*Krigging*) e o inverso da distância ponderada (IDP, em inglês IDW). Iniciaremos a discussão aqui mostrando o mapa de isoietas por ambos os métodos (Figura 38 – IDP e Figura 39 – Krigagem), para seus valores médios do total anual da precipitação, no período de 1996-2018. Cabe lembrar que algumas estações de fora do município foram utilizadas não só para auxiliar no preenchimento de falhas, como também na presente etapa, uma vez que sem as mesmas o extrapolação da interpolação conferiria valores irreais para os limites ao norte e leste do município onde não há estações, com as estações vizinhas a interpolação é melhor ajustada.



## Média da Precipitação Anual pelo Método IDW - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



**Figura 38** - Mapa de Isoietas da média da precipitação anual pelo método IDP.

## Média da Precipitação Anual pelo Método Kriging - Angra dos Reis/RJ (1996 - 2018)

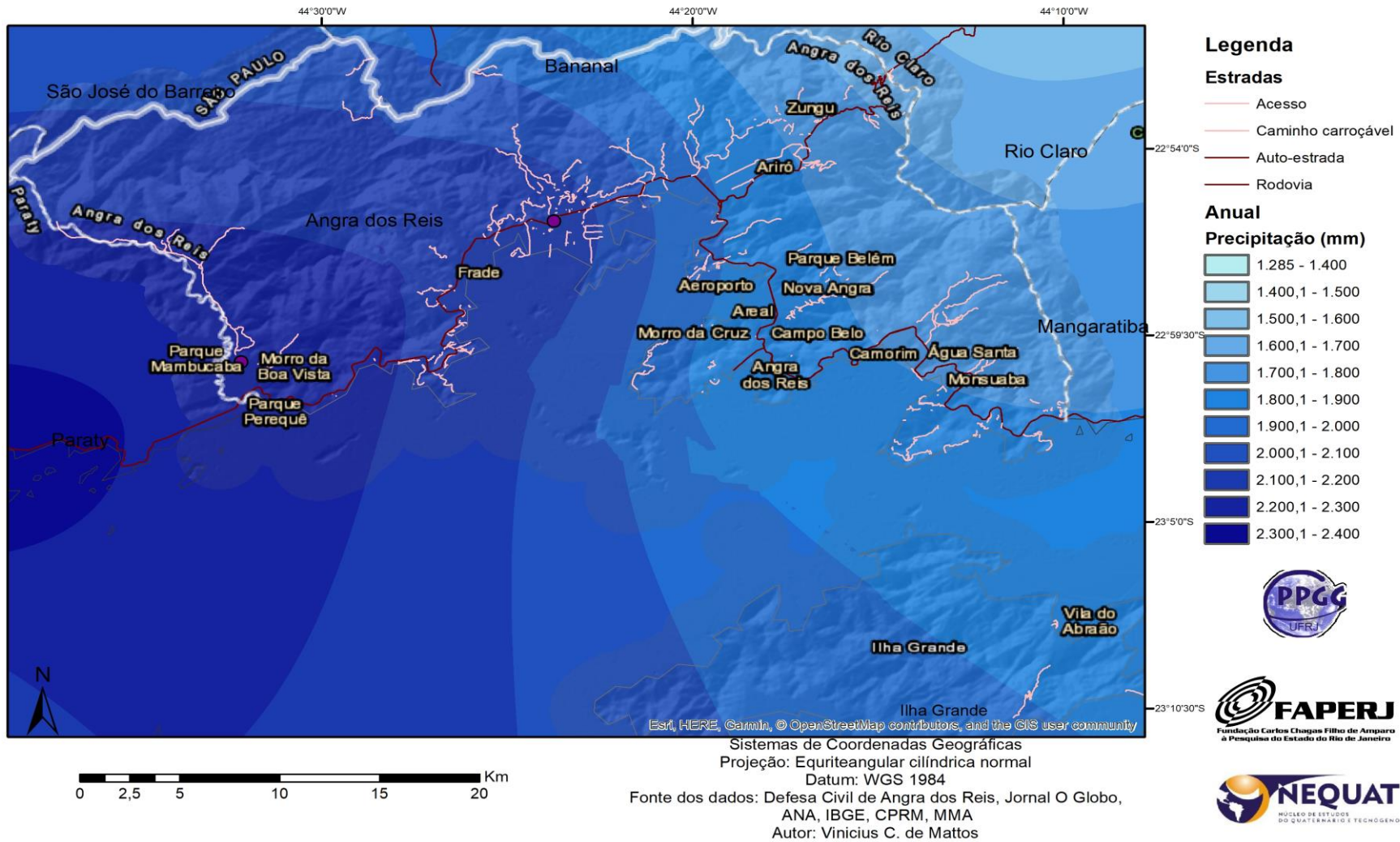


Figura 39 - Mapa de Isoietas da média da precipitação anual pelo método da krigagem.

Ao analisarmos o mapa, podemos compartimentalizá-lo em três direções preferenciais a fim de observar amplitudes pluviométricas distribuídas pelo município. No trecho E-W é possível observar uma amplitude pluviométrica de cerca de 680 mm anuais pelo método IDW (IDP em português) e 590 mm anuais pelo método da Krigagem. Na direção N-S as amplitudes são de cerca de 775 pelo método IDW e 435 pelo método da krigagem. Esses são valores aproximados com bases nas interpolações. Uma vez que não há estações nesses pontos do município. As amplitudes são maiores numa direção NE-SW, onde temos cerca de 920 mm no IDW e 700 mm na krigagem. Isso demonstra que conforme nos dirigimos mais para NE do município, ou seja, em direção ao norte do estado do Rio de Janeiro e em direção a Serra do Mar as precipitações tendem a decair, indicando que o comportamento da precipitação fortemente alinhado aos fatores geográficos do clima. Em especial a orografia e a relação continentalidade-maritimidade. É possível observar que os menores valores se encontram mais para o interior ao subirmos a serra do mar, mais precisamente ao sotavento da mesma na direção de Rio Claro, onde o ar encontra-se mais seco, onde o ar úmido ao encontrar a escarpa serrana a barlavento gera nuvens e chuvas orográficas pelo resfriamento do ar úmido e da sua condensação. Em ambos os mapas é possível observar que mais a leste do município, indo em direção a Mangaratiba as precipitações anuais também diminuem.

Os maiores valores, por sua vez, encontram-se a sudeste, nas estações de Perequê e Mambucaba, mais precisamente Perequê por estar mais distante da “borda” da isoietas. Esse setor inclui o Bracuí, que embora tenha valores menor que Mambucaba ainda é bem superior aos valores mais ao leste e nordeste, e tem os maiores valores de precipitação do município. Os valores elevados de precipitação encontrados estão muito associados ao relevo e ao regime de ventos. Nessa área o formato da costa propicia uma maior concentração da umidade, por estar mais recuada, mais “protegida” dentro da Baía de Ilha Grande, que somados a forma de escoamento dos ventos frontais elevam a concentração de umidade, sua condensação e precipitação. O escoamento dos ventos na baixa troposfera como aponta o EIA/RIMA da Usina Nuclear de Angra III flui preferencialmente no sentido NWN-SSE encontrando-se assim perpendicular à direção da Serra do Mar, que segundo Soares *et al.* (2005) possui orientação WSW-ENE, nesse trecho do litoral, isso propiciará um aumento considerável da precipitação. O efeito do relevo sobre as chuvas, como colocado por Barry e Chorley (2003) se dá:

“(1) Força a ascensão do ar [...] produzindo um resfriamento adiabático, condensação e precipitação; (2) desencadeamento de instabilidade condicional ou convectiva bloqueando o fluxo de ar e ascensão a montante; (3) desencadeamento de convecção por aquecimento diurno de ventos vale montanha; (4) precipitação de nuvens de baixo nível sobre as montanhas

através de "semeadura" de cristais de gelo ou gotículas para a formação de nuvens; e (5) aumento da precipitação frontal, decorrente do retardamento na circulação dos sistemas ciclônicos e frontais” (p. 103).

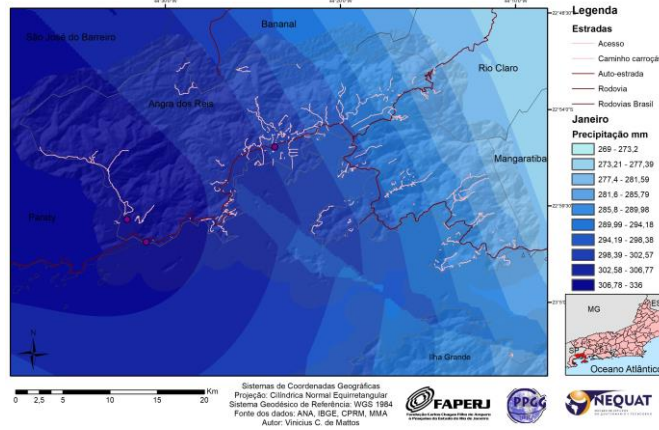
Dessa forma a distribuição da precipitação anual se dá em alta interação com o relevo, em especial as causas 1, 2 e 5. A causa 5 pode nos ajudar a explicar por exemplo aquilo que é observável nos dois mapas, nas figuras 38 e 39, nelas observamos essa diminuição gradativa da precipitação em diferentes classes até chegar seu menor valor a leste, essa pode ser assim uma das explicações para os menores valores. Mattos (2017) ressaltará ainda a importância das brisas ao afirmar que

“Todo litoral encontra-se ainda sujeito a ação de sistemas de brisas. Estes formados pela diferenciação barométrica, aliada a diferença de calorimetria das superfícies do oceano e continente, fazendo com que, durante o dia (quando a radiação é maior), os ventos soprem da alta pressão, na região mais fria (o oceano) para a baixa pressão (trecho continental), trazendo umidade para o continente” (MATTOS, 2017, p. 63).

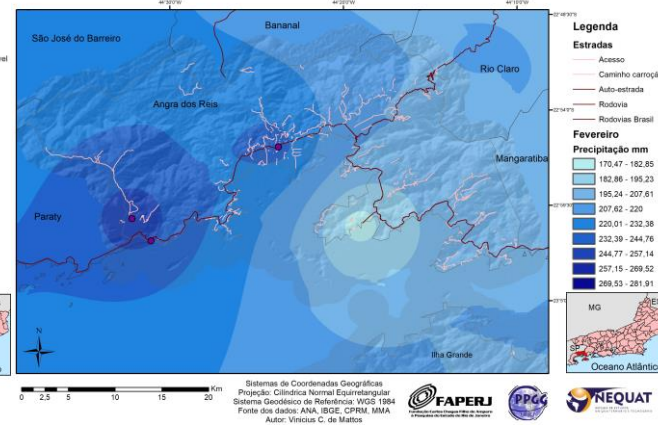
Agora ao compararmos ambos os métodos podemos observar dois pontos fundamentais. Na krigagem embora ela englobe de forma mais precisa as estações de maior precipitação numa classe separada a maior que vai de 2219 a 2382 mm, e havendo também uma clara separação de classes até chegar ao Bracuí e seguindo até Mangaratiba, ou seja ela separa melhor as classes, não englobando as estações de estudo numa mesma classe, como ocorre no IDW. Aceita-se essa diferenciação com base no exposto sobre o papel do relevo nas interações com o avanço de sistemas frontais e outros sistemas meteorológicos, mas também com aquilo atestado por Farias *et al.* (2017), onde os autores ressaltaram que a krigagem se adapta melhor ao espaço e aos fatores geográficos como o relevo. Os autores concluem que “verifica-se que método da Krigagem produziu um resultado plausível, pois o padrão de distribuição de chuvas segue a topografia do terreno conforme indicado pelos dados observados das estações pluviométricas da RHBIG” (FARIAS *et al.*, 2017, p. 183). Entretanto, esse método apresentou descontinuidades no seu traçado de isoietas, o que não foi apresentado pelo IDW, o que pode torná-lo um interpolador de mais difícil leitura, isso será facilmente observável ao compararmos os meses de dezembro em ambos os interpoladores, mais adiante. O que corrobora com Farias e colaboradores (2017) que atestaram o menor número de erros no método IDW.

Agora iremos apresentar os mapas de isoietas para cada mês (Figuras 40 e 41). Através deles é possível observar a variação temporal e espacial dos principais núcleos de concentração de precipitação no município.

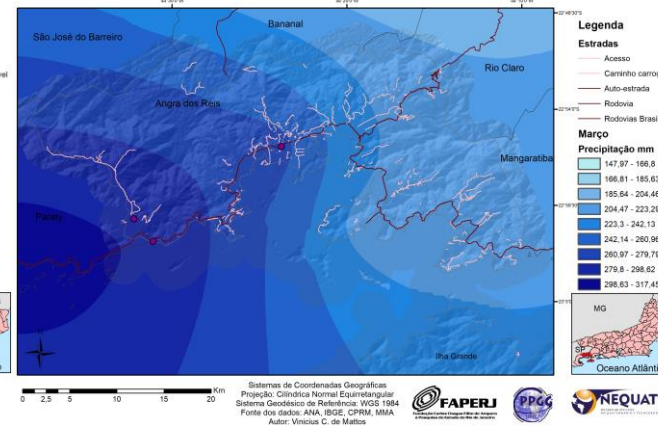
Média da Precipitação de Janeiro pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



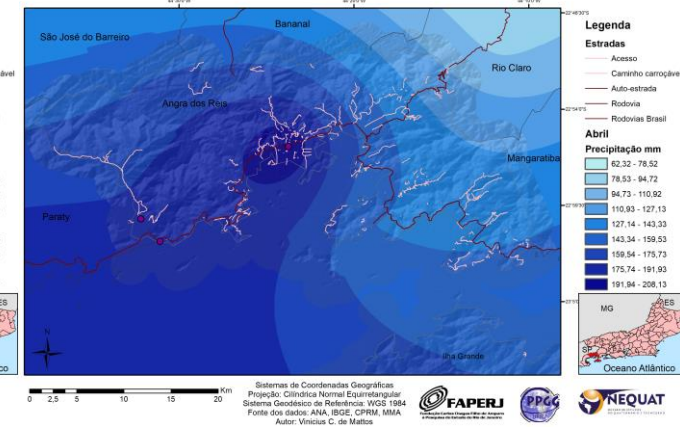
Média da Precipitação de Fevereiro pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



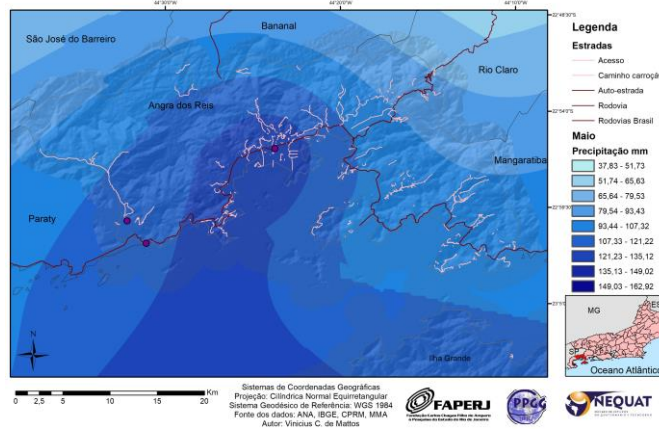
Média da Precipitação de Março pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



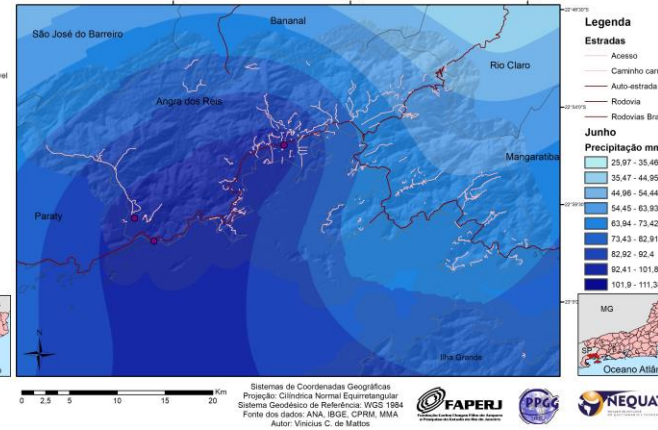
Média da Precipitação de Abril pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



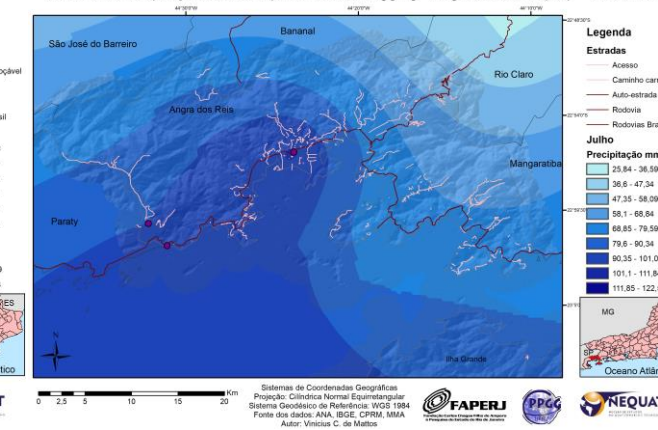
Média da Precipitação de Maio pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



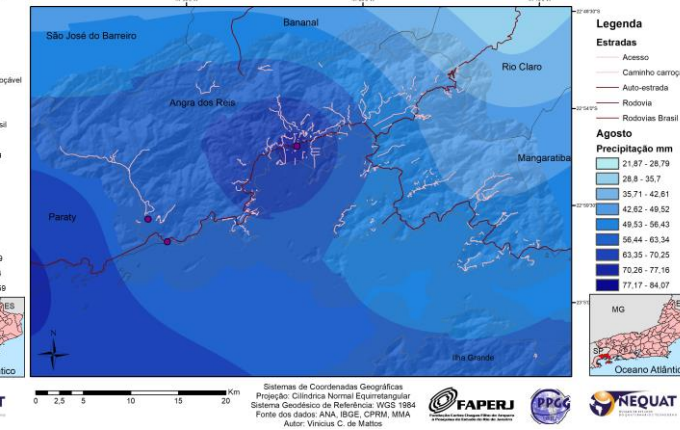
Média da Precipitação de Junho pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



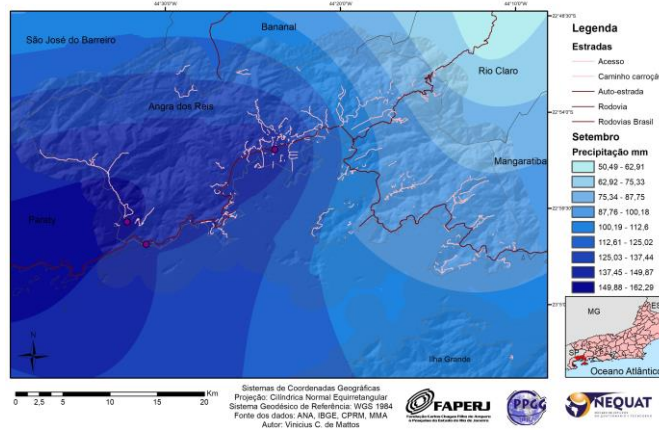
Média da Precipitação de Julho pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



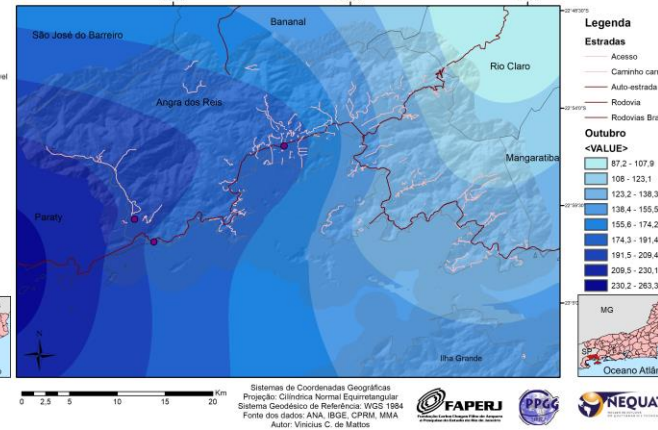
Média da Precipitação de Agosto pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



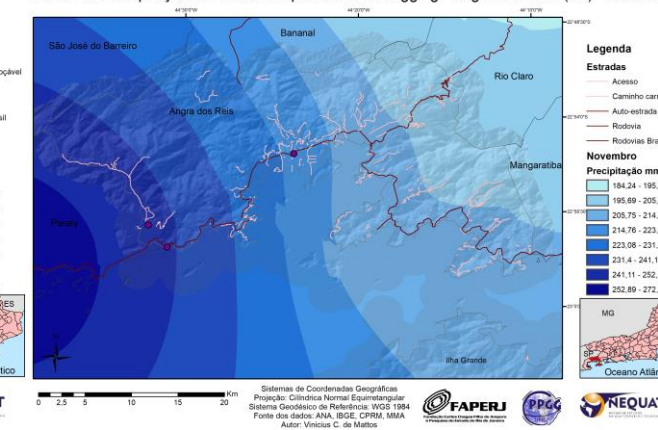
Média da Precipitação de Setembro pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



Média da Precipitação de Outubro pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



Média da Precipitação de Novembro pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018



Média da Precipitação de Dezembro pelo Método Krigging - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018

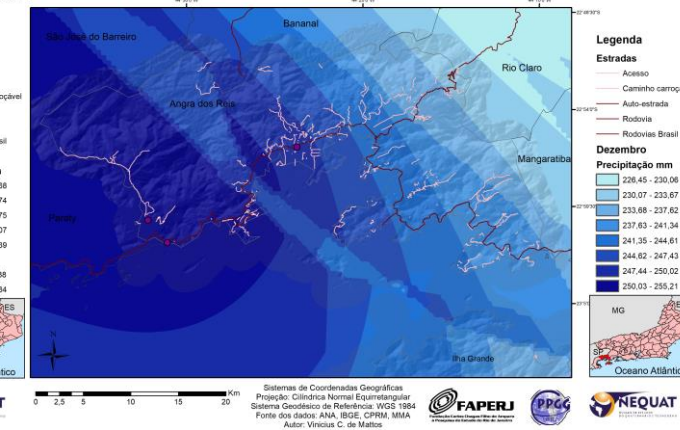


Figura 40 - Mapas de Isoietas da média do acumulado mensal interpolado via método Krigging

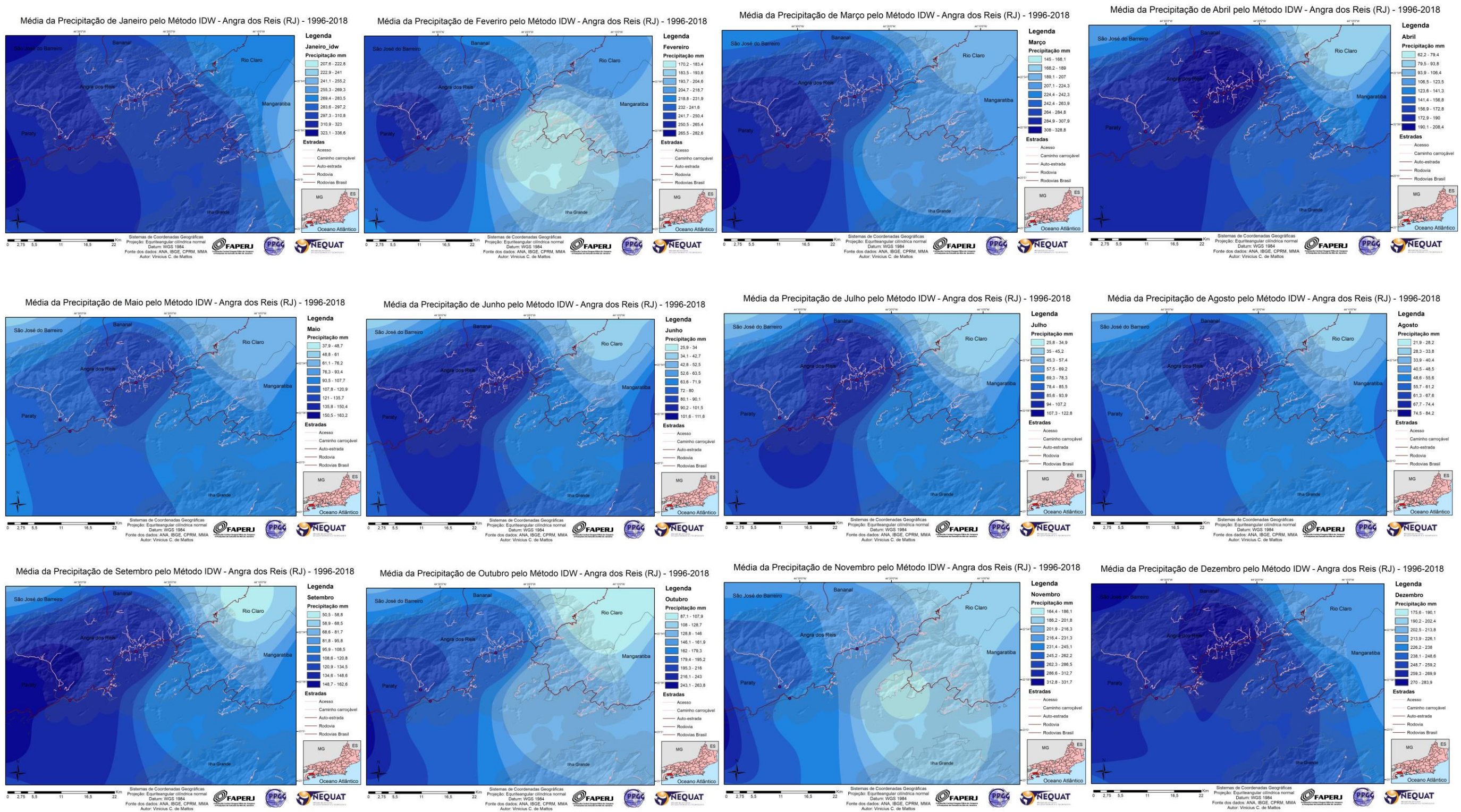


Figura 41 - Mapa de isoietas da média do acumulado mensal, interpolado pelo método IDW

Analisando o quadro da espacialização e interpolação via Krigagem (Figura 40) é possível observar de antemão pequenos ruídos encontrados nos mapas de Janeiro e Dezembro. O que dificulta uma leitura mais precisa dos pontos naquela área. Para a realização dessas krigagens foram testados vários interpoladores dentro da krigagem e o aqui apresentado foi o que apresentou menor erro. Os mapas trazem, porém, informações relevantes. É possível observar que conforme o ano avança até o inverno o núcleo de maior precipitação desloca-se em direção a Bracuí, possivelmente por termos uma força maior de avanço das frentes nesse período. Nesses meses de menor precipitação, onde agosto é o menor deles, com precipitações que variam de 28,8 mm à 84,7 mm dentro do município. Nos meses que vão de maio a setembro é possível observar de forma marcante a participação do relevo, ao influenciar na maior concentração de precipitação na área mais “protegida” do litoral.

O município de Angra dos Reis, como já mencionado, possui uma vegetação ainda muito bem preservada, esse fato somado as elevadas temperaturas no verão e sua radiação favorecem a evaporação de água do mar e da transpiração das plantas contribuindo para os altos valores de precipitação. Esse fator, somado aos fatores de continentalidade e maritimidade e as próprias características do relevo demonstram condições marcantes da precipitação local, e o que pode auxiliar também a compreender os maiores valores no inverno encontrados em Bracuí. Além de ser um local onde a preservação da vegetação é maior se comparada a Mambucaba e Perequê. Nestas localidades as estações meteorológicas estão mais próximas a áreas urbanas, em especial Mambucaba.

Os maiores valores são encontrados em janeiro com pontos de precipitação no município que variam entre as classes de 273 mm à 336 mm. Esses valores elevados concentram-se em Perequê e Mambucaba e decrescem conforme se avança para leste do município, mais próximo a Mangaratiba. Tais valores justificam-se pela alta taxa de umidade da área, onde a circulação dos ventos carregado de umidade se encontra com o relevo e resulta em chuvas intensas.

Observa-se que ao longo do ano o núcleo de maior precipitação irá se mover de Perequê e Mambucaba (jan-mar) em direção a Bracuí (em abr-mai e ago). Em junho e julho as três estações encontram-se dentro da mesma classe de precipitação, seu núcleo de maior precipitação desloca-se para Perequê em setembro e outubro e depois retorna em novembro e dezembro a maior precipitação para Perequê e Mambucaba.

Pelo método IDW, é possível observar que as isolinhas traçadas se aproximam mais da estação pluviométrica, pela própria natureza dessa interpolação, como atestam Farias e colaboradores (2017). Os mapas apresentam menos ruídos tornando mais fácil sua leitura, principalmente naqueles onde esses ocorreram janeiro e dezembro.

É possível observar nos mapas presentes na figura 41, assim como no anterior, um padrão de precipitação que em muito relaciona-se com o relevo. As convecções ali geradas decorrentes da forte relação com o relevo e outros fatores, como a umidade, a relação continentalidade-martimidade, favorecem uma elevada precipitação no trecho do litoral que vai de Perequê a Bracuí, possuindo algumas pequenas variações. Em janeiro, mês mais chuvoso, dentro do município as classes de precipitação apresentam valores que variam de 241,1 à 323 mm, valores menores se comparados a interpolação via krigagem. Os menores valores, por sua vez, encontram-se em Agosto variando de 28,3 à 74,4 mm.

Os núcleos de maior concentração de precipitação encontram-se entre Perequê e Mambucaba somente em janeiro e março, em fevereiro e de setembro-novembro encontra-se exclusivamente no Perequê, devida a maior especificidade que o interpolador dá aos valores absolutos. Bracuí apresenta os maiores valores via esse método de interpolação em abril, maio, agosto e dezembro. Em junho todas as estações estão dentro da mesma classe de precipitação. Em julho, Mambucaba e Bracuí apresentam a maior classe de precipitação.

Os dados de precipitação interpolados nos permitem observar de forma clara como a precipitação se distribui espacialmente, entra-se, portanto, no conceito dinâmico da climatologia geográfica. A partir deles é possível tomarmos a dimensão espacial do fenômeno meteorológico e permite-nos pensar em áreas de ação importante. Na área de Mambucaba há um importante núcleo urbano, dessa forma as altas precipitações ali encontradas podem se reverberar de forma intensa sobre o espaço urbano, acarretando em problemas como inundações, conforme Mattos (2017) e Freitas (2018) apontaram. É possível ainda identificar as áreas onde na teoria há uma maior propensão à ocorrência de extremos de precipitação e ainda relacioná-los com eventos geomorfológicos como o faremos mais adiante. Porém, para aprofundarmos nossa discussão acerca da dimensão pluviométrica do município, alguns novos passos precisam ser dados e entraremos num dos pontos importantes nas pesquisas dentro da climatologia geográfica, as percepções de ritmo, na análise de tendências.

### **5.1.2 – Análise Rítmica da Precipitação Angrense**

A análise de anos padrões, buscando identificar as tendências com relação a precipitação é um dos objetos mais interessantes numa compreensão da dinâmica pluviométrica de dado local. Essa etapa desenvolvida conforme a metodologia apontada no item 4.1.4, permite-nos identificar os padrões e tendências da precipitação anual e mensal permitindo-nos assim analisar se um determinado ano está muito acima ou abaixo do padrão, logo nos permite indagar sobre aqueles anos e meses mais propensos a ocorrência de deslizamentos. Essa comparação com a



ocorrência de deslizamentos se dará mais adiante, e busca-se aqui mostrar apenas os padrões mensais e anuais, destacando alguns pontos importantes, além de uma comparação entre os métodos para a classificação desses padrões foi feita.

Desse modo, foi feito o cálculo dos anos padrões para cada uma das estações e que serão apresentados na tabela 12, onde as três estações apresentam-se em conjunto e onde segundo Zavatini e Boin (2013) sua leitura pode se dar de duas formas, uma temporal no seu ‘evoluir ao longo do tempo’. E uma leitura espacial, onde partimos do sentido E-W de Bracuí rumo a Mambucaba e Perequê, podemos observar seu comportamento anual. Os valores de referência encontram-se na tabela 13.

**Tabela 12** - Comparação dos padrões anuais de pluviometria para cada estação do município de Angra dos Reis, segundo metodologia adaptada de Armond (2014).

Anual	Bracuí	Mambucaba	Perequê
1996	tendente a chuvoso	chuvoso	chuvoso
1997	seco	seco	tendente a seco
1998	normal	normal	normal
1999	normal	normal	normal
2000	tendente a chuvoso	tendente a seco	tendente a seco
2001	tendente a seco	seco	seco
2002	tendente a chuvoso	normal	tendente a seco
2003	normal	normal	seco
2004	normal	tendente a chuvoso	normal
2005	chuvoso	tendente a chuvoso	chuvoso
2006	tendente a seco	tendente a seco	tendente a seco
2007	seco	tendente a seco	seco
2008	normal	tendente a chuvoso	Chuvoso
2009	chuvoso	chuvoso	tendente a chuvoso
2010	chuvoso	chuvoso	Normal
2011	normal	tendente a chuvoso	tendente a chuvoso
2012	seco	seco	tendente a seco
2013	chuvoso	chuvoso	Chuvoso
2014	seco	seco	Seco
2015	tendente a seco	normal	Normal
2016	normal	tendente a seco	Normal
2017	normal	normal	tendente a chuvoso
2018	normal	chuvoso	Chuvoso

**Tabela 13** - Valores de referência para as diferentes tendências de precipitação. Adaptado de Armond (2014).

Valores de Referência			
Tendências de Precipitação	Bracuí	Mambucaba	Perequê
	Valores Observados	Valores Observados	Valores Observados
Chuvoso	P (mm) > 2.732,1	P (mm) > 2.686,4	P (mm) > 2.877,1
Tendente a Chuvoso	2.732,1 > P (mm) > 2.514,2	2.686,4 > P (mm) > 2.474	2.677,1 > P (mm) > 2.606,5
Normal	2.514,2 > P (mm) > 2.078,3	2.474 > P (mm) > 2.049,2	2.606,5 > P (mm) > 2.065,2
Tendente a Seco	2.078,3 > P (mm) > 1.860,4	2.049,2 > P (mm) > 1.836,9	2.065,2 > P (mm) > 1.794,6
Seco	1.860,4 > P (mm)	1.836,9 > P (mm)	1.794,6 > P (mm)

Analisando a tabela 12 identificamos na interpretação espacial, uma tendência de padrões onde no Perequê os para um ano ser considerado chuvoso cerca de 180 mm superiores as demais estações. Ainda assim ao lado de Mambucaba apresenta um total de 5 anos de padrões chuvosos, enquanto o Bracuí apresenta 4. Bracuí é a estação que mais apresenta anos de padrões normais, sendo caracterizada num padrão anual como a menos propensa a ocorrência de extremos. É aquela ainda onde os padrões chuvosos, tendentes a chuvosos, padrões secos e tendentes a seco menos aparecem, o que demonstra uma maior regularidade da precipitação anual se comparada as demais estações.

As estações de Perequê e Mambucaba, embora não concordem em todos os anos, demonstram uma maior similaridade dos padrões quando comparados ao Bracuí, demonstrando uma relação positiva dos fatores geográficos do clima, uma vez que ambas encontram-se em contextos geográficos mais similares do que com o Bracuí. Ambas encontradas no baixo curso do rio Mambucaba, com altitudes e taxa de vegetação similares e próximas ao litoral.

Em termos temporais podemos destacar alguns anos de tendência chuvosa 1996, 2005, 2008, 2009, 2010, 2013 e 2018, variando para o tendente a chuvoso em algumas estações, tendo a maior diferença nos anos de 2008 e 2018, onde em Bracuí o padrão foi normal. Em todos esses anos destacados há registros de ocorrência de deslizamentos, alguns de grande proporção como os ocorridos na passagem do ano de 2009 para 2010, que acarretaram em grandes prejuízos socioeconômicos. No item 5.3.3 esses dados serão melhor detalhados. Mas aqui o que destaca-se é uma interligação importante entre esses padrões e a ocorrência de eventos geomorfológicos intensos. Ressalta-se ainda anos tendentes a chuvosos relevantes como 2000, 2002, 2004, 2005, 2008, 2009, 2011 e 2017. O único dos anos destacados onde há uma simetria

para as três estações é 2013, em 2009 a relação é bem próxima com um padrão Chuvoso (Bracuí e Mambucaba) e tendente a chuvoso (Perequê), de forma similar a 2010, onde o padrão de Perequê é normal. O que se repete em 1996 e 2005 só que no primeiro o tendente a chuvoso se encontra no Bracuí e no segundo chuvoso se apresenta em Bracuí e Perequê e tendente a chuvoso em Mambucaba. Porém, se observarmos em termos absolutos os valores do Perequê de tendente a chuvoso estariam dentro da classe chuvosa, se o valor de referência fosse correspondente as demais estações.

Destaca-se o ano de 2002, onde houve um deslizamento intenso em Angra dos Reis noticiados em massa pela mídia, na figura 42 podemos observar algumas manchetes sobre essa tragédia, porém onde os padrões se concentraram entre o tendente a chuvoso e o tendente a seco, passando de Bracuí rumo a Perequê, o que indica a intensidade desse evento no ano em questão, onde em 24h choveu o equivalente a 15 dias como foi notícia a época. Então, para além de uma análise anual, faria sentido pensar que uma classificação de padrões mensais seria mais apropriada? E seria relevante considerarmos outros métodos para a análise dos padrões anuais?

**Mais três corpos em Angra**  
Mulher, homem e criança de 8 anos são encontrados soterrados nos escombros

**Em 24 horas, chuva correspondente a 15 dias**  
Topografia de Angra favorece enxurradas e solo permeável aumenta risco de deslizamentos

**Conheça os estragos causados pela chuva**

**BAIRROS DE ANGRA MAIS ATINGIDOS**  
Angra, Mambucaba, Piñeira, Grande Belém e Perequê, onde o grande volume de deslizamentos. Só nesta lua em Angra, uma criança desabou sobre 12 casas, sobrenovo necessitam.

**A chuva matou 34 pessoas e deixou 1.500 desabrigados**

**A explicação meteorológica**  
Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), das 0h às 6h da manhã de 16 de dezembro o dia de chuvas em Angra dos Reis chegou a 175,3mm, muito da maior da noite e mais de dezembro 2002. O município tem um dos maiores índices pluviométricos do estado.

**Por que choveu tão forte**  
De acordo com a Inmet, uma frente fria vindo do Sul chegou rapidamente à costa do Estado, fazendo convergência entre as massas do Sul Paulo e Rio de Janeiro.

**A geografia da região agrava o problema**  
A temperatura da superfície do mar do Atlântico, mais alta do que a de outros lugares, facilitou o aquecimento. O vento frio empurrou para as encostas, provocando a formação de nuvens.

**MORTES AGENDADAS**

● EM ANGRA dos Reis, uma tromba d'água termina em tragédia, com a morte de 37 pessoas. Para os mortos e suas famílias, não adianta a meteorologia explicar que, em 24 horas, choveu o correspondente a 15 dias, na região.

**Figura 42** - Manchetes sobre a tragédia ocorrida em Angra dos Reis em dezembro de 2002. Fonte: Acervo do jornal O Globo

Pensando em qualificar os anos padrões com base em outras metodologias destacamos a dos percentis, também utilizada em Armond (2014) e que aqui foi adaptada. Nela foi calculado os percentis anuais de 85%, 65%, 35% e 15%, onde acima de 85% seria chuvoso, entre 85-65% tendente a chuvoso, entre 65-35% normal, entre 35-15% tendente a seco e abaixo desse valor seco. Destacamos ainda de modo a qualificar os extremos anuais, o percentil 90% e 10% para indicar os extremos chuvosos e secos, esse valor do percentil 0,9 foi escolhido uma vez que o IPCC qualifica um extremo acima desse valor. A título de dar uma maior especificidade, de modo a encontrar valores ainda mais extremos demonstramos também o percentil 0,95. Buscamos assim uma melhor eficácia na identificação dos extremos. Assim obtivemos a tabela 14, que tem seus valores de referência demonstrados na tabela 15.

**Tabela 14** - Comparação de anos padrões para as estações angrenses via técnica dos percentis adaptada de Armond (2014). Em destaque os dados extremos, conforme a legenda.

Anos	Bracuí	Mambucaba	Perequê
1996	2709,2	<b>2884,4</b>	<b>2977,9</b>
1997	1734,8	1811,0	1861,2
1998	2433,6	2363,6	2514,3
1999	2280,4	2146,4	2123,5
2000	2556,2	1932,5	1891,1
2001	2041,4	<b>1688,9</b>	<b>1524,6</b>
2002	2538,9	2066,2	1814,1
2003	2450,1	2091,2	<b>1636,2</b>
2004	2296,5	2576,2	2336,3
2005	2738,6	2549,0	2889,7
2006	2060,4	1995,4	1958,0
2007	<b>1592,6</b>	1844,1	1774,3
2008	2209,0	2476,8	2967,1
2009	<b>2764,2</b>	<b>2866,4</b>	2689,3
2010	<b>3224,5</b>	<b>3018,6</b>	2596,5
2011	2283,5	2508,7	2645,9
2012	<b>1642,0</b>	<b>1656,1</b>	1918,2
2013	<b>2872,6</b>	2827,0	<b>3264,5</b>
2014	<b>1472,7</b>	<b>1691,2</b>	<b>1514,0</b>
2015	1932,7	2135,7	2428,2
2016	2142,2	2000,7	2513,5
2017	2399,8	2114,8	2650,3
2018	2437,3	2772,6	<b>3235,4</b>

Legenda			
Percentil	Bracuí	Mambucaba	Perequê
<b>p95</b>	<b>2861,76</b>	<b>2882,6</b>	<b>3209,7</b>
<b>p90</b>	<b>2759,088</b>	<b>2858,5</b>	<b>2975,7</b>
p85	2729,808	2810,7	2943,9
p65	2441,154	2486,4	2611,3
Mediana	2296,5	2135,7	2428,2
p35	2188,96	2046,6	1946,1
p15	1794,17	1820,9	1785,2
<b>p10</b>	<b>1660,56</b>	<b>1715,2</b>	<b>1663,8</b>

**Tabela 15** - Valores de Referência para a classificação das tendências pluviométricas, via técnica dos percentis. Adaptado de Armond (2014).

Valores de Referência			
Tendências de Precipitação	Bracuí	Mambucaba	Perequê
	Valores Observados	Valores Observados	Valores Observados
Chuvoso	$P \text{ (mm)} > 2.729,8$	$P \text{ (mm)} > 2.810,7$	$P \text{ (mm)} > 2.943,9$
Tendente a Chuvoso	$2.729,8 > P \text{ (mm)} > 2.441,1$	$2.810,7 > P \text{ (mm)} > 2.486,4$	$2.943,9 > P \text{ (mm)} > 2.611,3$
Normal	$2.441,1 > P \text{ (mm)} > 2.188,9$	$2.486,4 > P \text{ (mm)} > 2.046,6$	$2.611,3 > P \text{ (mm)} > 1.946,1$
Tendente a Seco	$2.188,9 > P \text{ (mm)} > 1.794,2$	$2.046,6 > P \text{ (mm)} > 1.820,9$	$1.946,1 > P \text{ (mm)} > 1.786,2$
Seco	$1.794,2 > P \text{ (mm)}$	$1.820,9 > P \text{ (mm)}$	$1.786,2 > P \text{ (mm)}$

Analisando esse novo método de classificação das tendências é possível observar que os valores de precipitação que são considerados chuvosos e tendentes a chuvosos são maiores para esse segundo método nas estações Perequê e Mambucaba e diminuem no limite inferior da classe normal e nas classes tendente a seco e seco. Para Bracuí o limite inferior da classe normal e superior de tendente a seco são nesse segundo método maiores do que o primeiro baseado no desvio padrão. Nesse sentido, temos em Bracuí 2005, 2009, 2010 e 2013 como sendo chuvosos, o que corresponde aos valores do desvio padrão. Nas outras duas estações temos chuvoso respectivamente: 1996, 2009, 2010 e 2013; e 1996, 2008, 2013 e 2018 (na primeira não entrou nesse método o ano de 2018 e no segundo o ano de 2005, se comparados ao método do desvio padrão). Em Bracuí com esse método observa-se uma diminuição dos anos de tendência normal de 9 para 7, mais um aumento no tendente a chuvoso de 2 para 3, entrando 2003, e de 3 para 4 no tendente a seco, entrando nessa classe o ano de 2016. Em Perequê houve um decréscimo na classe chuvosa do ano de 2005, passa tendente a chuvoso. Outra mudança ocorre em 2006 passa de tendente a seco para normal. E em Mambucaba houve ainda uma mudança em 2008 de tendente a chuvoso para normal e de chuvoso para tendente a chuvoso em 2018. Para o caso de 2002 essa mudança de metodologia não trouxe uma maior luz sobre o caso em específico, enquanto os demais casos assim como no método do desvio padrão serão avaliados comparativamente no item 5.3.3. Se considerarmos a análise dos extremos segundo o IPCC (2007) apenas 3 anos em cada estação seriam considerados extremos chuvosos anuais: 2009, 2010 e 2013 (Bracuí); 1996, 2009 e 2010 (Mambucaba); e 1996, 2013 e 2018 (Perequê).

Buscando uma melhor compreensão das nuances de cada mês, realizamos a análise mensal com base no desvio padrão apenas para identificar os meses de maior pluviosidade e

que poderíamos considerar como extremo mensal. Nas tabelas 16 a 18 é possível observar os padrões mensais para Bracuí, Mambucaba e Perequê.

**Tabela 16** - Padrões Mensais de Pluviometria - Via técnica do Desvio Padrão – Bracuí.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												

**Tabela 17** - Padrões Mensais de Pluviometria - Via técnica do Desvio Padrão - Mambucaba

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												

Legenda	
Chuvoso	
Tendente a chuvoso	

Normal	
Tendente a seco	
Seco	

**Tabela 18** - Padrões Mensais de Pluviometria - Via técnica do Desvio Padrão - Perequê

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												
2016												
2017												
2018												

Legenda	
Chuvoso	
Tendente a chuvoso	
Normal	
Tendente a seco	
Seco	

Analisando as tabelas é possível observar que anos padrões chuvosos, via desvio padrão (Tabela 12), 1996, 2005, 2009 e 2010 (Bracuí); 1996, 2009, 2010, 2013 e 2018 (Mambucaba); 1996, 2005, 2008, 2013 e 2018 (Perequê). Apresentam em Perequê média 4 a 5 meses chuvosos e/ou tendentes a chuvosos, três meses apenas em 2013, mas onde janeiro desse ano houve mais de 1.000 mm de precipitação. Em Mambucaba 4 e 5 em média de chuvosos e/ou tendentes a chuvosos, três meses em 2013 e 1996 onde ocorreu um janeiro e um fevereiro, respectivamente, com mais de 1.000 (2013) e mais de 700 mm (1996). Em Bracuí em média de 4 a 6 meses de precipitação mensal chuvosa e/ou tendente a chuvosa.

Pegando o ano de 2002 e o evento extremo supracitado como exemplo, observa-se que em dezembro de 2002 a precipitação teve uma tendência Chuvosa, tendente a chuvosa e

chuvosa, respectivamente a ordem de apresentação dos dados nas tabelas, indo contra o padrão anual observável de tendente a chuvoso, normal e tendente a seco. Isso indica que a precipitação nesse mês em específico e, sobretudo, nesse evento os valores pluviométricos que deflagraram os movimentos de massa foram extremamente altos, uma vez que ao longo do ano as precipitações não foram tão intensas. Evidencia-se assim a importância da análise mensal e que iremos utilizar ao relacionarmos com os dados de MGMs mais adiante.

Esses dados mensais ainda revelam outras facetas da precipitação, de uma tendência a uma não homogeneização da mesma ao longo dos meses dentro de um ano, tendo chuvas de maiores intensidades possivelmente contribuindo nessa heterogeneização anual. Fato que ao comparar os dados das tabelas 16 a 18 com as figuras 34 a 36 é facilmente observável o quanto há meses de maior contribuição. A fim de analisar mais a fundo esses dados e de modo a montar o quadro da precipitação no município que dará base para as discussões a serem feitas a partir do item 5.3, adentra-se agora na análise de seus extremos e, mais especificamente, de suas concentrações nos subitens 5.1.3 e 5.1.4.

### **5.1.3 – De seus extremos**

A análise dos extremos da precipitação apoiou-se na discussão teórica realizada tanto nos itens 3.1.3 e 4.1.6, em que abordamos a definição de evento extremos e como tratá-los, respectivamente. Onde debatemos as diferentes formas de qualificar um evento extremo seja nas bases estatísticas como apontam Marengo (2010) “[...] Em termos meteorológicos ou climatológicos, seriam grandes desvios de um estado climático moderado” (p. 6) ou Meehl e colaboradores (2000), onde o evento extremo seriam aqueles “distantes da média ou valor mediano da distribuição” (p. 414). Ou então numa conceituação mais diversa, com base na relação sociedade e natureza e não só puramente estatística, embora tenha nela uma base, como na conceituação de White (1974) e que é trazida por Gregogry (1985) onde os extremos são aqueles que “excedem a capacidade normal do sistema humano de refletí-los, absorvê-los ou amortecê-los, são inerentes ao acaso. Um evento extremo foi considerado como qualquer evento num sistema geofísico que mostre variância relativamente alta da média” (WHITE, 1974 *apud* GREGORY, 1985, p. 205). Por sua vez, no item 4.1.6 trouxemos os debates e resultados que alguns autores encontraram em suas áreas de estudo, seja levando em consideração as bases estatísticas ou aquelas mais sociais. Assim podemos resumir esses dados na tabela 19.



**Tabela 19** – Definição numérica de eventos extremos de precipitação diária segundo critérios para diferentes localidades, segundo diversos autores.

<b>Autor</b>	<b>Local de Pesquisa</b>	<b>Critério</b>
<b>Chaves e Cavalcanti (2000)</b>	Nordeste Brasileiro	300% da média diária
<b>Carvalho et al (2002)</b>	América do Sul	20% da média prevista
<b>IPCC -2007 (Dias com chuva)</b>	Global	Acima do Percentil 90 %
<b>Collischom (2009)</b>	Venâncio Aires (RS)	> 30 mm
<b>Mattos (2017)</b>	Angra dos Reis, Mangaratiba e Paraty	> 30 mm/ > 45 mm/ > 96 mm
<b>Vicente (2005)</b>	Campinas (SP)	> 50 mm
<b>Tavares e Mendonça (2014)</b>	Ubatuba (SP)	> 80 mm
<b>Armond (2014)</b>	Rio de Janeiro	> 20 mm

Tendo como base as tabelas 9 - 11 e organizando os dados de precipitação no seu formato diário, foi aplicado uma equação lógica condicional no *software* Excel, onde caso a precipitação retoma-se os respectivos valores estabelecidos pelos critérios retomava uma resposta positiva ou uma negativa, somando-se as positivas obtivemos a quantidade de dias onde ocorreram os extremos de precipitação em cada um dos critérios e fizemos ainda uma razão entre o número de dias com valor extremo e o número de dias de chuva por estação. Na tabela 20 é apresentado os valores extremos de referência nos critérios e na tabela 21 o resultado obtido. No caso de Carvalho *et al.* (2012) foi feito o cálculo de 20% da média prevista para todos os meses, e foi aplicado uma dupla condicional para que se separasse e contasse apenas os dados que correspondiam ao critério dentro do mês, no final foi feito o cálculo do número total de dias.

**Tabela 20** - Valores de referência para cada estação de Angra dos Reis por autor.

<b>Autor e Critério</b>		<b>Prec. Bracuí (mm)</b>	<b>Prec. Mambucaba (mm)</b>	<b>Prec. Perequê (mm)</b>
<b>Chaves e Cavalcanti (2000)</b>	<b>300% da Média diária</b>	18,6	18,4	19,1
<b>IPCC (2007)</b>	<b>Percentil 90 de dias chuvosos</b>	39,3	33,5	35,5
<b>Carvalho et al (2002)</b>	<b>Janeiro (20%)</b>	60,5	64,2	63,7
	<b>Fevereiro (20%)</b>	50,1	50,8	52,1
	<b>Março (20%)</b>	55,1	61,8	62,5
	<b>Abril (20%)</b>	40,0	37,4	37,1
	<b>Mai (20%)</b>	26,9	23,3	22,7
	<b>Junho (20%)</b>	18,8	19,9	19,4
	<b>Julho (20%)</b>	21,0	19,3	18,0
	<b>Agosto (20%)</b>	14,9	11,8	12,4
	<b>Setembro (20%)</b>	28,0	27,1	30,7
	<b>Outubro (20%)</b>	38,3	37,8	41,8
	<b>Novembro (20%)</b>	47,0	48,4	54,0
<b>Dezembro (20%)</b>	54,1	50,6	52,7	
<b>Estabelecido nesta pesquisa a fim de comparação</b>	<b>Percentil 95 de dias chuvosos</b>	56,7	48,9	48,7
<b>Collischom (2009) e Mattos (2017)</b>	<b>&gt; 30 mm</b>	30,0	30,0	30,0
<b>Vicente (2005)</b>	<b>&gt; 50 mm</b>	50,0	50,0	50,0
<b>Tavares e Mendonça (2014)</b>	<b>&gt; 80 mm</b>	80,0	80,0	80,0
<b>Armond (2014)</b>	<b>&gt; 20 mm</b>	20,0	20,0	20,0

**Tabela 21** - Total de Eventos extremos em Angra dos Reis (RJ) por estações segundo critérios por autor.

Autor	Mambucaba					Bracuí					Perequê				
	Ev. Extremos	Nº de dias chuvosos (NDC)	Total dias	Ex/ NDC	Ex/ Total	Ev. Extremos	Nº de dias chuvosos	Total dias	Ex/ NDC	Ex/ Total	Ev. Extremos	Nº de dias chuvosos	Total dias	Ex/ NDC	Ex/ Total
<b>Chaves e Cavalcanti (2000)</b>	853	3938	8309	21,66%	10,27%	887	3166	8370	28,02%	10,60%	840	3758	8340	22,35%	10,07%
<b>Carvalho et al (2002)</b>	664	3938	8309	16,86%	7,99%	359	3166	8370	11,34%	4,29%	309	3758	8340	8,22%	3,71%
<b>IPCC -2007</b>	393	3938	8309	9,98%	4,73%	316	3166	8370	9,98%	3,78%	376	3758	8340	10,01%	4,51%
<b>Collischom (2009) e Mattos (2017)</b>	473	3938	8309	12,01%	5,69%	463	3166	8370	14,62%	5,53%	494	3758	8340	13,15%	5,92%
<b>Vicente (2005)</b>	186	3938	8309	4,72%	2,24%	203	3166	8370	6,41%	2,43%	183	3758	8340	4,87%	2,19%
<b>Tavares e Mendonça (2014)</b>	68	3938	8309	1,73%	0,82%	76	3166	8370	2,40%	0,91%	66	3758	8340	1,76%	0,79%
<b>Armond (2014)</b>	772	3938	8309	19,60%	9,29%	815	3166	8370	25,74%	9,74%	803	3758	8340	21,37%	9,63%
<b>Percentil 95</b>	195	3938	8309	4,95%	2,35%	159	3166	8370	5,02%	1,90%	189	3768	8340	5,02%	2,27%

Analisando a tabela é possível observar que há critérios mais restritivos, onde não só o número absoluto de dias onde ocorreram extremos maiores, mas também sua relação com o número de dias de chuva. Os números de dias de chuva correspondem a todos os dias onde a precipitação foi maior que 0,1 mm, em ordem decrescente de dias temos Mambucaba, Perequê e Bracuí. Cada critério possibilitará enxergarmos diferentes ranqueamentos de maiores dias de ocorrência de extremos. Para Bracuí, por exemplo, local como vimos onde a precipitação, em geral, apresenta menores valores totais e médios mensais (Item 5.1.1), mas que apresenta um número significativos de extremos mensais, possui um número de dias de precipitação extrema superior as demais estações, correspondendo a mais de 25% dos dias de chuva de extremos nos critérios menos restritivos (CHAVES e CAVALCANTI (2002); ARMOND (2014)), nos mais restritivos também apresentará maiores valores como no caso de Vicente (2005) e Tavares e Mendonça (2014), expondo uma correlação muito baixa entre os dias chuvosos e de extremos inferiores à 2,4%. Porém nenhum desses critérios citados neste parágrafo, pode trazer respostas mais precisas sobre os extremos de nossa área, uma vez que esses foram gerados em locais muito distintos em termos de temperatura, umidade, radiação.

Os valores de Carvalho e colaboradores (2002), o qual adaptamos para essa pesquisa, propõem valores interessantes ao considerar um extremo dentro de cada mês e, nesse sentido, apresentamos uma média de 12,4% dos dias chuvosos com ocorrência de extremos e 5,3% dos dias totais na série de 22 anos com ocorrência de extremos. Um total de 444 dias de chuvas extremas, sendo os maiores valores absolutos e médios em Bracuí. Porém, fica complexo retomar um limiar médio, por cada mês apresentar peculiaridades próprias.

Os dados que são mais caros, para a área de estudo, são os encontrados por Mattos (2017), mas principalmente os dados oriundos do cálculo do IPC. Naquele trabalho utilizou-se como critério de evento extremo, aqueles que afetaram a “capacidade normal do sistema humano de refleti-los, absorvê-los ou amortecê-los” (WHITE, 1974 apud GREGORY, 1985, p. 205), o que é válido pensando os extremos para além da estatística. Nesse critério, cujo limiar extremo foi 30 mm foi possível observar maiores casos de precipitação extrema em Perequê (494 dias), porém em termos relativos do número de dias de chuva os maiores valores são encontrados em Bracuí (14,62%). Se compararmos com o número total de dias da série temos o maior valor no Perequê.

O cálculo do IPCC (2007) por sua vez, assim como do percentil 95, permite calcular extremos de maneira individualizada para cada estação permitindo respeitar as características meteorológicas, pluviométricas, climatológicas e geográficas de cada local, e permite ainda calcular valores passíveis de comparação a níveis extra estacionais, ou seja, para além da área

de influência da estação, permite-se uma comparação. Apresentando um maior valor absoluto de extremos para Mambucaba, bem como uma maior participação desta em termos relativos frente ao número total de dias. Em Perequê há maior participação relativa dos extremos nos dias chuvosos, mas pela própria natureza do dado não há grandes diferenças. Por isso, nesse caso a relação com o total de dias pode ser mais interessante.

Em termos médios ao extrapolar, tais valores para todo município temos que de 4,34% dos dias, totalizando uma média de 361 dias numa série de 22 anos, ocorreram extremos pluviométricos, onde possivelmente podem ter ocorrido deslizamentos de terra, ou inundações. Com uma média 10% dos dias onde houve precipitação, com esse mesmo risco. Tendo um limiar médio de precipitação extrema de 36,1 mm. Se considerássemos o percentil 95 teríamos um limiar médio de 51,4 mm, valor ainda mais extremo, com uma média de 147 dias, o que se torna um total bem mais distante se considerarmos o total de 446 datas de deslizamentos, e da média de 326 deslizamentos, encontrados para a área, e que serão melhor apresentados nos capítulos 5.2 e 5.3.

#### **5.1.4 – De sua ocorrência, concentração e contribuição**

A análise da concentração e contribuição da precipitação que aqui pretende-se discutir é baseada nos índices CI e PCI em suas variações, mas também outros parâmetros relevantes e que não foram até agora contemplados nos subitens anteriores, os dados máximos em 24h em cada mês, ano e da série como um todo, número de dias de chuva médio, mensal e total.

##### **5.1.4.1 – Número de dias de chuva**

Começando a análise pelo número de dias de chuva podemos observar que em termos médios que janeiro (Bracuí), novembro (Perequê) e dezembro (Mambucaba) são, usualmente, os meses onde temos mais dias de chuva, não só na média como nos totais de dias, o que não necessariamente implica em serem os meses mais chuvosos em acumulado total médio. O que podemos constatar ao compararmos as figuras 43 a 45 com as tabelas 9 a 11. Essa diferença se dá pelo fato de considerarmos dias de chuva, aqueles cuja a precipitação foi superior a 0,1 mm, o que demonstra, mais uma vez, que mais importante do que a ocorrência da chuva é o volume total precipitado. Porém, ao identificarmos a presença de números de dias de chuvas constantes, em novembro de 2008 em Perequê, por exemplo, choveu os 30 dias do mês, e esta é uma condição de umidade altamente presente e que se chuvas pequenas não provocam por si só problemas, um acumulado de vários dias pode vir a acarretar prejuízos, em especial numa sequência de meses no verão com mais de 80% dos dias em cada mês ocorrendo precipitações. Aplicamos nas tabelas a formatação condicional, que distribui e agrupa numa escala de cores

os dias de precipitação, essa formatação nos permite observar sequências de dias chuvosos em vários meses que estão acima da média de dias da série completa, na média ou abaixo da mesma. Além disso na ultima coluna foi calculada a razão entre os dias de chuva em relação a todos os dias da série analisada.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total	Razão Anual	Razão Dias
1996	15	19	23	10	8	8	13	7	14	18	16	15	166	45,48%	4,22%
1997	22	7	14	14	10	7	6	6	12	13	19	13	143	39,18%	3,63%
1998	16	16	13	8	11	7	10	12	17	23	16	12	161	44,11%	4,09%
1999	17	13	13	12	8	9	11	5	12	12	11	12	135	36,99%	3,43%
2000	12	16	11	9	10	2	12	12	12	10	14	16	136	37,26%	3,45%
2001	11	9	11	7	14	5	10	7	14	11	15	16	130	35,62%	3,30%
2002	11	22	6	9	16	6	9	8	13	9	19	13	141	38,63%	3,58%
2003	19	5	18	6	7	6	4	13	12	13	17	16	136	37,26%	3,45%
2004	19	19	16	17	10	7	15	4	3	19	17	15	161	44,11%	4,09%
2005	18	14	12	14	8	5	11	3	12	17	17		131	35,89%	3,33%
2006	11	13	10	9	13	5	3	8	15	18	17	18	140	38,36%	3,56%
2007	23	8	5	7	11	8	11	9	4	13	7	5	111	30,41%	2,82%
2008	14	17	13	11	8	10	2	12	18	17	20	13	155	42,47%	3,94%
2009	20	15	13	13	10	6	12	15	17	24	8	14	167	45,75%	4,24%
2010	17	8	19	12	5	8	5	10	12	14	17	20	147	40,27%	3,73%
2011	11	8	20	10	11	5	4	8	9	13	12	18	129	35,34%	3,28%
2012	19	7	11	17	10	14	6	4	9	9	15	15	136	37,26%	3,45%
2013	27	11	15	6	9	8	11	7	9	18	14	12	147	40,27%	3,73%
2014	6	6	12	11	9	7	9	10	10	8	12	10	110	30,14%	2,79%
2015	7	13	11	10	9	9	5	5	14	14	19	20	136	37,26%	3,45%
2016	17	10	14	5	11	12	2	9	12	19	14	10	135	36,99%	3,43%
2017	17	3	15	9	12	7	6	9	3	0	13	15	109	29,86%	2,77%
2018	10	17	11	5	5	3	4	10	3	20	16		104	28,49%	2,64%
Média	15,6087	12	13,30435	10,04348	9,782609	7,130435	7,869565	8,391304	11,13043	14,43478	15	13,54545	137,6522	37,71%	3,50%
Total	359	276	306	231	225	164	181	193	256	332	345	298	3166		
Máximo	27	22	23	17	16	14	15	15	18	24	20	20	167	45,75%	4,24%

**Figura 43** - Número de dias de chuva por mês e ano, número médio e máximo de dias de chuva e razão de dias chuvosos num ano – Bracuí.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total	Razão Anual	Razão Dias
1996	16	21	24	12	13	9	11	9	13	15	12	18	173	47,40%	4,39%
1997	21	6	14	15	11	8	6	5	14	16	18	14	148	40,55%	3,76%
1998	12	18	13	10	12	6	10	13	21	20	15	17	167	45,75%	4,24%
1999	18	19	19	13	9	10	14	4	14	18	12	16	166	45,48%	4,22%
2000	15	19	13	10	8	3	11	12	14	15	18	16	154	42,19%	3,91%
2001	12	17	11	13	11	8	8	7	14	14	17	21	153	41,92%	3,89%
2002	19	21	9	12	14	9	12	8	15	12	20	18	169	46,30%	4,29%
2003	25	6	22	10	9	7	6	12	14	18	21	22	172	47,12%	4,37%
2004	22	22	17	20	12	8	14	8	4	21	16	24	188	51,51%	4,77%
2005	21	14	20	10	8	3	11	7	25	20	19	20	178	48,77%	4,52%
2006	11	18	19	12	14	9	4	12	16	21	23	25	184	50,41%	4,67%
2007	23	13	6	12	14	7	12	10	7	13	20	16	153	41,92%	3,89%
2008	21	21	18	16	8	11	4	14	17	17	25	17	189	51,78%	4,80%
2009	24	16	20	17	13	10	17	13	17	23	15	22	207	56,71%	5,26%
2010	16	8	22	16	7	11	11	12	15	17	20	25	180	49,32%	4,57%
2011	17	11	21	14	13	7	9	12	15	15	16	19	169	46,30%	4,29%
2012	22	6	17	15	12	16	11	8	13	12	20	17	169	46,30%	4,29%
2013	26	17	24	12	14	11	13	8	12	18	15	21	191	52,33%	4,85%
2014	11	6	14	15	14	11	14	12	12	10	19	15	153	41,92%	3,89%
2015	11	16	20	15	15	10	9	7	17	20	23	21	184	50,41%	4,67%
2016	21	16	20	5	16	14	5	12	15	25	21	19	189	51,78%	4,80%
2017	24	11	20	15	10	12	8	11	5	13	17	17	163	44,66%	4,14%
2018		23	15		8	11	8	12	14	26	22		139	38,08%	3,53%
Média	18,54545	15	17,30435	13,13636	11,52174	9,173913	9,913043	9,913043	14,04348	17,34783	18,43478	19,09091	171,2174	46,91%	4,35%
Total	408	345	398	289	265	211	228	228	323	399	424	420	3938		
Máximo	26	23	24	20	16	16	17	14	25	26	25	25	207	56,71%	5,26%

Figura 44 - Número de dias de chuva por mês e ano, número médio e máximo de dias de chuva e razão de dias chuvosos num ano – Mambucaba.

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total	Razão Anual	Razão Dias
1996	19	22	25	13	13	9	13	9	18	23	15	16	195	53,42%	4,95%
1997	28	7	18	18	17	10	5	7	18	21	26	13	188	51,51%	4,77%
1998	13	22	18	10	12	7	11	7	19	23	19	15	176	48,22%	4,47%
1999	17	19	19	23	10	9	12	9	9	22	18	13	180	49,32%	4,57%
2000	17	19	16	10	12	5	10	10	16	17	17	13	162	44,38%	4,11%
2001	12	13	12	7	12	9	8	6	15	17	9	24	144	39,45%	3,66%
2002	13	24	3	8	13	8	5	4	12	7	18	17	132	36,16%	3,35%
2003	23	1	16	9	5	7	5	9	12	16	15	22	140	38,36%	3,56%
2004	18	23	15	21	10	8	12	6	6	24	19	18	180	49,32%	4,57%
2005	21	15	20	15	8	2	10	5	23	22	20	17	178	48,77%	4,52%
2006	12	16	17	11	14	9	3	11	16	19	21	23	172	47,12%	4,37%
2007	17	10	7	15	8	7	10	6	7	14	23	17	141	38,63%	3,58%
2008	23	22	17	16	8	8	2	10	14	20	30	16	186	50,96%	4,72%
2009	19	9	10	12	3	11	16	11	21	24	15	21	172	47,12%	4,37%
2010	15	9	17	17	4	10	8	10	15	15	22	26	168	46,03%	4,27%
2011	17	11	25	16	11	6	7	14	12	16	13	18	166	45,48%	4,22%
2012	19	5	14	15	12	14	10	6	10	16	18	12	151	41,37%	3,83%
2013	24	13	22	13	16	10	12	7	10	17	13	18	175	47,95%	4,44%
2014	6	5	9	11	9	8	7	10	9	7	17	10	108	29,59%	2,74%
2015	9	17	18	16	11	11	6	4	16	18	24	20	170	46,58%	4,32%
2016	21	15	17	4	12	15	3	12	13	22	23	13	170	46,58%	4,32%
2017	26	7	17	13	9	10	5	11	3	14	18	21	154	42,19%	3,91%
2018	14	23	20		7	11	7	12	10	26	20		150	41,10%	3,81%
Média	17,52174	14,21739	16,17391	13,31818	10,26087	8,869565	8,130435	8,521739	13,21739	18,26087	18,82609	17,40909	163,3913	44,76%	4,15%
Total	403	327	372	293	236	204	187	196	304	420	433	383	3758		
Máximo	28	24	25	23	17	15	16	14	23	26	30	26	195	53,42%	4,95%

Figura 45 - Número de dias de chuva por mês e ano, número médio e máximo de dias de chuva e razão de dias chuvosos num ano – Perequê.

Analisando em termos anuais o máximo ocorreu nos anos de 1996 (Perequê) e 2009 (Bracuí e Mambucaba). Pensando nesses anos a quantidade dias de chuva nesses anos equivale a 195, 167 e 207 respectivamente, correspondendo a uma razão de 53,4%, 45,75% e 56,71%

dos dias no ano, ou seja, cerca de metade dos dias nesse ano ocorreram chuvas. Em termos médios 37,7%, 46,9% e 44,7% de dias em um ano ocorreram precipitações. Os anos supracitados apresentam tendência chuvosa, o que indica que além de muitos dias de chuva nestes anos, as mesmas foram de intensidades consideráveis de modo a observarmos uma tendência chuvosa para os mesmos. Tal padrão não necessariamente se repete em outros períodos considerados chuvosos, por exemplo, no ano de 2004 em Bracuí há um padrão normal, porém com um considerável número de dias de chuva (161, terceiro maior na estação), o que indica que as mesmas, embora constantes, não tiveram um acumulado de 24h elevado. A maior quantidade de dias de chuva médios anuais ocorre na estação de Mambucaba, tais índices de chuvas constantes na região podem influenciar no regime de vazão e cheias do rio Mambucaba, influenciando a possíveis cheias e alagamentos.

#### **5.1.4.2 – Precipitação Máxima em 24h**

De modo a colaborar com a análise os dados máximos diários registrados em cada mês e ano são aqui discutidos, uma vez que como visto só os dias de chuvas não encerram a discussão de modo a elucidar totalmente o panorama pluviométrico local, outros parâmetros são assim necessários a título de compreender melhor como a precipitação atua em Angra dos Reis, objetivo principal desse capítulo 5.1. Analisando assim as tabelas 22 a 24, podemos observar que os máximos de precipitação ocorrem em janeiro de 2013 em Mambucaba e Bracuí e em janeiro de 2008 em Perequê. Ao comparamos com os anos padrões, tabela 13, podemos observar que os anos chuvosos 1996, 2005, 2009, 2010 (Bracuí); 1996, 2009, 2010, 2013, 2018 (Mambucaba); e 1996, 2005, 2008, 2013 e 2018 (Perequê), tiveram seus máximos em 24 h, respectivamente nos meses de fevereiro (116,5 mm), abril (102 mm), fevereiro (114,1 mm) e janeiro (197,5 mm) no Bracuí; fevereiro (160,2 mm), maio (2.16,5 mm), janeiro (196,5 mm), janeiro (318,9 mm) e março (134,3 mm) em Mambucaba; e fevereiro (171,3 mm), março (205,2 mm), janeiro (280,3 mm), janeiro (214 mm) e novembro (200,1 mm) em Perequê. Tais valores correspondem respectivamente a cerca de 20%, 27%, 29% e 47%; 20%, 66%, 41%, 31%, 25,7%; e 18%, 46%, 41%, 21%, 36%; da precipitação ocorrida no mês, ou seja, os máximos, e nos casos citados conseqüentemente também são, extremos, em 24h foram registrados em determinados meses o correspondente a mais de 1/3 da precipitação registrada naquele mês, conforme podemos ver nas tabelas 25 a 27.



**Tabela 22** - Precipitação máxima em 24h segundo os meses e anos – Bracuí.

Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	33,7	116,5	66,6	96,9	38,3	14,5	17,9	24,9	50,8	32	57,4	21,7
1997	33,4	25,2	46,9	54,3	27,7	18,2	17,6	24,6	30	36,4	100,9	71,6
1998	55,4	100,5	100,8	64,2	40,7	28,4	15,8	19,9	37,9	43,3	26,2	68,2
1999	61,6	84,6	95,3	100,8	54,3	61,5	40,3	33,9	40,4	24,7	51,9	143,9
2000	126,7	121,9	163,2	20,6	11,5	14	32,6	23,4	52,9	23,7	53,7	98,3
2001	53,9	33,5	51,4	126,9	72	29,1	29,3	18,3	44	40,9	20,7	114,8
2002	91,9	175,4	22,5	59	51,9	67,5	16,3	21,9	27,5	55,6	112,3	181,3
2003	114,1	32,3	100,4	76,6	58,9	18,9	45,6	38,6	29,7	83	152,6	64,9
2004	72	132,3	37,6	55,6	29,2	24,7	52,1	15,9	42,5	29	151,3	56,5
2005	78	91,2	65,6	102	32	74	72,3	26,5	31,5	49,5	91,3	
2006	52,2	62,2	34,9	79,1	45,7	114,1	41,3	52,3	37,9	47,6	32,4	26,2
2007	51,8	154,8	11,2	77,5	41,8	29,5	27,5	21,9	46,7	118	15,5	47,7
2008	158	43,1	76,7	33,6	67,3	15,2	19,9	28,3	90,8	34,2	48,6	41,7
2009	91,7	114,1	83,7	92	98,7	20,8	71,5	18,3	42,3	92,6	44,6	109,7
2010	197,5	81,5	160,9	52,2	29,9	33,1	43,5	29,7	32,1	38,3	121,6	172,3
2011	103,4	57,9	120,9	135,2	47,7	29,3	32	46,8	32,8	70,8	24,2	70,6
2012	25,8	14,6	61,8	53,1	34,3	65,6	19,8	12,4	58,2	39,7	73,1	37,4
2013	224,3	108,4	176,1	71,1	53,9	17,4	27,3	7,8	37,1	25,9	82	44,9
2014	69,7	27	147,1	53,5	33	21,7	73	41,3	16,5	44,5	27,3	53,7
2015	43,7	25,3	55,3	34,6	39,7	75,6	32,2	9	38,1	47	43,6	51,5
2016	94	37,9	65,3	46,9	36,9	34,7	4,5	29,8	26,7	31,6	78,1	39,7
2017	137	12,6	99,6	78,1	59,2	56	44,5	21,9	7,9	-	66,3	46,9
2018	79,4	96,1	87,2	47,8	65,8	19	94,2	18,7	11,2	32	99,2	-

**Tabela 23** - Precipitação máxima em 24h por mês – Mambucaba.

Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	61,3	160,2	106,2	102,4	31,7	27,4	22,4	20,4	53,2	40,3	71,9	21,2
1997	29,3	23,2	65,4	48,4	22	14,4	19,3	21	39,8	29,3	238,9	78,2
1998	72	81,1	107,8	63,8	29,2	30,4	10,9	22	47,2	43	32	87,7
1999	32,8	80,3	96,3	69,2	14,7	61	50,4	8	28,8	49,2	34	76,6
2000	136,1	83,6	37,1	20	13,9	2,5	46,8	40	47,8	26,5	37,6	64,1
2001	75,6	27,6	83,3	64,5	41,3	24,4	52,7	13,4	29,4	40,6	33,4	85
2002	36,1	175,5	20,7	83,7	34,6	95,2	23,1	15	39,4	66,3	47,4	73,7
2003	48,9	14,3	127	19,1	56	9,5	8,8	39,3	17,3	77,9	216	57,5
2004	65,5	103,1	104,5	65,5	59,3	24,2	88,2	14	60	23,2	81,8	59,9
2005	115,7	64,2	75,9	106,6	30,7	70,9	43,7	12	29,8	50,1	90,7	91,7
2006	79,2	61,2	43,9	98,2	38,3	15,2	39,5	14,4	28,8	43	97,7	77,5
2007	59,1	104,7	26,5	77,9	41,3	50,9	35,4	22,2	33,7	177,3	83,9	66,5
2008	107,9	35,3	115,1	49,7	59,5	18,3	1,4	35,7	22,8	38,5	74,5	36,5
2009	74,7	57,2	138,9	62,1	216,5	49,6	32,1	8,2	33,6	38,7	54,4	85,6
2010	196,5	101,1	82,8	34,9	27,7	51,2	91,3	12,5	38,9	23,2	93,7	119
2011	98,9	78,4	101	177,8	56,4	9,7	59,2	48,7	33,2	61,5	46,7	57,5
2012	64,7	39	61,7	37,5	44,7	50,6	18,6	7,3	34,2	48,8	76	27,9
2013	318,9	57,4	149,2	31,8	53	8,2	42,1	21,5	46,5	26,8	70,1	31,3
2014	26,9	29,6	67,5	56,1	22,7	42	59,6	11,8	26,8	57,2	28,7	33,4
2015	117,5	57,9	70,5	45,1	37,2	46,9	9,3	11,7	19,3	35,4	63,4	43,1
2016	124,3	45,1	44,7	22,3	33,3	36,1	1,3	19,3	42,3	39,2	99,4	40,4
2017	86,8	27,9	95,4	43,9	19	194,5	15,1	17	11,3	37,4	58,8	33,2
2018	-	92	134,3	-	24,1	29	49,9	28,3	17,1	68,3	79,8	-

**Tabela 24** - Precipitação máxima em 24h por mês – Perequê.

Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	35,2	171,3	62,9	92,7	23,7	12,4	15,2	22,2	57,9	41,7	58,3	29,5
1997	38,3	21,4	71,3	50,4	30,5	16,4	9,4	21,1	40,8	38,8	168,2	71,6
1998	100,5	112,4	194,8	58,4	28,9	23,5	14,3	9,8	48,5	76,8	46,4	79,9
1999	35,7	53,8	78,3	37,3	17,4	47	38,3	9,9	66,1	54,4	39	76,3
2000	87,8	102	44,9	23,5	8,3	6,5	53,3	29,1	46,2	32,2	39,5	91,7
2001	51,9	35,6	64,9	42,3	31,9	74,1	35,6	17,4	32,1	53,8	12,1	42,8
2002	35,2	202,6	47,2	127,8	35,8	63,4	27,6	11,2	30	4,3	32,8	138,5
2003	38,5	3,5	9,3	9,3	24,6	8,3	10,4	35,5	20,9	60,3	190,3	120,3
2004	63	50	36,9	68,1	20,2	25,1	97,2	9,2	91,1	18,9	109,4	70,4
2005	84,9	68,8	205,2	111,7	27,8	42,3	38,7	6,2	32,6	74,2	93,7	97,5
2006	64,9	46,3	35,2	42	26,1	12,6	36,4	17,7	23,6	45,8	92,6	30
2007	42,5	19,4	22,6	53,6	89,5	74,8	26,3	5	52	13,8	92,3	94
2008	280,3	63,4	77,9	43,5	42,3	17,4	12,4	32,1	41,3	37,2	69,3	64,3
2009	26,3	61,3	96,7	34,7	138,4	27,9	31,4	14,3	68,5	74,9	38,5	94,7
2010	92,8	108,3	60,7	46,5	48,3	39,3	59,4	26,2	38,8	22,7	90,4	140,8
2011	62,8	107,3	147,3	74,8	28,4	19,4	62,4	84,7	16,1	73,9	47,9	47,9
2012	47,5	41,5	30,6	45,3	49,7	42,9	22,9	21,8	55,9	46,5	38,6	41,7
2013	214	86,9	194,2	54,9	33,1	15,4	35,9	12,7	55,1	29,4	48,6	51,7
2014	40,6	47,3	40,9	60,2	13,8	27,1	40,3	9,8	32,4	27,4	31,9	33,1
2015	64,8	21,7	67,1	67,2	67,2	182,5	9,3	14,7	41,8	50,7	65,3	72,4
2016	160,9	75,9	54,9	31,4	19,3	39,4	2,1	15,3	42,7	37,9	60	121,4
2017	104,7	79,5	90,3	39,4	55,9	48,3	12,7	29,5	17,9	41,6	59,2	31,9
2018	138,5	78,9	90,7	-	49,7	21,8	54,3	28,2	15,4	50,9	200,1	-

Pegando a título de ilustração o desastre ambiental de dezembro de 2002, já citada ao abordar as tendências e registradas na figura 42, podemos observar que o máximo de precipitação naquele dezembro foi de 181,3 mm (Bracuí), 73,7 mm (Mambucaba) e 138,5 mm (Perequê) registrados no dia da tragédia (09/12) ou no dia anterior (08/12), o que correspondeu, respectivamente, a cerca de 35, 23 e 29% da precipitação do mês inteiro, evidenciando grande impacto dessa chuva extrema. É possível observar que as maiores participações, ou seja, a razão da precipitação máxima com o seu total mensal, se dão nos meses mais secos, uma vez que há em média 7 a 9 dias, assim um dia de uma precipitação um pouco superior as outras nesses meses poder ter um papel determinante. Nos meses de verão em média a participação de um dia de chuva máxima fica abaixo de 1/3 da precipitação total do mês, mas ainda assim possui valores relativamente elevados o que demonstram a importância das chuvas extremas no padrão pluviométrico local, ressaltando mais uma vez a importância desses valores na distribuição e contribuição da precipitação de maneira heterogênea.

**Tabela 25** - Participação (%) dos máximos em 24h na precipitação acumulada mensal e média – Bracuí.

Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	15,0%	20,6%	11,7%	30,9%	32,7%	24,3%	23,4%	40,0%	22,2%	22,4%	24,4%	18,9%
1997	13,1%	40,5%	30,7%	28,9%	33,3%	42,7%	70,1%	32,8%	19,5%	20,1%	30,9%	37,7%
1998	19,0%	27,0%	34,1%	52,4%	25,8%	36,6%	22,5%	34,7%	14,2%	15,6%	16,1%	24,3%
1999	20,4%	34,4%	34,3%	53,6%	49,7%	46,0%	26,8%	55,7%	27,2%	17,5%	21,2%	51,5%
2000	27,7%	35,1%	41,7%	20,5%	29,9%	88,6%	22,5%	24,3%	23,8%	26,9%	30,4%	20,6%
2001	25,6%	25,0%	24,3%	42,4%	34,6%	69,3%	26,0%	41,8%	26,2%	29,5%	15,7%	33,7%
2002	52,4%	43,6%	36,0%	27,0%	22,5%	63,7%	24,3%	50,5%	16,2%	28,9%	32,2%	34,7%
2003	26,2%	91,8%	31,2%	73,3%	66,7%	53,8%	66,6%	23,6%	22,3%	21,5%	34,2%	27,9%
2004	32,7%	28,4%	26,1%	24,7%	28,4%	27,6%	21,7%	53,9%	89,3%	19,3%	50,5%	20,1%
2005	24,3%	43,1%	23,6%	27,1%	30,7%	52,3%	45,2%	91,1%	20,6%	23,3%	24,9%	-
2006	31,6%	20,7%	24,9%	52,7%	32,0%	75,3%	75,9%	48,4%	22,2%	17,7%	18,7%	11,2%
2007	19,0%	79,6%	45,5%	33,3%	25,8%	29,3%	24,1%	48,8%	85,5%	50,4%	36,8%	41,3%
2008	40,5%	17,2%	25,2%	27,1%	44,9%	24,6%	100,0%	24,4%	37,1%	17,5%	25,7%	25,4%
2009	29,4%	28,8%	40,5%	38,7%	54,5%	28,4%	31,8%	23,6%	24,1%	27,1%	24,3%	30,9%
2010	47,5%	44,2%	27,3%	18,6%	32,3%	34,1%	34,7%	30,1%	17,2%	23,8%	42,9%	24,3%
2011	37,9%	24,5%	32,6%	39,8%	36,0%	42,0%	42,4%	37,1%	28,8%	37,6%	21,1%	29,1%
2012	12,3%	23,8%	42,4%	30,5%	25,7%	31,0%	34,5%	41,9%	58,8%	37,0%	45,5%	14,8%
2013	64,5%	33,0%	36,9%	38,2%	36,2%	41,1%	20,9%	28,6%	40,1%	20,8%	33,0%	24,5%
2014	53,0%	49,5%	48,1%	31,1%	26,2%	37,4%	47,5%	42,5%	28,2%	48,4%	29,2%	41,4%
2015	32,7%	15,9%	20,9%	25,6%	33,0%	32,6%	45,6%	43,7%	21,9%	25,5%	21,4%	22,0%
2016	21,9%	16,8%	31,6%	58,8%	25,0%	25,5%	81,8%	26,6%	23,1%	15,4%	23,2%	28,3%
2017	20,2%	64,9%	33,4%	33,3%	33,3%	36,1%	43,9%	23,5%	53,0%	-	22,8%	22,5%
2018	26,6%	18,8%	29,3%	40,8%	49,0%	67,1%	57,1%	17,6%	39,9%	12,2%	29,1%	-
Média	30,1%	36,0%	31,8%	36,9%	35,1%	43,9%	43,0%	38,5%	33,1%	25,4%	28,4%	27,9%

**Tabela 26 - Participação (%) dos máximos em 24h na precipitação acumulada mensal e média – Mambucaba.**

Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	18,7%	20,3%	18,8%	44,9%	29,5%	45,3%	27,1%	37,6%	26,0%	28,5%	30,8%	23,5%
1997	12,5%	84,7%	32,2%	30,7%	20,8%	33,4%	32,0%	39,8%	18,5%	18,3%	66,6%	40,5%
1998	26,0%	20,6%	38,7%	50,3%	18,2%	69,2%	23,7%	36,2%	14,7%	20,2%	18,3%	32,9%
1999	17,4%	25,6%	23,1%	47,5%	24,6%	47,1%	38,4%	40,8%	20,9%	17,5%	27,5%	38,7%
2000	43,1%	28,6%	17,9%	35,1%	44,4%	80,6%	36,1%	42,0%	22,7%	22,6%	25,2%	19,8%
2001	38,0%	28,2%	40,0%	39,4%	34,5%	46,8%	49,6%	34,5%	23,7%	29,2%	27,0%	26,9%
2002	30,1%	38,3%	26,2%	43,4%	27,5%	60,3%	44,3%	53,0%	27,2%	48,3%	18,8%	23,3%
2003	15,4%	34,4%	44,3%	39,2%	77,2%	39,3%	32,6%	27,0%	17,5%	23,9%	47,8%	23,0%
2004	20,7%	26,0%	43,3%	18,8%	34,6%	27,0%	34,3%	45,3%	75,5%	16,6%	36,6%	21,3%
2005	32,2%	34,9%	26,3%	36,8%	28,5%	68,4%	31,5%	60,3%	15,4%	24,5%	26,0%	29,6%
2006	35,6%	27,3%	22,4%	48,1%	42,5%	23,2%	57,7%	20,7%	19,3%	21,9%	41,7%	28,1%
2007	30,8%	58,0%	40,4%	51,0%	31,4%	37,0%	28,4%	65,9%	44,2%	72,6%	27,8%	32,6%
2008	29,9%	14,1%	29,2%	24,5%	62,9%	23,0%	37,8%	23,0%	13,9%	19,7%	20,1%	18,0%
2009	27,2%	19,6%	32,1%	36,6%	66,3%	40,3%	18,7%	16,0%	21,9%	14,9%	39,7%	18,0%
2010	41,2%	41,2%	17,5%	14,5%	36,4%	34,4%	49,3%	27,7%	21,1%	19,5%	41,0%	19,9%
2011	32,3%	30,9%	19,3%	45,3%	38,2%	40,2%	60,7%	49,5%	44,3%	27,3%	34,1%	25,1%
2012	23,1%	36,1%	31,9%	39,8%	24,9%	25,3%	32,8%	32,4%	46,8%	36,5%	40,4%	22,0%
2013	31,0%	21,1%	34,3%	27,2%	37,3%	27,5%	26,8%	60,1%	49,1%	19,0%	31,3%	20,8%
2014	21,9%	39,4%	30,7%	19,4%	24,6%	44,4%	31,4%	23,3%	30,4%	43,8%	36,6%	12,9%
2015	45,1%	23,1%	23,8%	23,2%	41,0%	26,2%	30,7%	72,7%	15,9%	18,5%	21,8%	20,1%
2016	33,6%	23,7%	22,6%	46,8%	29,0%	24,1%	56,5%	35,1%	36,6%	15,6%	32,0%	20,7%
2017	16,6%	40,8%	25,0%	36,6%	33,7%	80,0%	46,2%	21,8%	76,4%	29,4%	18,2%	22,8%
2018	-	21,2%	25,7%	-	34,4%	28,5%	67,7%	29,6%	23,1%	24,9%	26,9%	-
Média	28,3%	32,1%	28,9%	36,3%	36,6%	42,2%	38,9%	38,9%	30,7%	26,7%	32,0%	24,6%

**Tabela 27** - Participação (%) dos máximos em 24h na precipitação acumulada mensal e média – Perequê.

Anos	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1996	14,6%	18,2%	11,6%	50,7%	16,6%	28,0%	23,6%	36,9%	24,2%	20,1%	27,7%	28,6%
1997	15,4%	53,6%	31,3%	23,9%	31,2%	28,7%	36,6%	41,2%	19,2%	18,0%	46,4%	64,0%
1998	28,5%	23,1%	51,5%	40,3%	22,2%	64,7%	35,5%	38,7%	18,4%	26,0%	29,3%	39,4%
1999	19,4%	16,9%	23,1%	19,3%	34,4%	30,3%	39,0%	58,2%	41,8%	19,5%	28,3%	39,4%
2000	26,4%	34,5%	23,0%	41,0%	30,4%	70,7%	38,7%	37,0%	21,6%	29,9%	22,9%	34,9%
2001	28,2%	25,0%	40,1%	38,1%	32,3%	81,3%	32,5%	59,8%	23,3%	40,1%	33,1%	14,9%
2002	31,9%	49,6%	63,1%	57,0%	35,1%	44,9%	68,1%	44,8%	33,3%	51,8%	30,7%	28,7%
2003	16,4%	100,0%	15,4%	27,2%	60,7%	26,4%	36,6%	30,1%	16,1%	23,6%	49,0%	38,7%
2004	17,3%	20,1%	21,6%	20,7%	21,2%	24,9%	48,4%	26,0%	75,4%	13,0%	46,7%	24,2%
2005	22,4%	25,7%	46,1%	33,2%	31,8%	57,6%	26,3%	33,3%	15,7%	25,6%	31,6%	28,7%
2006	26,0%	26,3%	24,2%	36,1%	27,9%	31,0%	78,4%	24,4%	14,6%	18,3%	22,9%	14,9%
2007	24,7%	19,3%	39,6%	44,0%	42,0%	43,9%	22,8%	22,7%	52,8%	15,3%	27,7%	33,5%
2008	41,3%	21,6%	18,1%	22,8%	37,1%	21,1%	75,2%	20,5%	20,8%	15,8%	20,0%	28,7%
2009	20,7%	23,7%	55,8%	29,6%	64,3%	26,5%	17,8%	27,3%	28,2%	17,6%	23,8%	15,0%
2010	40,9%	43,9%	16,3%	20,5%	51,4%	36,4%	35,7%	42,5%	18,5%	19,5%	39,8%	26,0%
2011	24,1%	34,9%	22,1%	28,1%	26,2%	39,2%	64,6%	54,8%	20,4%	27,6%	24,1%	25,0%
2012	20,7%	32,4%	16,4%	21,0%	27,5%	21,2%	37,2%	46,6%	54,0%	27,0%	15,7%	28,6%
2013	20,9%	29,2%	35,1%	32,0%	24,5%	34,5%	18,1%	29,3%	40,2%	17,4%	17,6%	23,8%
2014	39,3%	60,7%	19,7%	23,8%	21,8%	30,9%	28,9%	19,1%	25,6%	35,7%	16,3%	25,2%
2015	37,9%	15,0%	19,1%	34,4%	29,7%	79,9%	38,1%	49,5%	22,5%	17,8%	19,6%	28,7%
2016	29,1%	29,2%	22,0%	45,8%	24,2%	24,1%	80,8%	21,2%	41,1%	11,8%	16,9%	42,7%
2017	20,3%	43,7%	17,8%	27,5%	41,0%	38,6%	25,0%	30,5%	55,8%	21,8%	12,5%	16,5%
2018	36,2%	21,1%	13,2%	-	59,1%	25,6%	62,3%	25,7%	21,4%	19,0%	36,4%	-
Média	26,2%	33,4%	28,1%	32,6%	34,5%	39,6%	42,2%	35,7%	30,6%	23,1%	27,8%	29,5%

#### 5.1.4.3 – Concentration Index (CI) e Precipitation Concentration Index (PCI)

Como mencionado no capítulo 4.1.7 do presente estudo os índices CI e PCI, são de extrema relevância sua aplicação na análise da precipitação diária, partindo-se de suas frequências como primeiro passo metodológico, para que partindo das mesmas seja possível desenvolver os referidos cálculos. Assim parte-se da análise de cada classe de frequência de modo a quantificarmos a contribuição das mesmas na ocorrência das chuvas na área e mais do que isso compreender e identificar a importância de limiares que dão conta de explicar a irregularidade da precipitação e verificar o caráter mais ou menos torrencial das mesmas, conforme atestaram Fragozo *et al.* (2010) e Vyshkvarkova *et al.* (2018).

Assim três tabelas de classes de frequência foram feitas, uma para cada estação. No entanto, pelo tamanho das mesmas aqui apresentaremos apenas uma (Tabela 28) a título de exemplo da metodologia, de sua aplicação e da leitura possível para o procedimento. Todavia, optou-se por expor os gráficos oriundos das tabelas das outras estações que ilustram bem o

método, igualmente serão apresentados um quadro síntese com os valores de CI das três estações.

**Tabela 28** - Distribuição de frequências em 1 mm de classes. Frequências acumuladas X versus porcentagens correspondentes da precipitação total Y - Estação Mambucaba/Angra dos Reis (1996-2018). Adaptado da metodologia de Martin-Vide (2004).

Início da classe	Final da classe	Midpoint	Ni	$\sum ni$	Pi (mid*ni)	$\sum Pi$	$\sum ni (\%) - X$	$\sum Pi (\%) Y$
0,1	0,9	0,55	619	619	340,45	340,45	15,75%	0,66%
1	1,9	1,5	532	1151	798	1138,45	29,28%	2,22%
2	2,9	2,5	317	1468	792,5	1930,95	37,34%	3,77%
3	3,9	3,5	190	1658	665	2595,95	42,18%	5,07%
4	4,9	4,5	204	1862	918	3513,95	47,37%	6,86%
5	5,9	5,5	182	2044	1001	4514,95	52,00%	8,82%
6	6,9	6,5	152	2196	988	5502,95	55,86%	10,75%
7	7,9	7,5	117	2313	877,5	6380,45	58,84%	12,46%
8	8,9	8,5	119	2432	1011,5	7391,95	61,87%	14,44%
9	9,9	9,5	89	2521	845,5	8237,45	64,13%	16,09%
10	10,9	10,5	93	2614	976,5	9213,95	66,50%	17,99%
11	11,9	11,5	93	2707	1069,5	10283,45	68,86%	20,08%
12	12,9	12,5	75	2782	937,5	11220,95	70,77%	21,91%
13	13,9	13,5	61	2843	823,5	12044,45	72,32%	23,52%
14	14,9	14,5	65	2908	942,5	12986,95	73,98%	25,36%
15	15,9	15,5	49	2957	759,5	13746,45	75,22%	26,85%
16	16,9	16,5	49	3006	808,5	14554,95	76,47%	28,43%
17	17,9	17,5	54	3060	945	15499,95	77,84%	30,27%
18	18,9	18,5	47	3107	869,5	16369,45	79,04%	31,97%
19	19,9	19,5	53	3160	1033,5	17402,95	80,39%	33,99%
20	20,9	20,5	31	3191	635,5	18038,45	81,18%	35,23%
21	21,9	21,5	38	3229	817	18855,45	82,14%	36,82%
22	22,9	22,5	40	3269	900	19755,45	83,16%	38,58%
23	23,9	23,5	27	3296	634,5	20389,95	83,85%	39,82%
24	24,9	24,5	41	3337	1004,5	21394,45	84,89%	41,78%
25	25,9	25,5	24	3361	612	22006,45	85,50%	42,98%
26	26,9	26,5	36	3397	954	22960,45	86,42%	44,84%
27	27,9	27,5	26	3423	715	23675,45	87,08%	46,24%
28	28,9	28,5	19	3442	541,5	24216,95	87,56%	47,29%
29	29,9	29,5	15	3457	442,5	24659,45	87,94%	48,16%
30	30,9	30,5	19	3476	579,5	25238,95	88,43%	49,29%
31	31,9	31,5	28	3504	882	26120,95	89,14%	51,01%
32	32,9	32,5	16	3520	520	26640,95	89,54%	52,03%
33	33,9	33,5	21	3541	703,5	27344,45	90,08%	53,40%
34	34,9	34,5	17	3558	586,5	27930,95	90,51%	54,55%
35	35,9	35,5	19	3577	674,5	28605,45	90,99%	55,87%
36	36,9	36,5	16	3593	584	29189,45	91,40%	57,01%

37	37,9	37,5	18	3611	675	29864,45	91,86%	58,32%
38	38,9	38,5	20	3631	770	30634,45	92,37%	59,83%
39	39,9	39,5	12	3643	474	31108,45	92,67%	60,75%
40	40,9	40,5	13	3656	526,5	31634,95	93,00%	61,78%
41	41,9	41,5	10	3666	415	32049,95	93,26%	62,59%
42	42,9	42,5	12	3678	510	32559,95	93,56%	63,59%
43	43,9	43,5	14	3692	609	33168,95	93,92%	64,78%
44	44,9	44,5	9	3701	400,5	33569,45	94,15%	65,56%
45	45,9	45,5	10	3711	455	34024,45	94,40%	66,45%
46	46,9	46,5	7	3718	325,5	34349,95	94,58%	67,08%
47	47,9	47,5	7	3725	332,5	34682,45	94,76%	67,73%
48	48,9	48,5	9	3734	436,5	35118,95	94,99%	68,59%
49	49,9	49,5	8	3742	396	35514,95	95,19%	69,36%
50	50,9	50,5	6	3748	303	35817,95	95,34%	69,95%
51	51,9	51,5	4	3752	206	36023,95	95,45%	70,35%
52	52,9	52,5	2	3754	105	36128,95	95,50%	70,56%
53	53,9	53,5	5	3759	267,5	36396,45	95,62%	71,08%
54	54,9	54,5	1	3760	54,5	36450,95	95,65%	71,19%
55	55,9	55,5	1	3761	55,5	36506,45	95,68%	71,30%
56	56,9	56,5	8	3769	452	36958,45	95,88%	72,18%
57	57,9	57,5	8	3777	460	37418,45	96,08%	73,08%
58	58,9	58,5	8	3785	468	37886,45	96,29%	73,99%
59	59,9	59,5	7	3792	416,5	38302,95	96,46%	74,80%
60	60,9	60,5	2	3794	121	38423,95	96,51%	75,04%
61	61,9	61,5	8	3802	492	38915,95	96,72%	76,00%
62	62,9	62,5	8	3810	500	39415,95	96,92%	76,98%
63	63,9	63,5	5	3815	317,5	39733,45	97,05%	77,60%
64	64,9	64,5	7	3822	451,5	40184,95	97,23%	78,48%
65	65,9	65,5	3	3825	196,5	40381,45	97,30%	78,86%
66	66,9	66,5	5	3830	332,5	40713,95	97,43%	79,51%
67	67,9	67,5	4	3834	270	40983,95	97,53%	80,04%
68	68,9	68,5	2	3836	137	41120,95	97,58%	80,31%
69	69,9	69,5	1	3837	69,5	41190,45	97,61%	80,44%
70	70,9	70,5	3	3840	211,5	41401,95	97,69%	80,86%
71	71,9	71,5	2	3842	143	41544,95	97,74%	81,14%
72	72,9	72,5	1	3843	72,5	41617,45	97,76%	81,28%
73	73,9	73,5	2	3845	147	41764,45	97,81%	81,56%
74	74,9	74,5	2	3847	149	41913,45	97,86%	81,86%
75	75,9	75,5	3	3850	226,5	42139,95	97,94%	82,30%
76	76,9	76,5	3	3853	229,5	42369,45	98,02%	82,75%
77	77,9	77,5	4	3857	310	42679,45	98,12%	83,35%
78	78,9	78,5	4	3861	314	42993,45	98,22%	83,96%
79	79,9	79,5	2	3863	159	43152,45	98,27%	84,27%
80	80,9	80,5	1	3864	80,5	43232,95	98,30%	84,43%
81	81,9	81,5	3	3867	244,5	43477,45	98,37%	84,91%

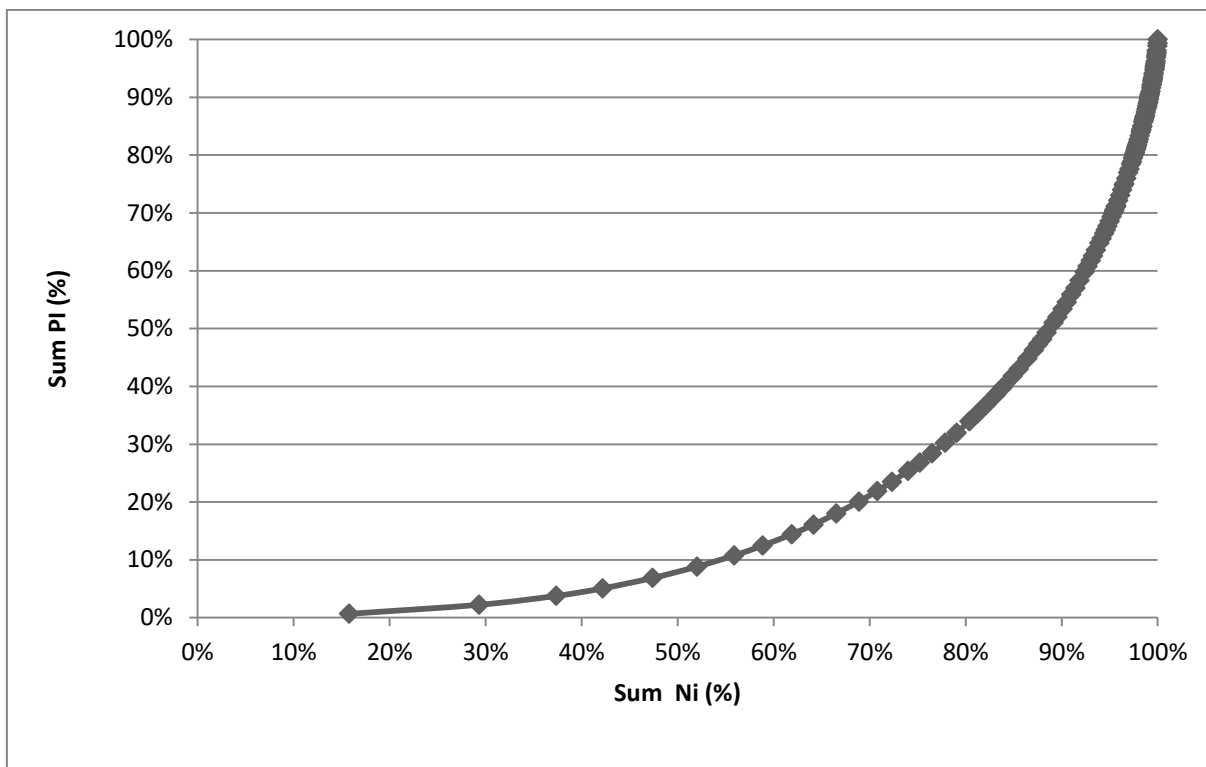


82	82,9	82,5	1	3868	82,5	43559,95	98,40%	85,07%
83	83,9	83,5	4	3872	334	43893,95	98,50%	85,72%
84	84,9	84,5	2	3874	169	44062,95	98,55%	86,05%
85	85,9	85,5	2	3876	171	44233,95	98,60%	86,39%
86	86,9	86,5	1	3877	86,5	44320,45	98,63%	86,56%
87	87,9	87,5	1	3878	87,5	44407,95	98,65%	86,73%
88	88,9	88,5	1	3879	88,5	44496,45	98,68%	86,90%
90	90,9	90,5	3	3882	271,5	44767,95	98,75%	87,43%
91	91,9	91,5	3	3885	274,5	45042,45	98,83%	87,97%
92	92,9	92,5	2	3887	185	45227,45	98,88%	88,33%
93	93,9	93,5	1	3888	93,5	45320,95	98,91%	88,51%
95	95,9	95,5	2	3890	191	45511,95	98,96%	88,88%
96	96,9	96,5	1	3891	96,5	45608,45	98,98%	89,07%
97	97,9	97,5	1	3892	97,5	45705,95	99,01%	89,26%
98	98,9	98,5	2	3894	197	45902,95	99,06%	89,65%
99	99,9	99,5	1	3895	99,5	46002,45	99,08%	89,84%
101	101,9	101,5	2	3897	203	46205,45	99,14%	90,24%
102	102,9	102,5	1	3898	102,5	46307,95	99,16%	90,44%
103	103,9	103,5	1	3899	103,5	46411,45	99,19%	90,64%
104	104,9	104,5	2	3901	209	46620,45	99,24%	91,05%
106	106,9	106,5	3	3904	319,5	46939,95	99,31%	91,67%
107	107,9	107,5	2	3906	215	47154,95	99,36%	92,09%
112	112,9	112,5	1	3907	112,5	47267,45	99,39%	92,31%
115	115,9	115,5	2	3909	231	47498,45	99,44%	92,76%
117	117,9	117,5	1	3910	117,5	47615,95	99,47%	92,99%
119	119,9	119,5	1	3911	119,5	47735,45	99,49%	93,23%
124	124,9	124,5	1	3912	124,5	47859,95	99,52%	93,47%
127	127,9	127,5	2	3914	255	48114,95	99,57%	93,97%
133	133,9	133,5	1	3915	133,5	48248,45	99,59%	94,23%
134	134,9	134,5	2	3917	269	48517,45	99,64%	94,75%
136	136,9	136,5	1	3918	136,5	48653,95	99,67%	95,02%
138	138,9	138,5	1	3919	138,5	48792,45	99,69%	95,29%
149	149,9	149,5	1	3920	149,5	48941,95	99,72%	95,58%
160	160,9	160,5	1	3921	160,5	49102,45	99,75%	95,89%
175	175,9	175,5	1	3922	175,5	49277,95	99,77%	96,24%
177	177,9	177,5	2	3924	355	49632,95	99,82%	96,93%
190	190,9	190,5	1	3925	190,5	49823,45	99,85%	97,30%
194	194,9	194,5	1	3926	194,5	50017,95	99,87%	97,68%
196	196,9	196,5	1	3927	196,5	50214,45	99,90%	98,07%
216	216,9	216,5	2	3929	433	50647,45	99,95%	98,91%
238	238,9	238,5	1	3930	238,5	50885,95	99,97%	99,38%
318	318,9	318,5	1	3931	318,5	51204,45	100,00%	100,00%

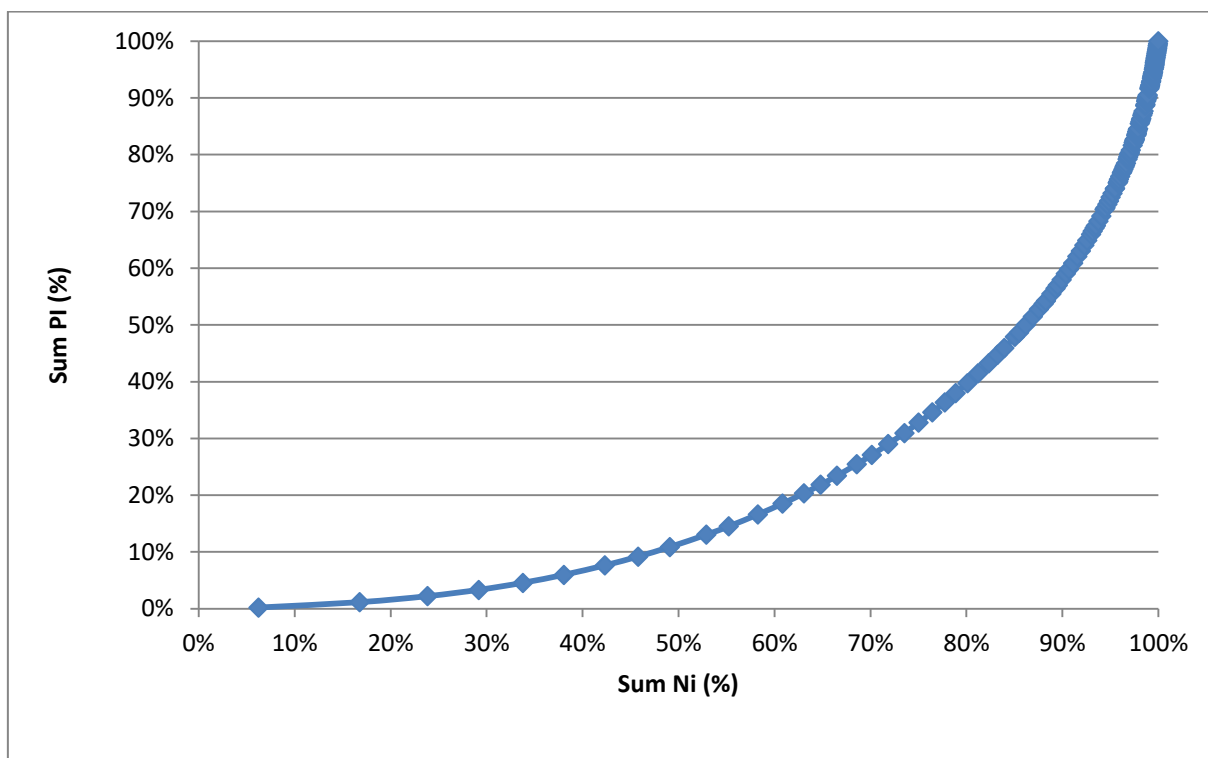
Como foi trazido pelos autores em discussão no subitem 4.1.7, o valor de 0,6 de CI, sugere uma concentração elevada da precipitação indicando que a maior parte da mesma ocorre

de maneira concentrada ao longo do tempo, e de uma elevada agressividade - Pinheiro *et al.* (2017). O índice de CI calculado para a estação Mambucaba apresentou um valor de 0,638 o que indica justamente essa alta concentração da precipitação, e também que boa parte do total precipitado ocorreu num número relativamente pequeno de dias. Martin-Vide (2004) estabeleceu em seu estudo para a Espanha que o padrão para observar tal comportamento era 75% da precipitação ocorrendo em 25% dos dias retomando um valor de 0,66 de CI. No nosso caso, em Mambucaba podemos observar que 74,64% da precipitação total ocorreu em apenas 26,02% dos dias, o que indica uma alta concentração da precipitação em poucos dias, ou seja em apenas 26% dos dias ocorreram precipitações superiores a classe de 14-14,9 mm, porém o total da precipitação acima dessas classes até o máximo na classe 318 – 318,9 mm corresponde a quase 75% da precipitação total no período. Podemos observar ainda que cerca de 50% dos dias que houve chuvas, correspondem a apenas 7% da precipitação total do período, até a classe 4-4,9 mm.

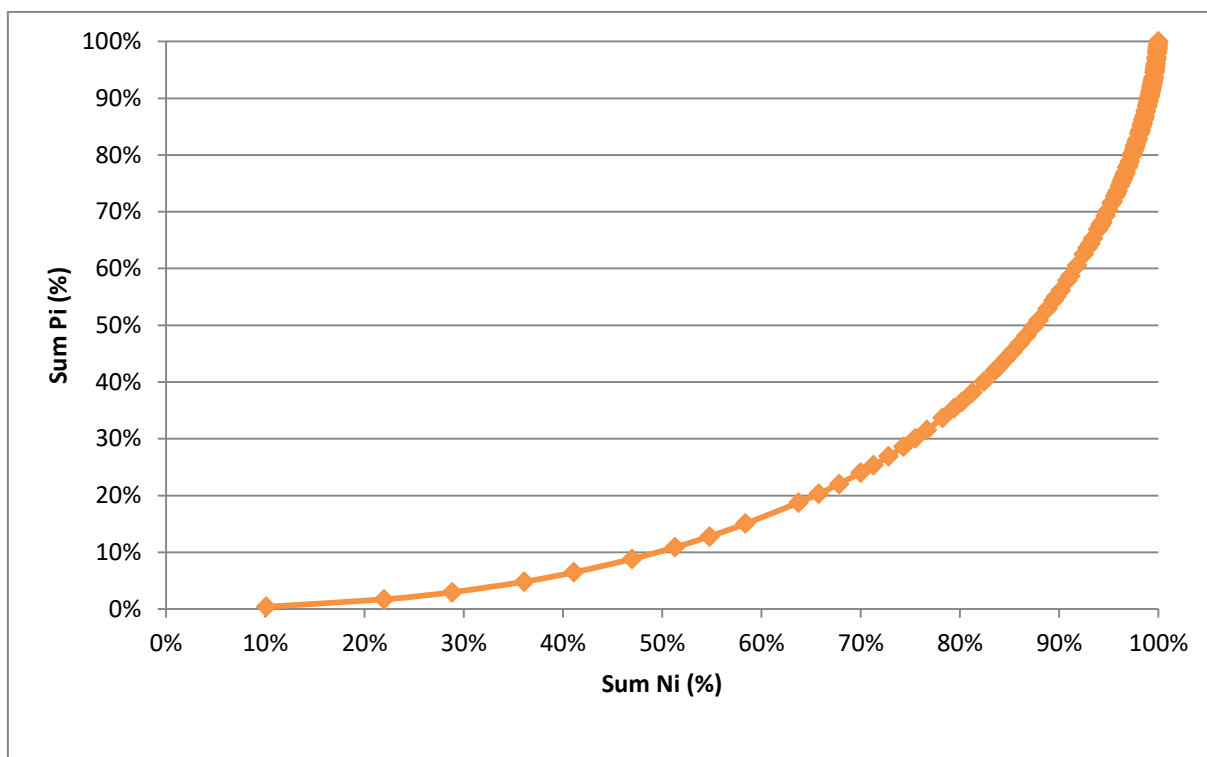
Qualificamos os extremos de precipitação, com base na metodologia do IPCC (2007), como uma média municipal de 36,1 mm, para Mambucaba o valor seria 33,5 mm (Tabela 20). Pegando esses valores nas classes observamos que valores superiores a esses ocorreram em respectivamente 8,6% e 9,92% dos dias apenas, mas correspondem a 42,99% e 46,6% do total precipitado no período, demonstrando a importância desses extremos na precipitação local. Ainda é possível observar que cerca de 10% dos dias de maior precipitação, correspondem a 48% do total precipitado mostrando mais uma vez o caráter concentrado nas altas classes de precipitação e até certo ponto torrencial. Nas figuras 46 a 48, podemos observar os gráficos da frequência utilizados para calcularmos o CI, no gráfico é possível observar essa mesma informação das tabelas de maneira mais visualmente atrativa. Cabe ressaltar que os gráficos são apresentados de uma forma exponencial negativa, pela própria natureza desse tipo de classificação, como já descrito anteriormente na página 65, influenciando inclusive a forma como vemos o gráfico para de modo a expor os dados supracitados. Por exemplo, ao abordar dos 10% dos dias de maior precipitação eu tenho que observar no eixo X o número 90%, observar seu valor em Y 52% e subtrair dos 100% para obter o quanto equivale os 10% dos dias mais chuvosos.



**Figura 46-** Curva de concentração de Lorenz - Estação de Mambucaba/Angra dos Reis (1996-2018).



**Figura 47 -** Curva de concentração de Lorenz - Estação de Bracuí/Angra dos Reis (1996-2018).



**Figura 48** - Curva de concentração de Lorenz - Estação de Perequê/Angra dos Reis (1996-2018).

Na tabela 29, podemos observar os valores de CI, calculados para cada uma das estações, as constantes a e b calculadas, o  $r^2$  que mostra a elevada relação dos dados e o valor da precipitação total, correspondente aos 25% dos dias mais chuvosos. Os valores de CI encontrados são considerados moderados no Bracuí, segundo a classificação de Pinheiro *et al* (2017), e altos no Perequê e Mambucaba, indicando uma maior contribuição de precipitações mais elevadas nesses setores do município, se comparados ao Bracuí. Os valores encontrados como mencionado indicam que embora a precipitação seja registrada ao longo de todo o ano, mesmo com as variações mensais existentes a importância de chuvas concentradas em dados períodos, sobretudo no verão e precipitações superiores aos 20,9 mm (Bracuí), 16,9 mm (Perequê) e 15,9 mm (Mambucaba) tem papel determinante nos elevados índices pluviométricos locais, bem como os valores identificados como extremos, o que pode ser constatado ao compararmos os máximos em 24h com esses valores identificados. Observamos ainda que tais dados refletem uma coerência geográfica ao identificar o Perequê e Mambucaba como aqueles onde a menor porcentagem do total de dias de chuva corresponde ao maior acumulado da precipitação, e aqueles onde os limiares que definem essa correlação 25%-75% são menores.

**Tabela 29** - Valores das constantes a e b calculadas com base na equação 2, valores de CI para as estações utilizadas no estudo. E porcentagem do total da precipitação referente aos 25% dos dias mais chuvosos. Segundo metodologia de Martin-Vide (2004).

Estação	A	B	R <sup>2</sup>	CI	Precipitação (%)
<b>Bracuí</b>	0,0438581	0,0305049	0,988944	0,59	67,21
<b>Perequê</b>	0,0368514	0,0320538	0,984858	0,61	69,95
<b>Mambucaba</b>	0,0242639	0,0361901	0,984229	0,64	73,15

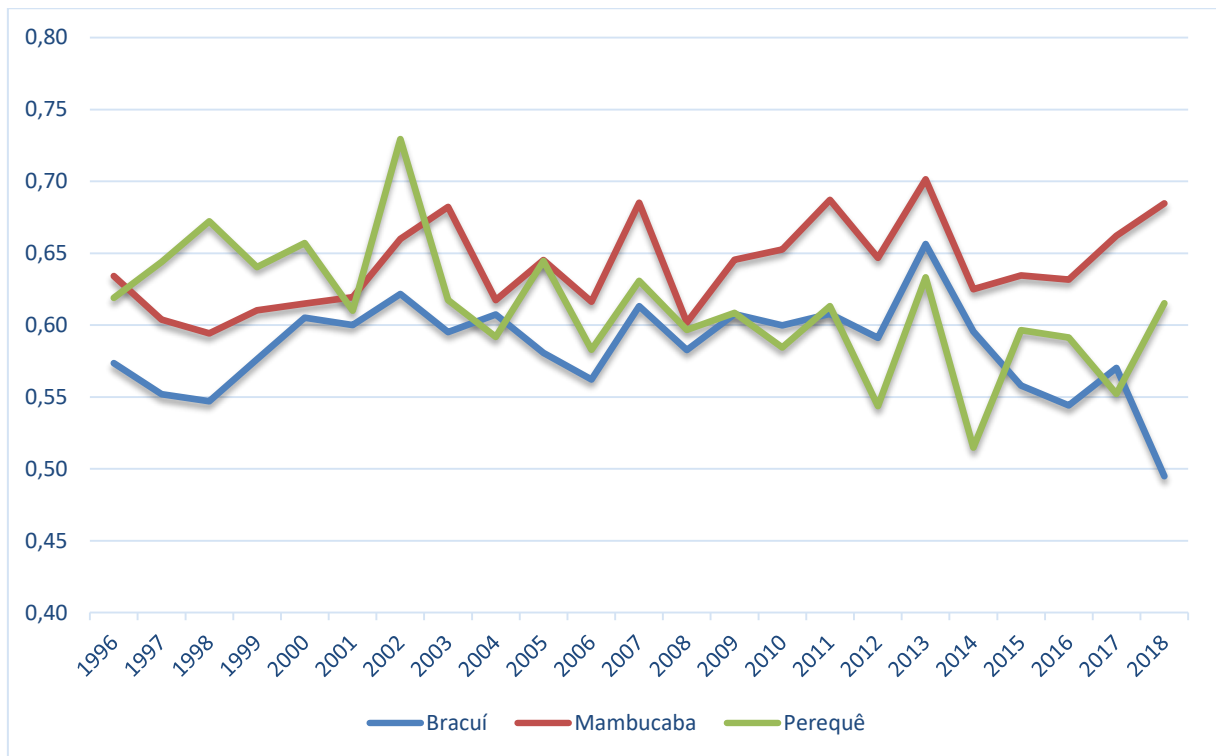
A aplicação do índice de concentração pode ser feita numa análise anual e dessa forma optamos por fazê-la qualificando aqueles anos onde seria considerado baixo, moderado, altos e muito altos, lembrando que o CI varia de 0-1 e quanto mais próximo de 1 mais concentrado é a precipitação, ou seja, quanto mais próximo de 1 a diferença entre os 25% dos dias mais chuvosos e sua contribuição, 75% para o total pluviométrico, é maior. Desta forma, é apresentado a seguir a tabela 30 e a figura 49, que demonstram a variação anual de CI, nos anos onde esses são maiores os extremos pluviométricos tendem a ser mais relevantes na contribuição e concentração da precipitação no ano, ou seja, em poucos dias mais chuvosos, há uma grande concentração para o total da precipitação no ano, não necessariamente refletindo em anos de tendência chuvosa, podendo ter relações diretas com a ocorrência de extremos geomorfológicos.

**Tabela 30** – Índice de Concentração Anual Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018.

CI			
Ano	Bracuí	Mambucaba	Perequê
1996	0,5735	0,6341	0,6190
1997	0,5518	0,6038	0,6439
1998	0,5470	0,5942	0,6722
1999	0,5762	0,6102	0,6403
2000	0,6051	0,6149	0,6569
2001	0,6000	0,6194	0,6101
2002	0,6215	0,6598	0,7294
2003	0,5951	0,6823	0,6174
2004	0,6074	0,6175	0,5919
2005	0,5807	0,6453	0,6446
2006	0,5621	0,6163	0,5829
2007	0,6131	0,6852	0,6308
2008	0,5827	0,6018	0,5968
2009	0,6076	0,6455	0,6086
2010	0,5997	0,6526	0,5845
2011	0,6077	0,6872	0,6133

2012	0,5911	0,6468	0,5436
2013	0,6564	0,7014	0,6332
2014	0,5955	0,6249	0,5148
2015	0,5580	0,6346	0,5965
2016	0,5441	0,6317	0,5914
2017	0,5702	0,6621	0,5522
2018	0,4949	0,6847	0,6153

Legenda	
Baixo	
Moderado	
Alto	
Muito Alto	



**Figura 49** - CI Anual - Angra dos Reis (RJ) - 1996-2018

Os maiores valores de CI, considerados muito altos, foram encontrados para os anos de 2002 em Perequê e 2013 em Mambucaba, os dados de CI para esses anos ao compararmos com as figuras 35 e 36 podemos observar que em 2013 em Mambucaba, de fato houve uma grande contribuição do mês de janeiro na precipitação anual, cerca de 36%, e em Perequê os meses de fevereiro e dezembro de 2002 apresentam contribuição anual superior aos 20%, seguido de abril com 12% e todos os demais meses abaixo dos 8%.

Se compararmos esses CIs muito altos ainda com as tabelas 23, 24, que apresentam os valores máximos em 24h, ou seja de um único evento naquele mês e as tabelas 26 e 27 onde tem-se valores de contribuição em 24h na precipitação mensal, impetrem valores de 31%, em Mambucaba, para janeiro de 2013, correspondente a um evento cujo máximo de precipitação em 24h foi 318,9 mm e para Perequê uma contribuição um único evento no mês de 49,2% e 28,2% para fevereiro e dezembro de 2002, com respectivamente 202,6 mm e 138,5 mm, o que demonstra o quão impactante foi a concentração da precipitação nesses anos e meses.

Analisando de forma geral os CIs são considerados altos para área de estudo especialmente no Mambucaba indicando essa região como aquela a concentração de grandes volumes de precipitação para um total de dias chuvosos menor dentro da série, se comparada as demais, assim como o CI por estação já indicava, Mambucaba ainda é a estação que apresenta o maior número de dias de extremos e o maior número de dias de chuva, como vimos na tabela 21 e na figura 44, o que indica uma certa coerência com o presente índice. Perequê apresenta um melhor equilíbrio entre os considerados altos e moderados, assim como o Bracuí, porém tendendo mais para o moderado que a anterior. Uma maior concentração de CIs com índices considerados moderados indica uma distribuição um pouco melhor da precipitação, assim as porcentagens de dias mais chuvosos tendem a ser mais equilibrados com a porcentagem da concentração dos totais pluviométricos, porém para as estações em análise os valores moderados são muito próximos do limite que considera o CI alto, assim essa separação não é tão evidente.

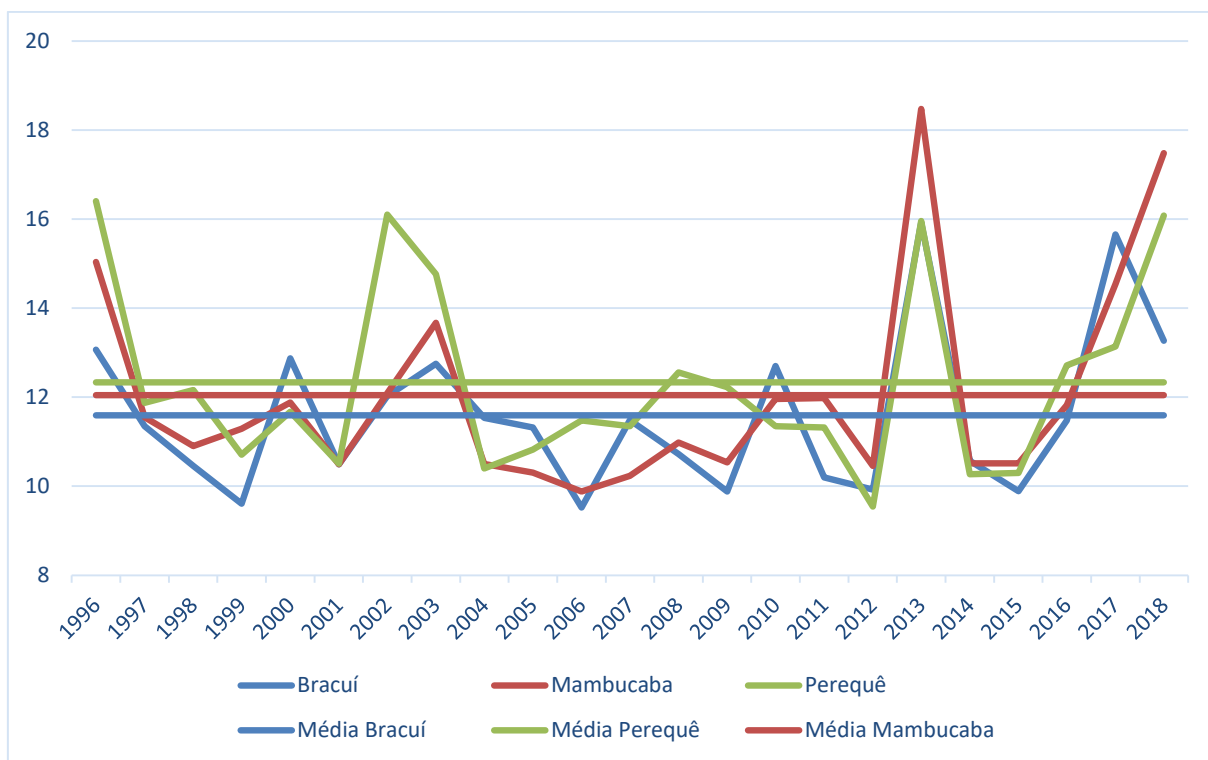
Outro dado de grande importância para a análise da concentração é o PCI que indica a concentração da precipitação na forma como os totais anuais distribuem-se ao longo dos meses conforme aponta Tolika (2018). Logo é um índice que assim como o anterior nos mostra tendências de concentração, porém não retornando valores e limites mais claros de como a mesma se distribui pelo espaço. Na tabela 31 e figura 50 é demonstrado os valores encontrados de PCI anual e médio para cada estação.

**Tabela 31** - PCI Anual e médio com escala de cores indicando a concentração segundo legenda. Adaptado de: Michels *et al.* (2002).

PCI				
Ano	Bracuí	Mambucaba	Perequê	Média Angra
1996	13,07	15,04	16,40	14,84
1997	11,35	11,55	11,87	11,59
1998	10,46	10,91	12,16	11,17
1999	9,61	11,29	10,71	10,54
2000	12,87	11,88	11,67	12,14
2001	10,50	10,49	10,51	10,50
2002	12,03	12,09	16,10	13,41
2003	12,75	13,67	14,77	13,73
2004	11,53	10,50	10,40	10,81
2005	11,32	10,30	10,82	10,82
2006	9,52	9,88	11,48	10,29
2007	11,48	10,23	11,35	11,02
2008	10,72	10,98	12,56	11,42
2009	9,88	10,54	12,23	10,88
2010	12,70	11,96	11,35	12,00
2011	10,20	11,98	11,32	11,17
2012	9,93	10,46	9,55	9,98
2013	15,92	18,48	15,96	16,79
2014	10,57	10,51	10,27	10,45
2015	9,89	10,51	10,30	10,23
2016	11,48	11,83	12,71	12,01
2017	15,66	14,54	13,14	14,45
2018	13,27	17,49	16,08	15,61
Média	11,60	12,05	12,33	11,99

Legenda	
	Concentrado
	Moderadamente Concentrado
	Uniforme





**Figura 50** - PCI Anual e médio por Estação de Angra dos Reis (1996-2018).

Analisando os dois dados é possível observar um padrão predominantemente “moderadamente concentrado”, o que implica numa distribuição de uniforme a moderada da precipitação na série estudada, havendo uma distribuição da precipitação em todos os meses, corroborando com observado nas figuras 31 a 33 e tabelas 9 a 11, com uma maior concentração nos meses de verão, seguido da primavera conforme a tabela 32 demonstra.

**Tabela 32** - Participação média mensal e sazonal da precipitação para as estações meteorológicas de Bracuí, Mambucaba e Perequê - Angra dos Reis (RJ).

Estações do ano	Bracuí			Mambucaba			Perequê		
	Precipitação	Participação Ano	Participação Estação	Precipitação	Participação Ano	Participação Estação	Precipitação	Participação Ano	Participação Estação
Verão	828,4	36,44%		884,0	39,09%		891,6	38,17%	
J	302,3	13,30%	36,49%	321,2	14,20%	36,34%	318,4	13,63%	35,71%
F	250,6	11,03%	30,25%	253,9	11,23%	28,72%	260,7	11,16%	29,24%
M	275,5	12,12%	33,26%	308,9	13,66%	34,94%	312,5	13,38%	35,05%
Outono	428,3	18,84%		402,7	17,80%		396,2	16,96%	
A	200,1	8,80%	46,71%	187,0	8,27%	46,45%	185,4	7,94%	46,79%
M	134,3	5,91%	31,36%	116,3	5,14%	28,89%	113,7	4,87%	28,71%
J	93,9	4,13%	21,93%	99,3	4,39%	24,66%	97,1	4,16%	24,51%
Inverno	319,7	14,07%		290,9	12,86%		305,6	13,08%	
J	105,0	4,62%	32,83%	96,7	4,28%	33,25%	90,2	3,86%	29,51%
A	74,7	3,29%	23,37%	58,8	2,60%	20,21%	62,1	2,66%	20,32%
S	140,0	6,16%	43,80%	135,4	5,99%	46,54%	153,3	6,56%	50,17%
Primavera	696,5	30,64%		684,0	30,24%		742,5	31,79%	
O	191,3	8,42%	27,47%	189,1	8,36%	27,65%	209,0	8,95%	28,15%
N	234,8	10,33%	33,71%	241,9	10,70%	35,36%	269,9	11,56%	36,36%
D	270,5	11,90%	38,83%	253,0	11,19%	36,99%	263,5	11,28%	35,49%
Anual	2273,0			2261,6			2335,8		

Os maiores valores foram encontrados nos anos de 2013 e 2017 em Bracuí, 1996, 2013 e 2018 em Mambucaba, e 1996, 2002, 2013 e 2018 em Perequê. Dados diferentes dos encontrados no CI, pois um considera a precipitação total aliada com o total de dias chuvosos de modo a estabelecer individualidades mais marcantes, aqui é observado um panorama de maior concentração da precipitação em poucos meses que em comparação com as figuras 34 a 36 observa-se de forma mais clara essa maior concentração, tendo uma em média de 3 e 4 meses da precipitação nos anos destacados no início desse parágrafo, em contraste aos sete meses (out-abr) usualmente de maior precipitação bem marcante na maioria dos anos. Aqui fora analisado apenas a concentração quando se compara aos valores totais e seus desvios, o que nos dá os anos padrões, a correlação não é direta com o PCI, apesar de se aproximarem em 2013 e 2018, com os padrões chuvosos. Esses dados fornecem a informação de anos que podemos nos debruçar para estudos mais aprofundados, uma vez que há claramente uma diferença marcante no padrão de concentração pluviométrica.

No que tange aos aspectos sazonais a figura 51 reflete bem a concentração sazonal da precipitação. Mostrando um comportamento quase sempre cíclico de concentração maior no verão e primavera, como também é observável na tabela 32, porém dentro das estações há meses onde essa concentração é ainda maior em especial no início do outono e final do inverno. Já no gráfico as oscilações são maiores indicando que em algumas estações ao longo dos anos há uma tendência a maior concentração em algum mês dessa estação, como por exemplo na primavera de 2017 em Bracuí, onde a precipitação se concentrou predominantemente em novembro. Ou no inverno de 2015, onde junho teve uma contribuição mensal para o total pluviométrico do ano muito maior que os demais meses de inverno, inclusive maior que alguns meses de outono e primavera, sendo possivelmente um mês que embora, atípico onde seria possível encontrar casos de deslizamentos.

Assim CI e o PCI nos dão bases importantes para a discussão dos deslizamentos numa busca por conexões identificando possíveis anos de maior intensidade e relevância para de maneira a aprofundar o estudo, além de nos fornecer um panorama importante de análise da distribuição, concentração e contribuição da precipitação em dado local, uma espacialização desses dados tendo uma maior quantidade de estações podem fornecer subsídios na compreensão não só da dinâmica pluviométrica, bem como para planos de ações urbano-ambientais nas áreas de maior concentração de CI.

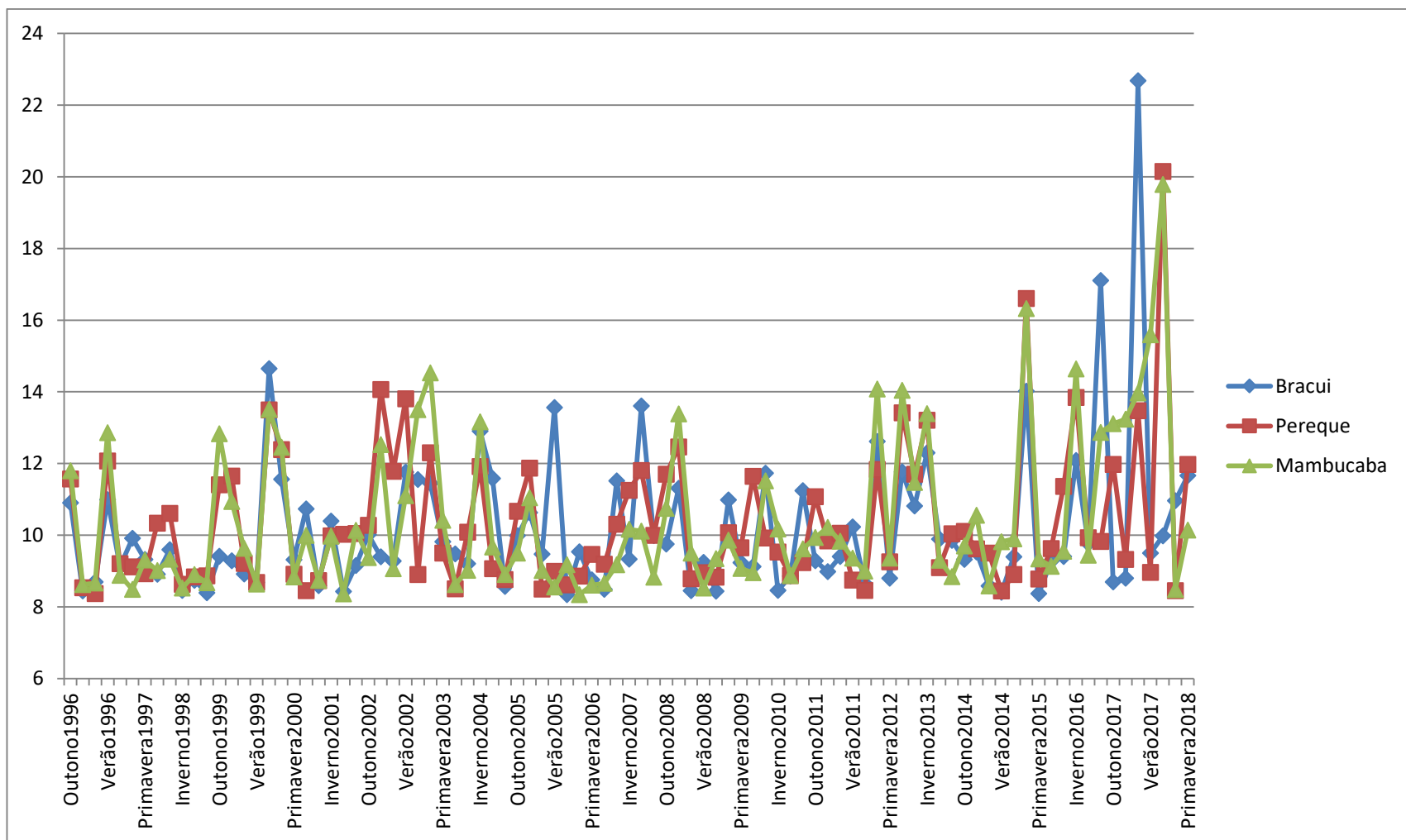


Figura 51 - PCI sazonal e sua evolução temporal para as estações em estudo.

Uma vez construído o embasamento pluviométrico da área de estudo, com base em todo o levantamento trazido até esse ponto e que se relaciona com os fundamentos básicos da climatologia geográfica, noções de dinâmica e ritmo foram até aqui demonstrados e parte-se do pressuposto que ambos podem ser interessantes para discussão da correlação com os deslizamentos de terra. Assim ainda nesse modo de apresentação processual que aqui é realizado dar-se-á agora a discussão acerca dos deslizamentos ocorridos no município.

## 5.2 – Investigação dos processos de MGMs – Buscando uma compreensão espaço-temporal dos deslizamentos em Angra dos Reis

A análise dos deslizamentos partiu de sua coleta junto a defesa civil angrense, resultando nos dados da tabela 7 e ao fazermos uma maior especificação retomamos a tabela 33 onde realçamos os casos de deslizamentos, a partir da qual foram realizados os procedimentos de filtragem que já foram explicitados.

**Tabela 33** - Ocorrências ambientais atendidas pela Defesa Civil de Angra dos Reis (2007-2018).

Tipo	Total
Alagamento	49
Chuva	2059
<b>Deslizamentos</b>	<b>2158</b>
Desplacamento de bloco	102
Enchente	5
Enxurrada	57
Erosão	949
Erosão eólica	4
Erosão fluvial	11
Erosão interna	19
Erosão laminar	423
Erosão linear	95
Erosão marginal	9
Infiltração	286
Inundação	4
Percolação	49
Rolamento de bloco	20
Solapamento	31
Solo com Compactação Insuficiente	1
Ventos fortes	12
Total	6343

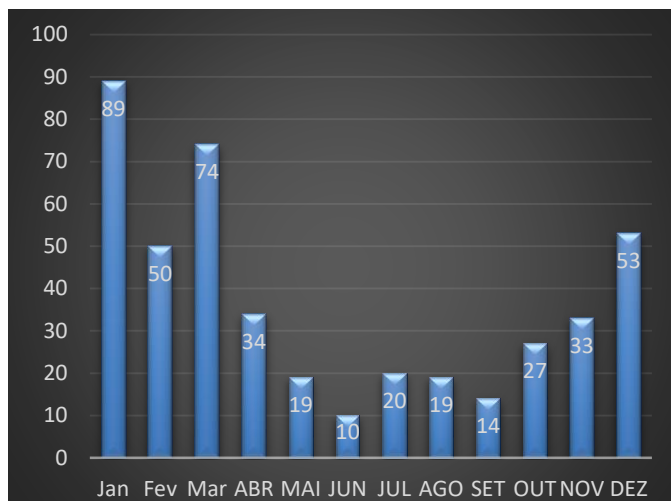
Dos dados restantes foi feita uma organização temporal dos dados e um arranjo espacial que se reflete não só nas tabelas geradas, mas também, e, principalmente nos mapas gerados.

Além dos dados disponibilizados pela defesa civil, foi também realizado em paralelo a coleta, via site do acervo do jornal O Globo, onde foram registrados a data de ocorrência, o tipo de ocorrência, os bairros afetados e quando possível a rua afetada. Foi feita ainda o *download* das páginas de jornal de modo a usarmos na presente pesquisa, como o já demonstrado na figura 42. Assim somamos ambos os dados com os já registrados em pesquisas anteriores, de modo a termos uma gama de dados da mais completa possível.

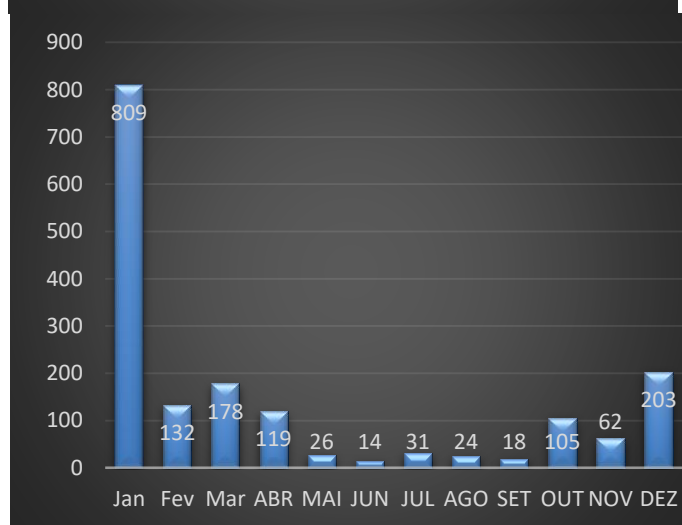
### **5.2.1 – Análise temporal**

Adentrando na discussão da análise temporal foram somados todos os casos de deslizamentos supracitados e filtrados, organizando-os de modo a compreender o total de datas e ocorrências, total de ações praticadas pela defesa civil, registradas de deslizamentos por ano e por mês. Assim geramos quatro gráficos e duas tabelas contendo essas informações e que são apresentados nas figuras 52 a 55. Nas figuras 52a e 52b observamos os gráficos da distribuição mensal de ocorrências totais e de dias totais, nas figuras 53a e 53b observamos a distribuição anual, tanto em dias como ocorrências totais, já nas figuras 54 e 55 observamos a distribuição de ocorrências e dias dentro de cada mês do ano.

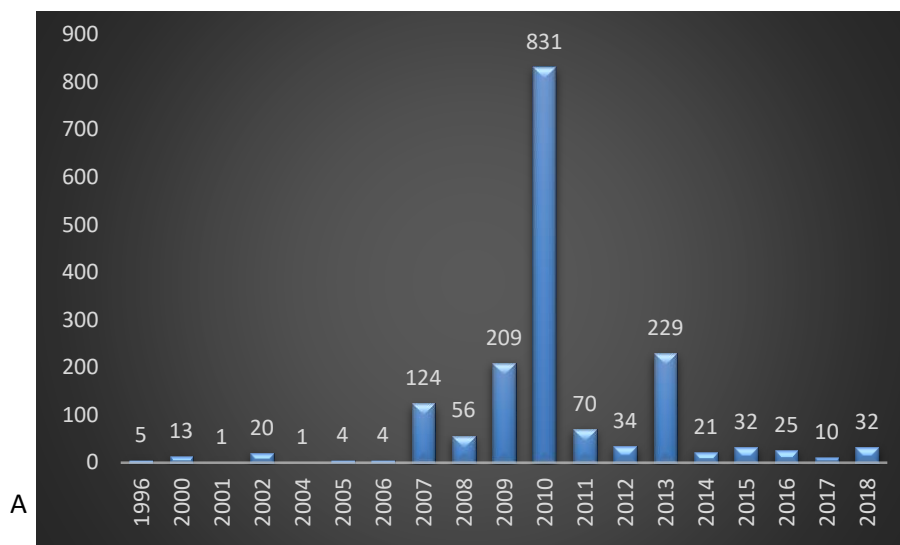
A



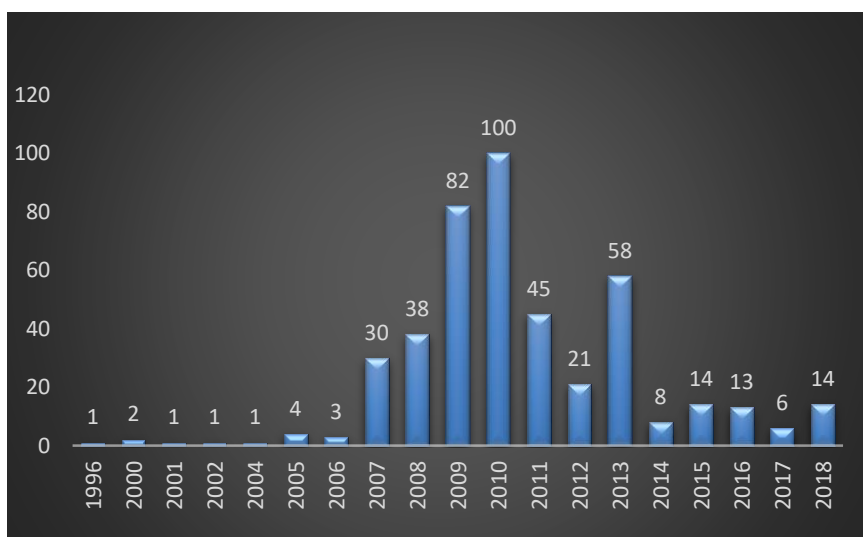
B



**Figura 52** - A - Total de dias da série histórica com a ocorrência de deslizamentos por mês. B - Total de ocorrências de deslizamentos para toda série histórica distribuídos por mês. Angra dos Reis (1996-2018). Fonte: Defesa Civil Municipal, Acervo: O Globo; MATTOS (2017).



B



**Figura 53** - A - Total de ocorrências de deslizamentos para toda série histórica distribuídos por ano. B - Total de dias da série histórica com a ocorrência de deslizamentos por ano. Angra dos Reis (1996-2018). Fonte: Defesa Civil Municipal, Acervo: O Globo; Mattos (2017).



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1996		5										
1997												
1998												
1999												
2000	13											
2001										1		
2002												20
2003												
2004											1	
2005			1							1	1	1
2006	1										1	1
2007	1	1		13	4	1	3	1	1	73	18	8
2008	7	8	7	7	1	2			3	13	3	5
2009	23	52	25	15	4	3	12	5	1	10	11	48
2010	517	36	56	66	5	5	9	10	5	1	9	112
2011	19	7	14	5	5		2	7	1	3	3	4
2012	20	3	1	1	2				3		3	1
2013	170	6	26	12	4	3	1		2	1	3	1
2014	1		16				3		1			
2015	1	8	18					1	1	2	1	
2016	19	3	2									1
2017	5		5									
2018	15	3	7	1	1		1				8	

**Figura 54** - Distribuição do total de ocorrência de deslizamentos por meses do ano, com agrupamentos em classes pela formatação condicional.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1996		1										
1997												
1998												
1999												
2000	2											
2001										1		
2002												1
2003												
2004											1	
2005			1							1	1	1
2006	1										1	1
2007	1	1		2	2	1	2	1	1	4	10	5
2008	4	7	6	3	1	1			1	8	2	5
2009	6	13	10	9	3	2	8	5	1	6	6	13
2010	19	8	15	10	3	3	4	7	4	1	5	21
2011	9	5	9	4	3		2	5	1	3	1	3
2012	9	2	1	1	2				2		3	1
2013	23	4	13	5	4	3	1		2	1	1	1
2014	1	4					2			1		
2015	1	4	4					1	1	2	1	
2016	7	3	2									1
2017	3		3									
2018	3	2	6		1		1				1	

**Figura 55** - Distribuição do total de dias de deslizamentos por meses do ano, com agrupamentos em classes pela formatação condicional.

Analisando os gráficos da figura 52 podemos constatar uma maior ocorrência de deslizamentos nos meses de verão, onde as maiores quantidades de episódios estão registradas nos meses de dezembro, janeiro, março, porém todo o período que qualificamos como mais chuvoso no capítulo anterior que vai de outubro-abril há uma quantidade significativa de

ocorrência. Os valores exacerbados de ocorrência em janeiro se dá em muito pelo episódio de 01 de janeiro de 2010, onde ocorreram inúmeros deslizamentos em diferentes pontos dos municípios. Observando as figuras 54 e 55 notamos que no ano de 2010 a quantidade superou 500 ocorrências e os deslizamentos ocorreram em 19 dias neste mês. A quantidade de dias com deslizamentos só fica atrás de janeiro de 2013, mês de maior precipitação em toda série como já visto. Continuando a análise da figura 52, podemos destacar também que ao compararmos os meses de outubro-novembro e dezembro-março há uma maior quantidade de ocorrências nos primeiros meses (Figura 50A), porém quando passamos para a análise diária o comportamento é justamente o oposto. O que indica que os deslizamentos ocorridos em dezembro e outubro tiveram, de modo geral, um potencial maior, sendo mais generalizados e ocorrendo em mais de um ponto do município. O que em uma primeira análise não corrobora com os dados de precipitação (Tabelas 9 a 11), uma vez que novembro e março possuem valores médios de precipitação superiores a outubro e dezembro. Podemos observar ainda que a diferença entre a quantidade de ocorrências e de datas nos meses de inverno é bem inferior, muito em função do fato que as precipitações nesse período em geral são menores (Tabelas 9 a 11), e associado às condições mais secas dos solos, que é observado nas figuras 43-45 que indica o baixo número de dias de chuvas nesses meses. Para esses, as precipitações que geram deslizamentos seriam esporádicas; assim a precipitação máxima teria possivelmente maior importância, e com um potencial menor de generalização se comparados aos meses de maior pluviosidade.

Analisando a figura 53, a maior quantidade de datas e ocorrências a partir de 2007 se dá por ser o período disponibilizado no contato feito junto a defesa civil. No período anterior, os dados foram coletados no Acervo do Jornal O Globo e acreditamos que, embora tenha um registro bom e relevante, principalmente na sessão do jornal chamada caderno O Globo Rio, não dão conta de registrar todos os deslizamentos mais localizados e que não afetaram de maneira tão direta a população. Os anos de maior destaque são 2010, 2009, 2013 e 2011 em sequência do total de dias, e 2010, 2009, 2013 e 2007 no total de ocorrências. Dentre esses anos, 2009 e 2010 registraram deslizamentos em todos os meses (conforme mostra as figuras 54 e 55), enquanto nos demais anos citados apenas alguns meses não ocorreram deslizamentos: agosto (2013), junho (2011) e março (2007). Cabe ressaltar, no entanto, que mesmo a ocorrência de apenas um deslizamento o mesmo não deve ser desconsiderado, pois há prejuízos sociais com perdas de vida e prejuízos econômicos envolvidos e que não pode ser negligenciado.

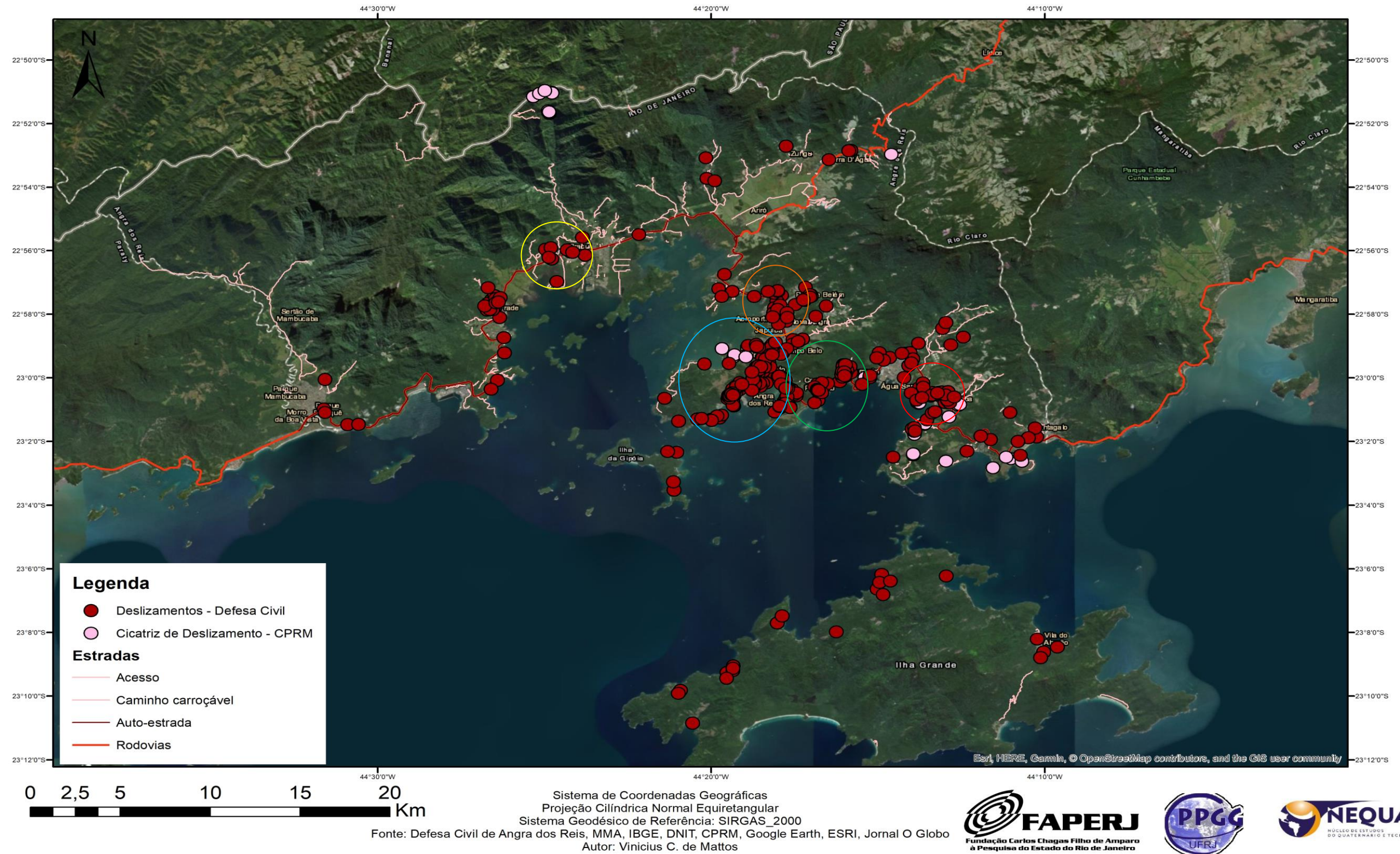
Embora essa discussão seja mais aprofundada no capítulo 5.3.3 é interessante ressaltar que se pensarmos a título dos anos padrões, seja pela metodologia do desvio padrão (Tabela 12) ou dos percentis (Tabela 14), os anos de maior deslizamento 2009-2010 encontram-se em

consonância com o padrão chuvoso para Bracuí e Mambucaba e tendente a chuvoso e normal para Perequê. Entretanto, se tomarmos o ano de 2007, que é o quarto maior ano em número de ocorrências, mas o sexto em dias de deslizamentos, o padrão anual da precipitação é seco a tendente a seco, mas o mês de maior ocorrência (Outubro - Figura 54) pelo padrão mensal (Tabelas 16 a 18) seria também tendente a chuvoso para Bracuí e Mambucaba.

### **5.2.2 – Análise Espacial**

A análise da espacialidade dos deslizamentos como Armond (2014) aponta é de grande importância para a Geografia, e recai sobre a busca de se compreender e indagar duas das perguntas fundamentais no saber geográfico, segundo Gomes (2017), o onde e o porquê. Nesse sentido, espacializamos os dados de MGMs em três mapas diferentes: um que aborda a localização espacial dos mesmos; um segundo que mostra sua distribuição sobre as formas de relevo (segundo o mapeamento de feições geomorfológicas de Silva *et al.*, 2012); e um terceiro mapa onde agrupamos os deslizamentos por bairros e os classificamos pelos totais ocorridos em cada bairro. O primeiro mapa apresentado na figura 56 constitui-se como introdutório, onde é possível observar a espacialidade dos deslizamentos, porém de uma maneira mais generalizada.

## Mapa de ocorrência de deslizamentos Angra dos Reis/RJ (1996-2018)



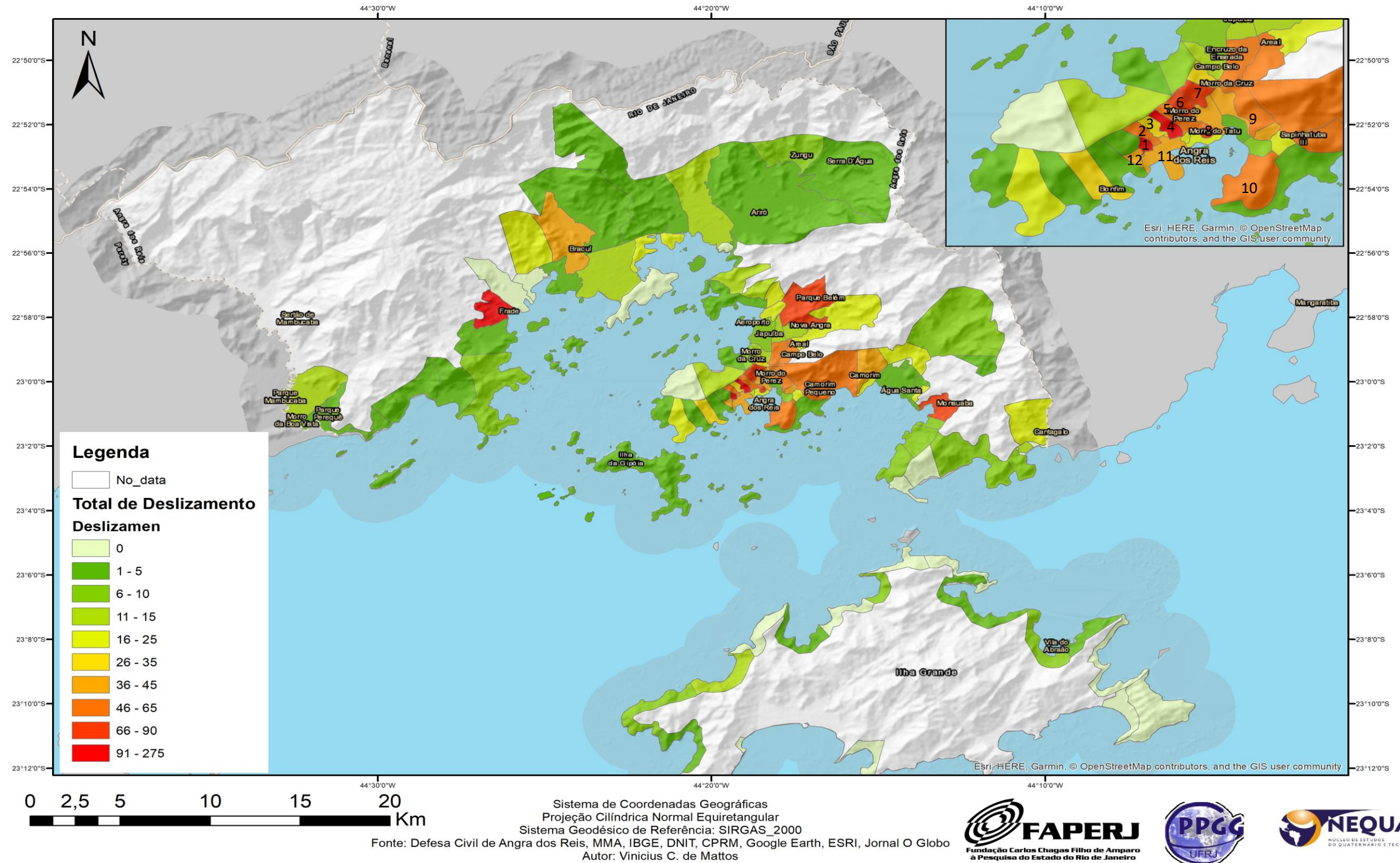
**Figura 56** - Mapa de ocorrência de deslizamentos em Angra dos Reis. Pontos extraídos via Google Earth da base de dados da Defesa Civil Municipal e do CPRM. Os círculos de cores distintas destacam a área da localização dos bairros do centro, Areal e Campo Belo (Azul), Camorim e Camorim Pequeno (Verde), Frade (Amarelo), Parque Belém e Nova Angra (Laranja) e Monsuaba (Vermelho).

Observando o mapa da figura 56 é possível notar uma maior concentração de deslizamentos no setor continental do município, se comparado a sua área insular. É possível observar que a maior concentração de pontos encontra-se na área central do município, onde inclui além do bairro central, os morros da Carioca, da Glória e da Caixa d'Água - zonas de grande ocupação urbana em terrenos de encosta. Esta concentração estende-se até os bairros de Areal e Campo Belo. Outras áreas que se destacam é Monsuaba, Frade, Nova Belém e Nova Angra. Frade é uma área de baixa ocupação e a maior parte dos deslizamentos observados foram encontrados próximo a BR-101. A área de Monsuaba também possui uma ocupação significativa, porém essa se dá mais próxima ao litoral, tendo uma taxa menor de ocupação nas encostas se comparada a área do centro. No entanto, embora seja um bairro com uma área de planície significativa, a mesma encontra-se confinada entre serras locais e escarpadas, onde os locais são de maior impacto.

Pela natureza dos dados disponibilizados pela defesa civil, a maior parte dos dados estão registrados em áreas de acesso da população, ruas, avenidas, rodovias e praias, por exemplo, e/ou áreas ocupadas, enquanto os registros mais isolados foram aqui adicionados com o auxílio de dados de cicatrizes coletados junto ao CPRM. Esses, em sua maioria, localizam-se nas áreas mais isoladas do município, de acesso remoto à população, e que embora tenham um impacto menor na vida social, levam sedimentos das encostas para os canais fluviais e assoreando-os, porém quando ocorrem grandes deslizamentos há riscos de impactos maiores, pois o material deslocado das encostas pode ser direcionado para o eixo da drenagem e gerar uma forte corrida de detritos em direção à jusante, conforme destaca Augusto Filho (1992) e que destacamos na tabela 3. Estes episódios são também importantes no que tange a evolução do relevo. Ressalta-se que esses dados de cicatrizes obtidos do CPRM podem ser gerados através de fotointerpretação, com posterior comparação de diferentes imagens de satélites e/ou ortofotos. Entretanto, este recurso apesar de ser interessante para atingir os objetivos da pesquisa, não foi realizado pelo curto tempo de execução da dissertação e pela quantidade de dados trabalhados, mas constitui-se em etapas de pesquisa interessantes para futuras análises.

De modo a melhorar a visualização dos dados aqui tratados optamos por espacializá-los, demonstrando a quantidade de deslizamentos por bairro e buscando uma relação com a geomorfologia local e assim elaborou-se os mapas apresentados nas figuras 57 e 58.

## Mapa de ocorrência de deslizamentos por bairro sobre o MDE - Angra dos Reis (RJ)



**Figura 57** - Mapa de ocorrência de deslizamentos por bairros; com ênfase nos bairros próximos ao centro de Angra dos Reis. Sendo 1- Morro da Carioca, 2 - Morro do Santo Antônio, 3 – Morro da Caixa D'Água, 4- Morro do Carmo, 5 – Morro do Perez, 6-Morro da Glória I, 7- Morro da Glória II, 8- Morro do Tatu, 9 – Sapinhatuba I, 10 – Marinas, 11- Centro e 12 – Morro do Abel

# Mapa de ocorrência de deslizamentos sobre o MDE e compartimentação geomorfológica - Angra dos Reis (RJ)

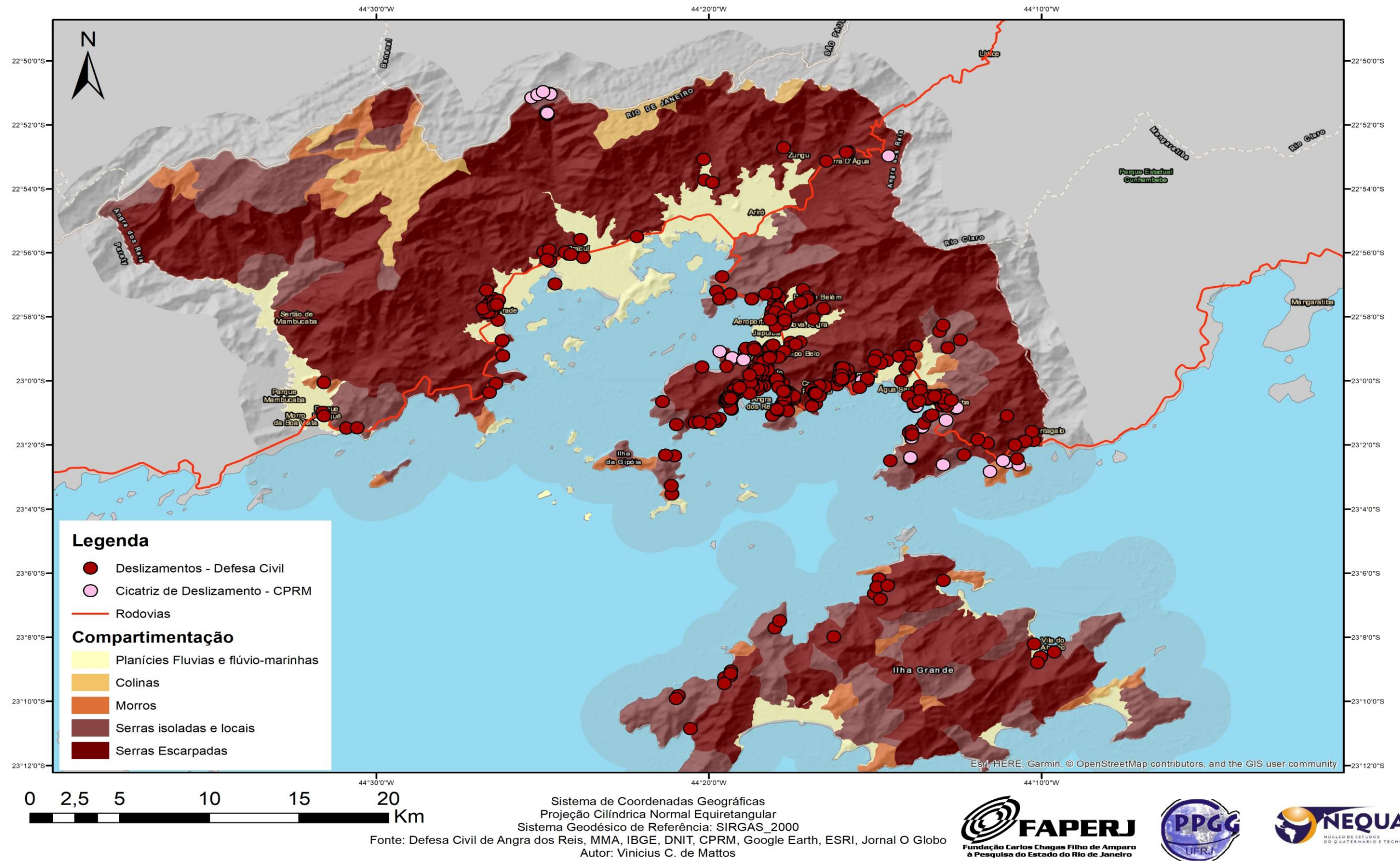


Figura 58 - Mapa de ocorrência de deslizamentos distribuídas pelas feições geomorfológicas do município de Angra dos Reis.

O mapa presente na figura 57 foi feito apenas com os dados de jornais e da defesa civil, não sendo incluído os dados do CPRM, uma vez que os mesmos ocorreram em áreas mais elevadas do município como é possível se visualizar na figura 56. A opção por não plotar esses deslizamentos no mapa de bairros se deu pela dificuldade de identifica-los dentro do limite de algum dos bairros do município.

Analisando o mapa dos deslizamentos por bairro optamos por destacar os bairros do centro, onde há uma taxa de ocorrência de 87 deslizamentos em média para esses bairros, sendo os maiores valores encontrados nos bairros do morro da Carioca e do Santo Antônio com 267 e 163 ocorrências, respectivamente. Esses bairros como já mencionado tem uma elevada taxa de ocupação e como pode ser observado na figura 58 encontram-se em áreas de serras escarpadas. Outros bairros de destaque pela quantidade de deslizamentos são o Frade, Monsuaba, Parque Belém, Campo Belo, Areal, Marinas e Camorim Pequeno, desses bairros Monsuaba encontra-se cercado por serras escarpadas, serras isoladas e morros, onde os deslizamentos ocorrem. Parque Belém, Areal, Frade e Campo Belo são bairros onde predomina áreas de planícies flúvio-marinhas, no entanto a incidência de deslizamentos é nos limites desses bairros que se dá com áreas de serras escarpadas. Marinas é um bairro próximo ao mar, onde as serras locais tem um contato direto com o mar, e onde os deslizamentos ocorreram de forma mais presente nas avenidas litorâneas que cortam estas feições morfológicas desse bairro. O bairro de Santa Rita do Bracuí é um dos bairros onde a deflagração de MGMs ocorre em número elevado, os bairros próximos as outras estações meteorológicas como Parque Mambucaba, Parque Perequê e Vila Histórica de Mambucaba apresentam pequena ocorrência de deslizamentos, correspondendo a 11, 5 e 3 respectivamente.

Podemos observar ainda que os bairros do centro são de pequenas extensões, assim há uma grande quantidade de pontos de deslizamentos em pequenas áreas, isso implica numa elevada concentração dos mesmos o que acarreta em possibilidades de maior impacto que um evento extremo de grandes proporções possa ter. Alguns bairros, no entanto, não apresentaram registros no período analisado.

Considerando agora a figura 58, podemos observar que a grande maioria dos deslizamentos, cerca de 72%, ocorrem em áreas de serras escarpadas, seguido por morros, serras locais e planícies. Nas feições de colinas não foi registrado nenhum deslizamento, porém essa não ocorrência, e a presença na feição de planície, acredita-se ser por conta da presença de pequenas colinas que na escala utilizada para a compartimentação não foi possível de serem observados e além disso na hora da plotagem dos pontos podem ter ocorrido pequenos desvios no que tange sua precisão, uma vez que foram identificados via Google Earth e não por GPS o

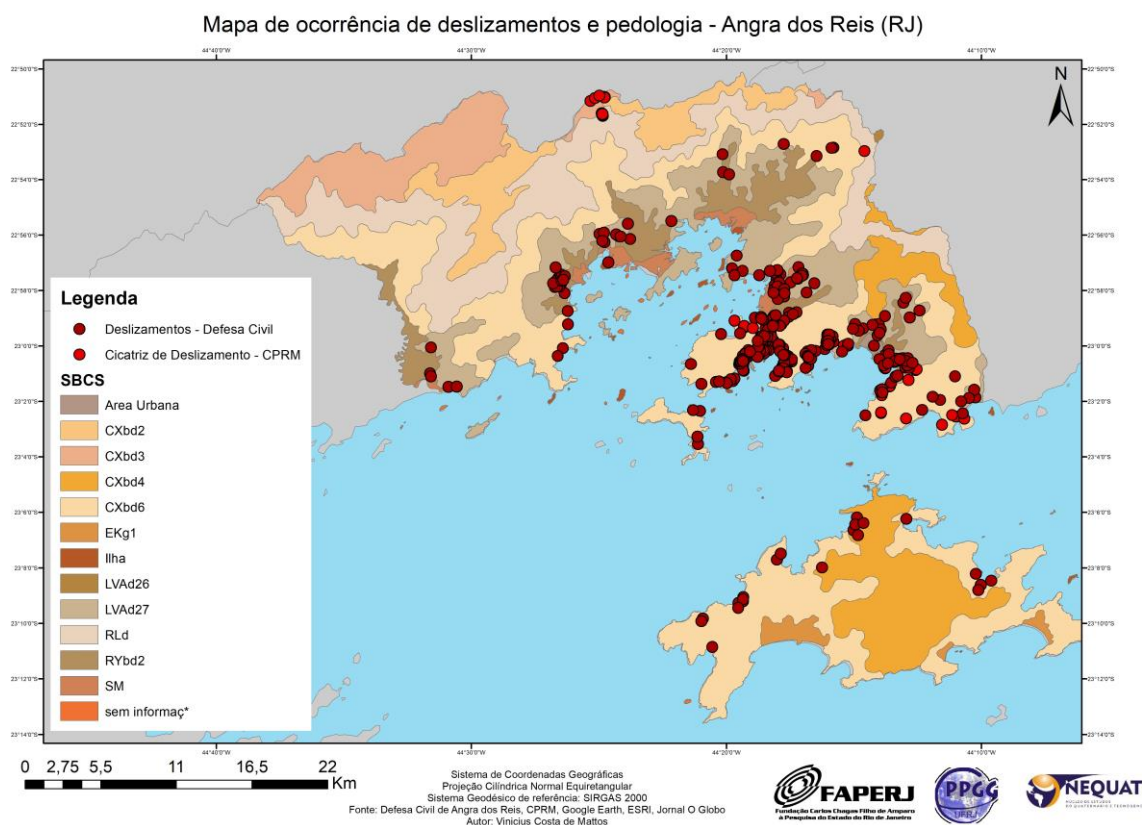


que o tornaria mais preciso, tanto que é possível notar que alguns desses pontos em planícies se encontram muito próximos as serras locais e as serras escarpadas, por exemplo, próximo a Santa Rita do Bracuí e na Vila do Abraão em Ilha Grande. Como mencionado os deslizamentos nas serras escarpadas correspondem a cerca de 73%, seguido de 13% dos morros e 12% das serras locais. Somando os compartimentos de serras temos assim uma ocorrência de 85% nesses locais; o que faz sentido uma vez que os compartimentos serranos são extremamente relevantes na área de estudo correspondendo a cerca de 84% da área municipal, e os 13% de ocorrência em morros contrasta levemente com a ocorrência de 3,56% desse compartimento em toda área municipal. As serras escarpadas, locais e/ou reafeiçoadas e os morros são definidos respectivamente, segundo Silva e colaboradores (2012) como:

- “feições morfológicas com encostas que apresentam forte declividades com topos bem elevados, e com mudança abrupta entre os compartimentos.” (p. 18)
- “feições morfológicas de transição entre compartimentos de diferentes graus de dissecação, ou apresentando-se isoladas em meio a áreas de relevo mais suaves” (p. 18)
- “feições de topos acentuadamente convexos com encosta íngremes; ocorrem muitas vezes isoladas em meio as planícies fluviais” (p. 18)

Com base nessas definições reitera-se alguns pontos importantes na discussão acerca dos deslizamentos. Em termos geomorfológicos são áreas de alta declividade e/ou relevo íngreme, o que demonstra uma importância desses parâmetros na compreensão dos deslizamentos, por possuir tais características são ainda áreas propensas a ter solos pouco desenvolvidos, como neossolos e cambissolos. E, uma vez ocupadas, essas áreas de serras e morros, seja para à construção de casas ou através de cortes para à construção de rodovias e ruas, podem facilitar a indução de movimentos de massa por efeito da ação antrópica. Entretanto, é importante ressaltar que muitas das moradias, como as situadas na área central do município como, p. ex., no Morro da Carioca, são referentes a uma população que não tem outra opção de habitar áreas mais seguras, como os condomínios a beira-mar, como em Bracuí; uma vez que como discutido o *boom* imobiliário, impulsionado principalmente pelo turismo afetou o acesso a terra, refletindo numa desigualdade espacial e impulsionou a ocupação nas encostas, muita das vezes, ultrapassando a cota de 60m definida pelo plano diretor municipal. Ressalta-se que estas pessoas não são agentes de deslizamentos, muito pelo contrário, são vítimas de um sistema que propicia ocupação em áreas ambientalmente inseguras. É digno ressaltar esse ponto para não cair no senso comum, como afirma Coelho (2005), de responsabilizar e culpabilizar as vítimas desses desastres pelo fato de ali residirem.

Uma outra abordagem de interessante é a correlação entre deslizamentos e mapas pedológicos e/ou mapas geológicos. Entretanto, esses encontram-se disponíveis em escala de resolução espacial muito pequena, no caso os mapas disponibilizados pelo CPRM são na escala de 1:250.000 o que implica numa homogeneização de tipos solos e rochas, ficando difícil de se obter uma correlação mais precisa. Mesmo assim, apresentamos esse mapa a título de ilustração (Figura 59) e podemos observar que há grandes faixas de solos bem homogêneas, com poucas mesclas entre uma e outra. Nesse mapa de baixa resolução espacial é possível identificar que a maior parte dos deslizamentos ocorrem no solo Cxbd6, seguido do LVAd27 e das áreas urbanas. Os primeiros são solos Cambissolos Háplicos Tb Distróficos + Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico, esses como mencionado na página 17 ao abordarmos os solos da área de estudo, são solos pouco profundos, com um horizonte B incipiente, que ocorrem predominantemente em relevos acidentados. Eles tem uma disposição relativamente similar às áreas de serras escarpadas, correspondendo a solos facilmente intemperizáveis, o que pode significar baixa resistência do material, além de uma proximidade maior dos fluxos subterrâneos com a superfície do solo, por estes serem pouco espessos, e que, em ocasiões de chuva, facilitam a definição de planos de descontinuidades para a ocorrência de deslizamentos (SIDLE e OCHAI, 2006). Fernandes e Amaral (1996) corroboram com esta informação quando colocam que solos de relevos acidentados possuem um horizonte B pouco desenvolvido e, portanto, podem identificar áreas de descontinuidades mecânicas e, por sua vez, hidráulicas. Porém, como já mencionado, existe uma limitação pela escala do mapeamento disponível e que não nos permite fazer análises mais profundas sobre os mesmos, apesar de nos dar uma informação importante.



**Figura 59** - Mapa de distribuição dos deslizamentos com tipos de solos.

Uma vez compreendida a espacialidade e a temporalidade dos deslizamentos, outros passos podem ser dados na busca de relacionar todo o arcabouço discutido sobre as precipitações angrenses e os eventos geomorfológicos de MGMs. Assim no próximo capítulo discutir-se-á possíveis relações e correlações entre a precipitação e os movimentos de massa, procurando identificar particularidades espaciais e, também, limiares que ajudem a elaborar um panorama climato-geográfico para o município.

### 5.2.3 – Impactos na circulação

Os impactos dos extremos pluviométricos e mais especificamente dos deslizamentos trazem inúmeros problemas para o sítio urbano e, também, para as áreas rurais. Além das perdas óbvias que vem a nossa mente, quando se fala da ocorrência de deslizamentos, como perdas de vidas e moradias, diversos outros impactos podem ser sentidos e, muita das vezes, atingem muito mais uma camada da população que a outra. Monteiro (1976), ao analisar a relação do clima com a sociedade e a economia, atentou para inúmeros fatores importantes, apontando como o clima tem papel preponderante em inúmeros aspectos econômicos no meio urbano-industrial. O autor afirma que os principais impactos tangem os setores de energia, indústria e transporte, como já mencionado. O impacto do sistema hidrometeorológico, o qual as chuvas estão

associadas no sistema clima-urbano de Monteiro e Mendonça (2003), irão apontar que seu desenvolvimento se dá de forma eventual / episódica e podem causar problemas na integridade urbana, como problemas de comunicação e circulação. Não obstante a isso, é possível observar em inúmeros desastres ambientais, como em deslizamentos grandes proporções e/ou em inundações intensas, que determinados locais de um município atingido ficam isolados, por impossibilidade de acesso das pessoas e das equipes.

Nesse sentido, visando investigar as dificuldades de acesso resultantes da ocorrência de deslizamentos analisaremos as ruas nas quais os mesmos ocorreram. Foram registrados deslizamentos em quase 350 ruas do município, dessas apresentaremos aqui aquelas que tiveram mais de 15 ocorrências, pois consideramos como aquelas ruas que o poder público e a população tem de lidar com mais frequência, e além disso o tamanho dos dados poderia acarretar numa dificuldade de leitura, conforme demonstramos na tabela 34.

**Tabela 34** – Ruas de Angra dos Reis com mais de 15 ocorrências de deslizamentos e quantidade de ruas com menos de 14 ocorrências

Logradouro	Ocorrências
Rua Lincoln Correa da Silva	241
Rua Salomão Reseck	126
Rua Prefeito João G. Galindo	122
Rodovia Governador Mário Covas	89
Estrada Vereador Benedito Adelino	76
Rua Bela Vista	71
Rua dos Cajueiros	43
Morro Santo Antônio	31
Av. Antônio Bertholdo Da Silva Jordão	27
Rua José Cândido de Oliveira	27
Rua A,	27
Rua Isidoro de Castro	22
Rua B	22
Rua Francisco Cesário Alvim	22
Rua São Francisco	21
Rua Sebastião Vieira Botelho	21
Rua Leontino Cecílio de Carvalho	20
Rua Délio Gomes Pereira	20
Estrada de Ferro	20
Estrada Avelino Custódio Correia	20
Rua João Batista	19
Rua São Judas Tadeu	17
Rua Coronel Otávio Brasil	17
Rua Projetada 03	17
Av. Almirante Júlio César de Noronha	15

Ruas com	Nº
14 ocorrências	3
13 ocorrências	6
12 ocorrências	1
11 ocorrências	7
10 ocorrências	3
9 ocorrências	7
8 ocorrências	9
7 ocorrências	9
6 ocorrências	10
5 ocorrências	20
4 ocorrências	19
3 ocorrências	37
2 ocorrências	49
1 ocorrência	140

A grande maioria das ruas apresentadas na tabela 34 encontram-se na área central do município de Angra dos Reis, e as ruas com a maior quantidade de deslizamentos localizam-se, respectivamente, no morro da Carioca e do Carmo e cortam boa parte das áreas mais elevadas desses morros. As ruas desta tabela estão, em geral, localizadas em apenas um bairro; exceção

a essas são a rua Prefeito João G. Galindo e a antiga Estrada Angra-Getulândia (Figura 4), esta que corta 12 bairros angrenses na área central da cidade e margeia os morros do Perez, do Tatu, da Glória II até chegar ao bairro do Encruzo da Enseada e Campo Belo. A Estrada Vereador Benedito Adelino, mais conhecida como estrada do contorno e que margeia oito bairros litorâneos (dentre eles Colégio Naval, Enseada, Bonfim, Praia Grande, Tanguá, Retiro e Vila Velha) está, em muitos trechos, confinada entre a encosta e o mar. Outra avenida que corta vários bairros é a Av. Antônio Bertholdo da Silva Jordão que margeia os bairros litorâneos da Monsuaba, Biscaia, Paraíso e Ponta Leste, e assim como a do contorno em muitos trechos essa avenida é confinada entre a serra e o mar e as ocupações encontram-se voltadas para a escarpa serrana. Por fim, temos a BR-101 (Rodovia Governador Mario Covas) que corta a maior parte dos bairros angrenses e é a principal via de acesso ao município e impulsionadora do turismo local, entretanto possui boa parte em mão dupla. Na figura 60 podemos ver as imagens de satélite retiradas do Google Maps para essas quatro avenidas e rodovias citadas.



**Figura 60** - Avenidas e Rodovias com maior ocorrências de deslizamentos.

Essas rodovias e avenidas que cortam mais de um bairro do município são importantes rotas de circulação de pessoas e mercadorias, sendo elo de ligação entre os bairros para além da BR-101. Além disso, alguns bairros só podem ser acessados via algumas dessas avenidas como a estrada Vereador Benedito Avelino e a Av. Antônio Bertholdo, que são a única via de acesso a bairros como, por exemplo: Tanguá, Retiro e Praia Grande na primeira e Paraíso e Ponta Leste e inclusive ao TEBIG, terminal da Petrobrás, na segunda. Desta forma,

deslizamentos que fecham essas vias importantes constituem-se em problemas consideráveis para as populações que vivem nesses bairros e as atividades econômicas ali presentes. Problemas de deslizamentos na BR-101 são constantes em Angra dos Reis, Paraty e Mangaratiba e diversas reportagens apontam esses problemas na Costa Verde. Em Angra dos Reis, Portogalo aparece como trecho da BR com inúmeros casos de deslizamentos. Ao analisarmos as notícias de jornais e os dados da defesa civil tem-se que na BR-101 os bairros mais afetados são Itanema, Sapinhatuba I e Água Santa.

O destaque que demos a essas ruas em específico e que podemos elencar algumas outras como a Av. Beira Mar em Ilha Grande, Estrada das Marinas, a Rodovia Saturnino Braga são outras importantes vias que interligam mais de um bairro e que também sofrem com casos de deslizamentos que podem afetar a circulação local. Não que os impactos em outras ruas como a Salomão Reseck e a Licoln de Oliveira, sejam de menor importância, pois não o são, mas seus impactos, no que confere a circulação, em teoria tendem a ser mais concentrados e localizados em seus bairros.

A preocupação com os deslizamentos em Angra principalmente nas BR e na Saturnino Braga, rodovia que liga Angra a Rio Claro e ao vale do paraíba logo outra via de acesso e evacuação municipal é visto com frequência na em reportagens quando da grande ocorrência de deslizamentos (Figura 61 A a D). Outras inúmeras reportagens atentam para a dificuldade de manutenção da estrada com gastos consideráveis por parte do governo federal que a administra. Criticando em muitas ocasiões a falta de manutenção dessas vias por parte dos governantes e alertando para os riscos existentes.

# Chuva fecha rota de escape de Angra

A

Trecho da Rio-Santos desabou após temporal; pista tem ainda rachaduras

Dicler de Mello e Souza, Duílio Victor e Paulo Roberto Araújo

• As chuvas que caíram desde a noite de anteontem em Angra dos Reis puseram em cheque a segurança das usinas nucleares instaladas no município. Metade da pista da Rodovia Rio-Santos, no sentido Rio, desabou na manhã de ontem, na altura do quilômetro 521, perto de Praia Brava. A outra parte da pista, no sentido Paraty, está com trincas e com risco iminente de desabamento. Os carros circulam pelo trecho em sistema de pare e siga. A Rio-Santos é uma via de escape em caso de acidente na usina nuclear.

Integrante da Comissão de Minas e Energia da Câmara dos Deputados, Fernando Jordão (PMDB-RJ) disse ontem que vai pedir a revisão do Plano de Emergência Nuclear das usinas por causa dos problemas na Rio-Santos.

Segundo o superintendente do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (Dnit) no Rio, Marcelo Cotrim, há 12 obras de contenção no trecho fluminense da rodovia e outros 30 em de projeto. Ele informou ainda que o trecho ale-



O TRECHO DA Rio-Santos destruído por um deslizamento de terra

tado passa por estudo para ser refeito com bases de concreto.

Também na manhã de ontem, uma queda de barreira interrompeu o tráfego nos dois sentidos da Rodovia Rio-Santos, na altura do quilômetro 440, em Mangaratiba, segundo a Polícia Rodoviária Federal. Mais cedo, uma queda de árvore bloqueou o trânsito no quilômetro 431 da mesma via. Nos dois casos, os obstáculos foram removidos.

O temporal provocou estragos em alguns bairros de An-

gra dos Reis. Houve deslizamentos no Prade, e uma pedra caiu de um barranco na localidade de Boa Vista. Houve alagamentos no Braculy e Gamboa, mas não existem ocorrências de vítimas.

Desta vez, a Região Serrana foi poupada de grandes estragos. Segundo a Defesa Civil, não houve ocorrências em Teresópolis nem em Nova Friburgo. Em Petrópolis, o Rio Quitandinha transbordou e houve ainda um deslizamento de terra sem vítimas na região de Taquaral. ■

## Lagoa amanhece suja de lama

• O temporal que caiu sobre o Rio também deixou uma mancha num dos cartões-postais da cidade: a Lagoa Rodrigo de Freitas amanheceu suja de lama, ontem, deixando o espelho d'água com uma cor escura, amarronzada.

Segundo o biólogo Mário Moscatelli, após uma chuva torrencial é comum que sedimentos sejam transportados pela bacia hidrográfica para dentro da lagoa:

— A maior contribuição de sedimentos vem do Rio dos Macacos, ao lado do Jardim Botânico. Esse é um processo natural, que pode ser agravado pelas ocupações desordenadas, como ocorre na bacia do Rio Rainha, na Rocinha — disse o especialista.

B

# Angra quer usina reativada só após reforma de estradas

Rodovias são rota de fuga em caso de um acidente nuclear

• O prefeito de Angra dos Reis, Luiz Sérgio Nóbrega (PT), quer que a usina nuclear Angra I, que será desligada sábado, só seja reativada depois da total recuperação das Rodovias Rio-Santos e Saturnino Braga (RJ-155), atingidas pelas chuvas de 13 de fevereiro. A proposta será feita num relatório sobre a insegurança na região devido às más condições das estradas, que será entregue depois de amanhã ao vice-governador Luiz Paulo Corrêa da Rocha, durante visita dele ao município.

As duas estradas fazem parte do plano de evacuação dos moradores no caso de um acidente nuclear.

O plano de evacuação só existe no papel, segundo Nóbrega, que na semana do carnaval chegou a pedir que Angra I fosse desligada. Os maiores deslizamentos causados pelas chuvas do dia 13 de fevereiro na Rio-Santos ocorreram numa área de três a cinco quilômetros de distância da usina. A Saturnino Braga também ficou interditada, enquanto a ferrovia An-

gra-Barra Mansa só foi reaberta 12 dias depois.

Ontem começou o resfriamento de Angra I, que reduziu para 32% sua produção de energia elétrica, para que seja trocada a carga de urânio da usina. O superintendente da usina, Luiz Henrique Moraes, disse que a troca está prevista há um ano e meio e que a paralisação levará dois meses, para que também sejam feitas reformas na unidade. Angra I contribui com 12% da energia elétrica consumida no estado. ■



# Interdições parciais em 5 pontos da Rio-Santos dobram tempo de viagem

Estradas para Teresópolis e Petrópolis também têm pontos em meia pista

Dicler de Mello e Souza

• ANGRA DOS REIS. O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte (Dnit) interditou por cerca de dez minutos, ontem de manhã, a Rodovia Rio-Santos na altura do Km 460, em Angra, para retirar blocos de rocha que ameaçavam cair na pista. O congestionamento no local chegou a dois quilômetros, nos dois sentidos da pista. Segundo o engenheiro Arysson Silva, outros pontos atingidos por queda de barreira ou onde há risco de deslizamentos de terra ou pedra estão funcionando no sistema pare e siga. Esses

pontos estão entre Mangaratiba e Paraty, nos Kms 243, 257, 286, 439 e 460. Por causa das retenções neste trecho de 120km, o percurso de carro, que poderia ser feito em uma hora, está levando o dobro.

O motorista Clézio de Azevedo, de 56 anos, foi um dos que reclamaram desse atraso, provocado pelas interdições. Segundo ele, além do tempo que perde por causa dos obstáculos, há vários locais com rochas enormes que ameaçam cair das encostas.

— Por onde a gente passa tem algum deslizamento. Esta rodovia está uma verdadeira bomba-relógio — protestou.

Na semana passada, o Dnit explodiu uma pedra de aproximadamente 80 toneladas, que impedia o tráfego na altura do condomínio Portogalo. Também foi explodida uma outra pedra, com cerca de 30 toneladas, na altura de Garatucala. Estes dois trechos continuam em meia pista.

— As áreas atingidas continuam sendo analisadas. Nossa intenção é liberar esses pontos o quanto antes — disse o engenheiro Arysson.

A Rodovia Rio-Teresópolis também está em meia pista nos Kms 91 e 104, na serra, devido a obras. Na Rio-Petrópolis, o tráfego está em meia pista

na nos Kms 78 (sentido Rio) e 94 (sentido Juiz de Fora). Motoristas que deixaram o Rio ontem em direção a Niterói enfrentaram trânsito lento em quase toda a extensão da Ponte, Para a Região dos Lagos, o trânsito era livre.

## Mais reboques nos túneis da cidade

A partir de hoje, a CET-Rio, em parceria com uma seguradora, porá mais seis reboques para casos de acidente ou enguço nos túneis Zuzu Angel, Rebouças e Santa Bárbara e no Mergulhão da Praça Quinze. Com esses, a CET-Rio passa a contar com 17 reboques. ■

## Perigo numa encosta pode fechar a Rio-Santos

Deslizamentos já interditaram uma pista, na altura de Angra, em trecho onde não é possível fazer variante

Paulo Roberto Araújo

• Na véspera do verão, a Costa Verde Itumirense, um dos principais destinos turísticos do Rio, pode ficar isolada com uma nova interdição da BR-101 (Rio-Santos), na altura do quilômetro 69, em Angra dos Reis. A encosta começou a deslizar há dez dias, blocos de pedra já interditaram uma pista e há risco iminente do deslizamento de um grande volume de terra e pedras sobre a rodovia na altura do bairro Caeté, entre os condomínios Garatucala e Portogalo. O problema ocorre numa curva e num trecho onde não há condição técnica de se fazer variantes para desviar o tráfego em caso de bloqueio total da pista.

A pressão da encosta sobre a rodovia é tão grande que levantou o asfalto junto ao pequeno acostamento da rodovia. Ape-

sar da gravidade do problema, ainda não foi iniciada nenhuma obra de emergência e o local está sinalizado apenas com duas placas. Não há sinalização noturna, o que deixa o trânsito perigoso na curva. Ontem, apenas três funcionários do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (Dnit) estavam no local, mas não chegou nenhum equipamento para iniciar a contenção da encosta.

— A situação é muito grave porque a terra está em movimento, formando um "U" invertido na encosta. Uma chuva de dois dias poderá provocar o deslizamento de toda a encosta com consequências imprevisíveis — alertou o engenheiro aposentado do Departamento de Estradas de Rodagem (DER) Paulo Araújo, que mora em Garatucala.

Segundo o engenheiro, a fenda no alto da encosta está

aumentando a cada dia. Ele sugere que, como medida de emergência, a fenda seja coberta com plástico para evitar infiltração em caso de chuva. — A fenda está com mais de três metros de largura, além de grandes rachaduras ao longo do morro. Há o risco de uma avalanche.

## Dnit pretende iniciar obras depois de amanhã

O presidente da Fundação de Turismo de Angra dos Reis, Manoel Francisco de Oliveira, pediu providências urgentes ao Dnit para fazer a contenção da encosta. O Dnit informou que está decretando a emergência na contenção da encosta da Rio-Santos para dar início às obras depois de amanhã. Ainda na sexta-feira, segundo garante o Dnit, serão retiradas as pedras que estão obstruindo a pista de subida da rodovia. ■



Figura 61 - Reportagens sobre deslizamentos em Angra dos Reis na BR-101. A - Reportagem do dia 27/04/2011; B - Reportagem do dia 13/03/1996; C - Reportagem do dia 21/04/2010; D - Reportagem do dia 19/12/2007. Fonte de todas as reportagens: Acervo O Globo.

Os presentes resultados tratam-se de conclusões preliminares acerca de investigação dos impactos da circulação, análises mais profundas procurando relacionar a compreensão desses impactos por parte dos usuários e do poder público nos molde no qual Peeling (2011) aborda no que tange as noções de resiliência, adaptação e transformação ligadas as mudanças climáticas, indicando a importância da compreensão dos diferentes pontos de vistas dos atores envolvidos e dos possíveis impactados. Ressalta também que é importante compreender o contextualização social e a organização dos indivíduos e a forma como o sistema político é pensado, tais abordagens podem deste modo ser foco de uma análise importante futura. No que

tange aos impactos, o autor pontua que as “assimetrias de poder determinam quem, onde e quando os impactos das mudanças climáticas serão sentidos” (p. 26). Sendo importante reconhecer que “a vulnerabilidade e a adaptação interagem e se influenciam mutuamente ao longo do tempo, moldadas por fluxos de poder, informação e ativos entre os atores”<sup>16</sup> (PELLING, 2011, p. 42). O autor aponta para os problemas urbanos e destaca quais atores deveriam estar interessados em promover a redução da vulnerabilidade, exemplificando esses como, órgãos ligados a saúde, saneamento e infraestrutura, e a economia local. Onde os transportes se apoiariam nessa categoria de infraestrutura.

### **5.3 – Busca por Limiares – Uma correlação entre precipitação e deslizamentos**

A busca por limiares é, sem dúvida, de grande interesse por parte das autoridades e da população em geral. Poder prever, com base na precipitação, limites de chuvas críticos para a deflagração de deslizamentos constitui-se num importante parâmetro para o planejamento ambiental. Entretanto, a previsão dos mesmos é um caminho de difícil identificação pois, assim como já fora discutido, há inúmeros fatores geológicos, pedológicos, hidrológicos e, porque não, políticos e econômicos importantes na ocorrência de MGMs. A água da chuva torna-se mais um desses componentes e é a qual buscaremos agora identificar correlações: **espaciais**, ao compararmos os dados de deslizamentos com o mapa de isoietas, uma comparação dinâmica do clima; **correlações absolutas**, ao tentarmos identificar um limiar favorável a compreensão dos deslizamentos; um exemplo de **correlação com as noções de ritmo** dentro da climatologia geográfica, ao compararmos os deslizamentos com anos e meses padrões e com o índice de concentração (CI) e, por fim, uma **correlação com bases genéticas** das precipitações.

#### **5.3.1 – Da busca por uma compreensão espacial – Espacialidade da precipitação e dos deslizamentos**

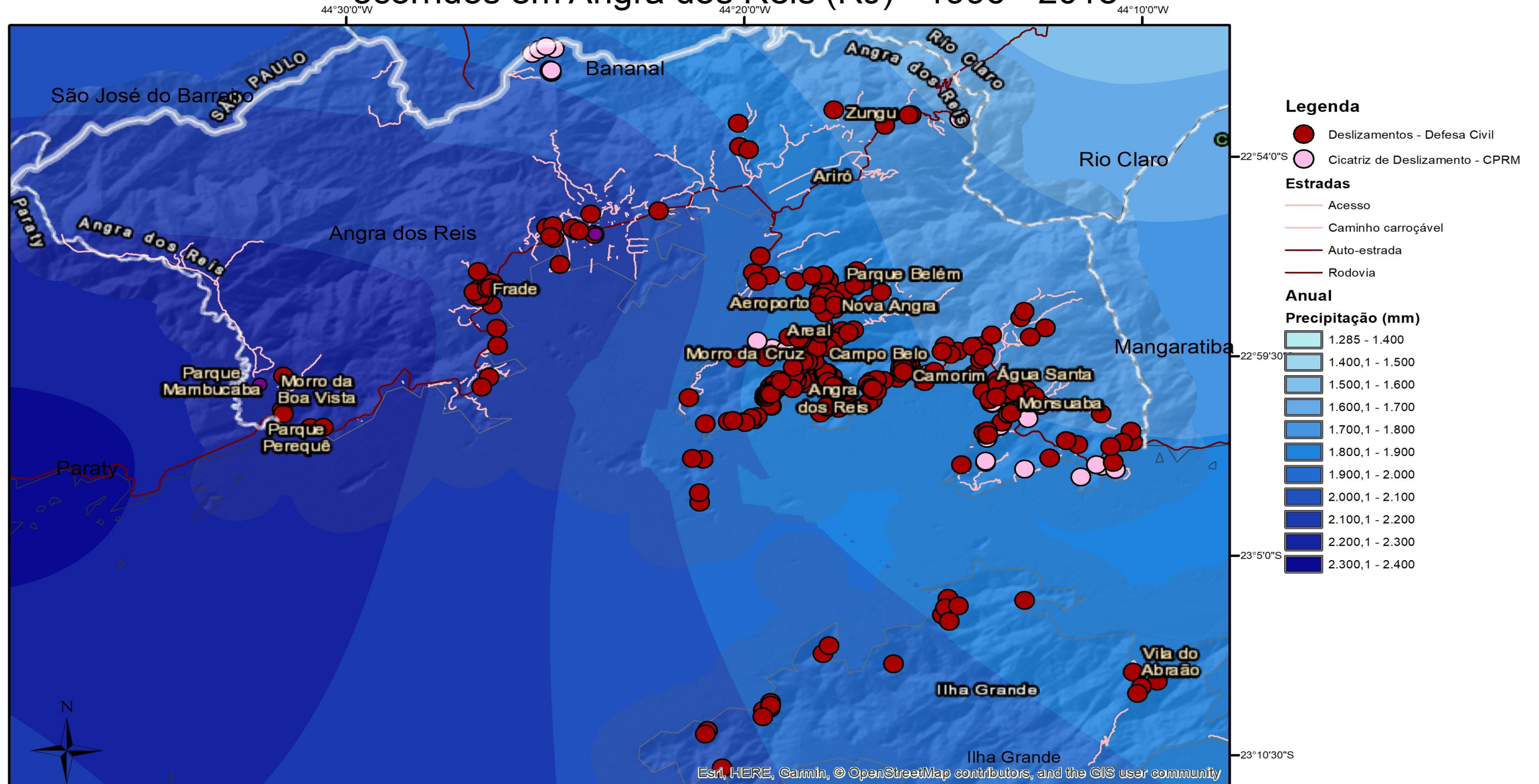
Visando trazer a discussão da correlação em uma abordagem espacial, alinhamos os dados de deslizamentos junto da distribuição da precipitação via isoietas. Embora os dados da krigagem apresentem um número de ruídos um pouco maior do que o método IDW, esse método adequa-se melhor à interpolação da precipitação as conformações do relevo, o que também já fora mencionado como tendo papel importante quando da discussão dos deslizamentos. Assim, opta-se por espacializar os dados de deslizamentos junto da interpolação da krigagem.

---

<sup>16</sup> Tradução nossa para: “*important is the recognition that vulnerability and adaptation interact and influence each other over time, shaped by flows of power, information and assets between actors.*”

Dessa forma, obtemos a figura 62 e ao analisarmos a mesma é possível observar que as áreas de maior concentração de precipitação média anual, não batem com o maior número de ocorrências de deslizamentos. A área de maior precipitação que vai de 2219 à 2382 mm engloba Mambucaba e Perequê e, nessas áreas, por outro lado, encontram-se as menores ocorrências de deslizamentos, porém é o local onde é possível observar casos de inundações com uma certa frequência. E, conforme ressalta Freitas (2018), corresponde a uma setor da Angra dos Reis que possui alta ocupação, no entanto grande maioria não estão em áreas de encostas, mas sim em planícies flúvio-marinhas da bacia do rio Mambucaba; com exceção da área do morro da Boa Vista. Entretanto, o maior número de deslizamentos registrados se dá na área do parque Mambucaba, mais próximo ao sopé da Serra da Bocaina. A segunda área de maior precipitação, que vai da Praia Brava, bairro vizinho a Usina Nuclear, até Santa Rita do Bracuí – com precipitações entre 2102 e 2219 mm – há um pouco mais de pontos de deslizamentos registrados, incluindo os bairros do Frade, que corresponde ao terceiro bairro em número total com 91 ocorrências, e Santa Rita do Bracuí com 40 casos de MGMs.

# Média da Precipitação Anual pelo Método Krigging e deslizamentos ocorridos em Angra dos Reis (RJ) - 1996 - 2018



Sistemas de Coordenadas Geográficas  
 Projeção: Equirteangular cilíndrica normal  
 Datum: WGS 1984

Fonte dos dados: Defesa Civil de Angra dos Reis, Jornal O Globo, ANA, IBGE, CPRM, MMA  
 Autor: Vinicius C. de Mattos



Figura 62 - Mapa da Precipitação média Anual com localização das ocorrências de deslizamentos em Angra dos Reis/RJ (1996-2018).

Os bairros centrais dividem-se entre as classes de precipitação que vão de 1749 a 1853 mm e de 1853 a 1973 mm anuais totais. Essa segunda classe engloba, inclusive, uma quantidade significativa de deslizamentos na área central de Angra dos Reis e também na Ilha Grande, porém a grande maioria dos deslizamentos aqui registrados ocorreram na primeira classe de precipitação citada neste parágrafo e inclui, além dos bairros do centro, Parque Belém, Sapinhatuba I Camorim, Marinas, Monsuaba e Areal. No que tange a uma análise mensal da precipitação nos demais meses do ano, o comportamento outrora explicado não mostra uma relação direta, uma vez que a área central do município apresenta em todos os meses do ano menores valores de precipitação mensal. Em alguns meses (abril e maio) aproxima-se do núcleo de maior precipitação em Bracuí (Figura 40), onde os deslizamentos acabam aí sim englobados na classe mais elevada de precipitação, entretanto como vimos nesses meses (Figura 52) os números de deslizamentos, embora existentes, são menores que nos demais meses do ano. Assim, ao comparamos as estações Bracuí, Mambucaba e Perequê, é possível observar que Bracuí é aquela onde há mais registros de deslizamentos em seu entorno. Entretanto, pelo fato da maior concentração espacial de deslizamentos se dá em áreas de menor precipitação, seja anual ou mensal, indica dois pontos importantes, que valores diários em geral são mais relevantes para análise dos deslizamentos do que a média do acumulado mensal e anual e segundo, e mais importante, nessa análise espacial, os deslizamentos não aparentam ser justificados apenas pela precipitação, outros fatores geográficos podem ter um peso talvez ainda mais importante, como tipo de solos, relevo e ocupação do solo, pelo menos para justificar a ocorrência desses deslizamentos na área central do município.

Por exemplo, comparando a área do Frade e Santa Rita do Bracuí com a dos bairros centrais, o tipo de solo é diferente. Nos primeiros, há predominância de latossolos vermelho-amarilos, solos que, segundo Lepsch (2011), são mais profundos, com alta porosidade e consistência friável, com variações de textura média a argilosa, enquanto no segundo há predomínio de cambissolos. Em relação a ocupação nesses bairros (Figura 11) existe um predomínio de usos bem diferentes. Enquanto nos primeiros observa-se áreas dedicadas a agricultura, pasto, formações florestais e vegetações secundárias, com pouca taxa de ocupação para áreas urbanas, nos segundos há um predomínio de áreas urbanas, com ocorrência menor de formações herbáceas e formações florestais, essas pouco mais restritas aos bairros de Praia Grande, Tanguá, Vila Velha, Ponta da Ribeira, Bonfim e colégio Naval (que são próximos ao centro, porém não são considerados como aqueles que chamamos aqui de centrais, até por terem outra vocação econômica, em alguns desses bairros, por exemplo, encontramos grandes *resorts*). Entre esses, os únicos bairros de maior ocorrência de deslizamentos é o Bonfim e Vila

Velha com 30 e 24 casos, respectivamente; porém ainda abaixo dos valores dos bairros do centro Angrense. Nos demais bairros não se chega a ordem das dezenas o número de deslizamentos. Tais fatores certamente influenciam a ocorrência dos deslizamentos e o porquê da chuva ser talvez mais importante para explicar os deslizamentos ocorridos nos primeiros bairros citados do que nos segundos.

### **5.3.2 – Sua relação “absoluta”, quais os limiares fundamentais?**

A busca por limiares constituiu-se na etapa mais trabalhosa da presente dissertação, por envolver inúmeros dados de diferentes naturezas e de três estações que precisavam ser testados e explicitados. Tatizana *et al.* (1987), Soares (2006), Ide (2005), Castro (2006) e Oliveira (2014) evidenciam que nesta etapa de pesquisa inúmeros testes são necessários de serem realizados para se chegar a gráficos que retratem a possível correlação MGMs e precipitação. Para isso, as etapas aqui realizadas foram as mesmas apresentadas no capítulo 4.3, e de maneira bastante resumida consiste em plotar os dias de chuva que ocorreram deslizamentos e os dias de chuva que não ocorreram, considerando ainda seu acumulado. Optamos por fazermos os testes assim como Ide (2005) para o acumulado de 24h, 1 dia de acumulado, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25 e 40. Castro (2006) evidencia uma divisão de procedimentos em duas etapas aqui também realizadas, na primeira etapa

“foram verificados os dias de chuvas antecedentes ao acidente que têm influência direta sobre ele. Isto possibilita a verificação da quantidade de chuva acumulada necessária para saturar o solo, de modo que ele se torne instável e venha a romper, provocando os escorregamentos. A partir desta análise foi possível determinar o limite pluviométrico para o desencadeamento dos escorregamentos” (CASTRO, 2006, p. 79).

A segunda etapa versa sobre a tentativa de busca por uma “relação matemática entre os escorregamentos e a chuva acumulada nos dias anteriores, que determinou uma equação que correlaciona as duas variáveis” (CASTRO, 2006, p. 79).

Soares (2006) e Oliveira (2014) afirmaram que o estabelecimento de critérios para avaliação dessa correlação, onde a chuva acumulada teria que satisfazer critérios mínimos para que essa precipitação esteja associada ao deslizamento. Assim, ambos autores utilizaram os critérios presentes na tabela 8, tendo como base o trabalho de Tatizana *et al.* (1987) para a serra do mar em Cubatão. Ide (2005) não utilizou um critério definido, lançando todos os dados de chuva. Castro (2006) estabeleceu limites de 3 mm. E, desta forma, nossa tentativa foi de igualar a proposta de Ide (2005), para a representação e compreensão da primeira etapa exposta por Castro (2006), porém para a segunda etapa não foi possível realizar os cálculos matemáticos

sem o estabelecimento de critérios. E, assim, para a segunda etapa foram aplicados os critérios A, B, C e T descritos por Soares (2006) e Oliveira (2014) e expostos na tabela 8, e somou-se a isso o critério D, exposto na tabela 35, estabelecido por nós, onde levou-se em conta o percentil 90 para o acumulado (1-10 e 15, 20, 25, 30) supracitados para cada estação para depois ser feita uma média para o município. O critério D levou em conta os seguintes valores de corte.

**Tabela 35** - Valores percentil 90 para acumulado de até 7 dias de cada estação e média municipal (Critério D).

	1 Dia	2 Dias	3 Dias	4 Dias	5 Dias	6 Dias	7 Dias
Perequê	36	55	69	81	94	107	119
Mambucaba	34	49	64	78	89	101	112
Bracuí	40	57	70	82	93	105	115
Média Angrense – Critério D	37	54	68	80	92	104	115

Optamos por expor aqui os dados para a estação Bracuí, pois esta, como foi visto anteriormente, é aquela estação onde a relação espacial é mais clara que as demais. Além disso, outro critério que nos levou a esta escolha é o fato da mesma apresentar melhores valores de correlação, o  $r^2$  da linha de tendência. Essa escolha também se deu por motivos mais práticos, uma vez que a quantidade de dados representados seriam muito grandes para expormos neste documento todas as três estações.

### 5.3.2.1 – Análise do número de dias acumulados mais efetiva para o processo avaliado

A primeira etapa desse procedimento demonstra uma evolução temporal da precipitação diária e do acumulado em N dias. Consiste em plotar os valores que representam a ocorrência de chuvas, pontos azuis, e os que representam a ocorrência de chuvas que causaram deslizamentos, pontos vermelhos. Desta forma, quatorze gráficos puderam ser gerados. Nessa etapa, utilizamos o critério de Ide (2005) ao considerar todos os dados de deslizamento no período de 1996-2018, não havendo escolha critérios como Tatizana e colaboradores (1987) definiram de acumulado 100 mm em 24h, 150 mm em 48h e 200 mm em 72h. É interessante notar o comportamento sazonal dessa precipitação, mais perceptível a partir do gráfico de 3 dias, que mostra justamente as maiores precipitações em dado período do ano e os quais os deslizamentos acompanham.

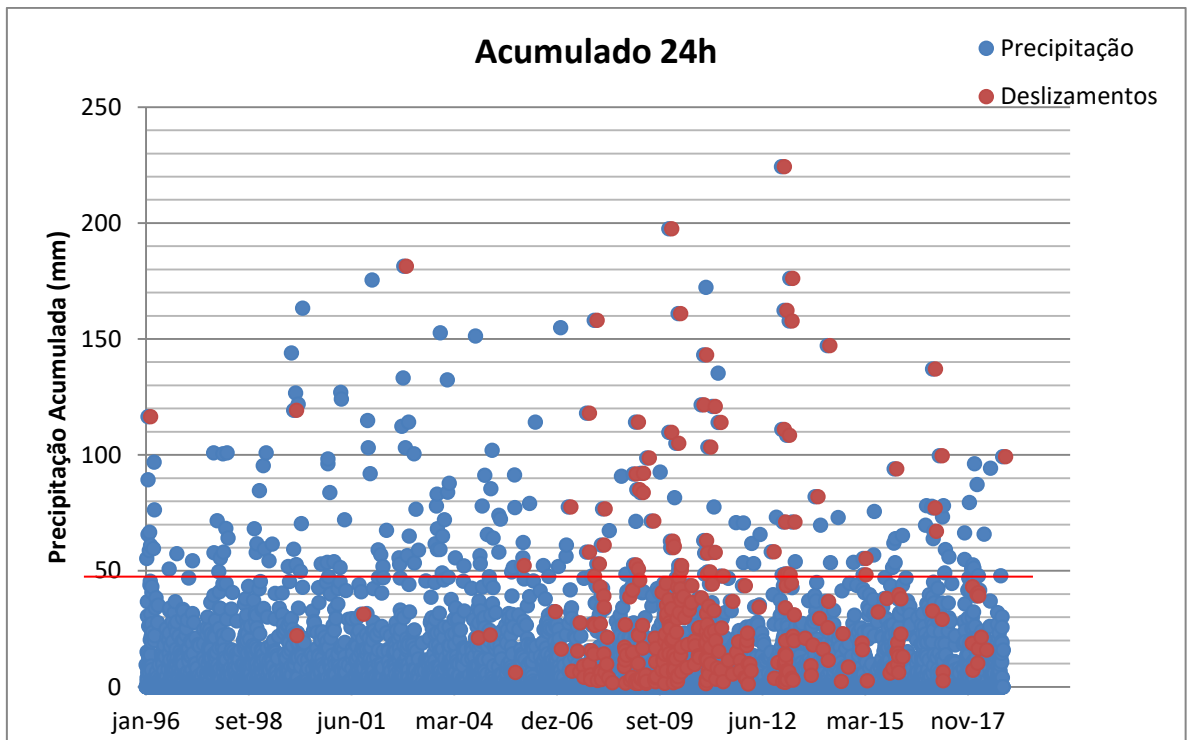
Tomando a estação Bracuí, foram observados 311 datas<sup>17</sup> relacionando MGMs com precipitação, e a partir desses dados gerou-se os gráficos de A a O apresentados na figura 63.

---

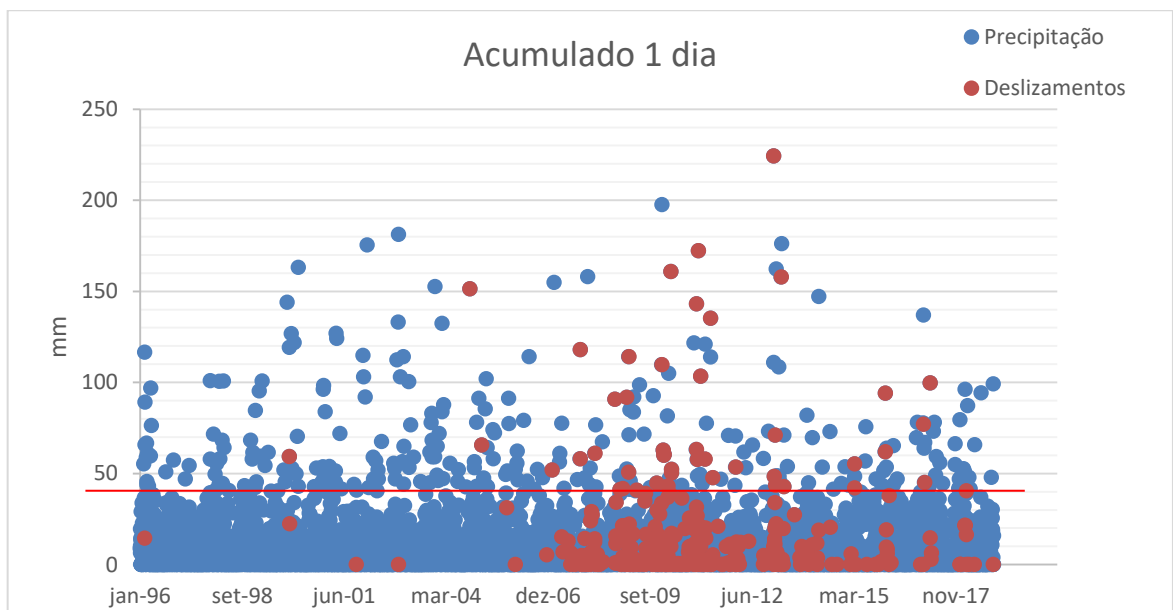
<sup>17</sup> Aqui cabe um parêntese: após passar por todos os procedimentos citados no item 4.2 de filtragem restaram 310 datas para a estação Bracuí, 345 para Perequê e 323 datas para Mambucaba. No total, juntando todos esses dados deram 442 datas como já mencionadas, essa diferença do total e de cada estação se deu porque em alguns casos de deslizamentos houve precipitação em uma estação, em duas ou nas três. Por exemplo, no dia 12/11/2007 houve registro de deslizamento, mas nesse dia a precipitação ocorreu apenas nas estações Mambucaba e Perequê, 40,4 mm e 30,4 mm, respectivamente, não ocorrendo precipitação no Bracuí. Nesse dia, ocorreu 1 relação de deslizamento para Perequê e Mambucaba e nenhuma em Bracuí, e 1 relação no total. O porque disso se deu por buscarmos ao máximo traçar correlações entre deslizamentos e a ocorrência de chuvas, assim tomamos no mínimo uma estação como significativa para o deslizamento, assim se em duas estações foi registrado 0 mm, mas em uma, pelo menos, foi registrado 50 mm, e esse valou entrou em nossos cálculos. Só foram removidos na filtragem os dados que indicavam 0 mm para as três estações.



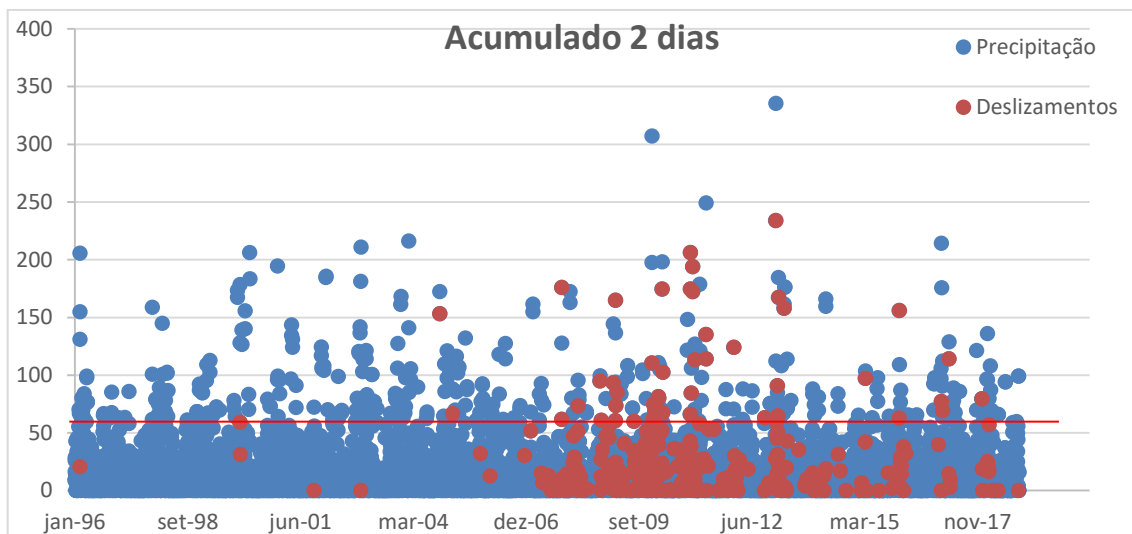
A



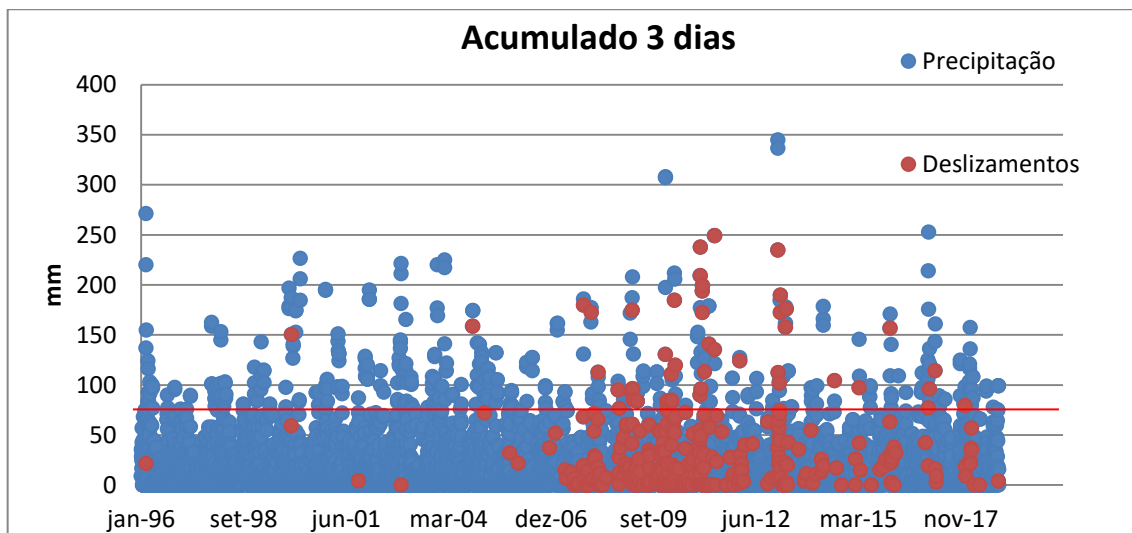
B



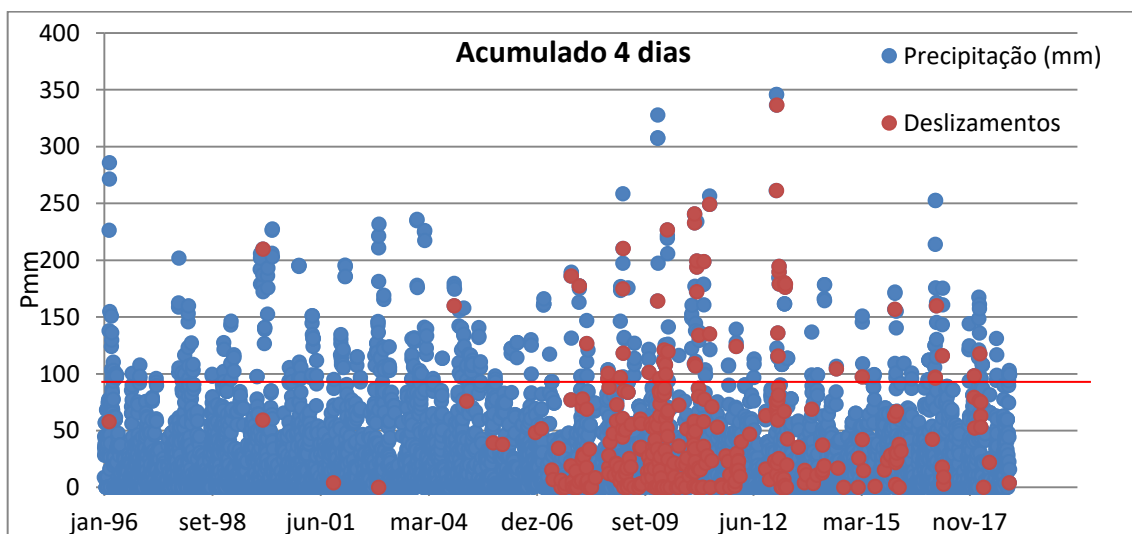
C



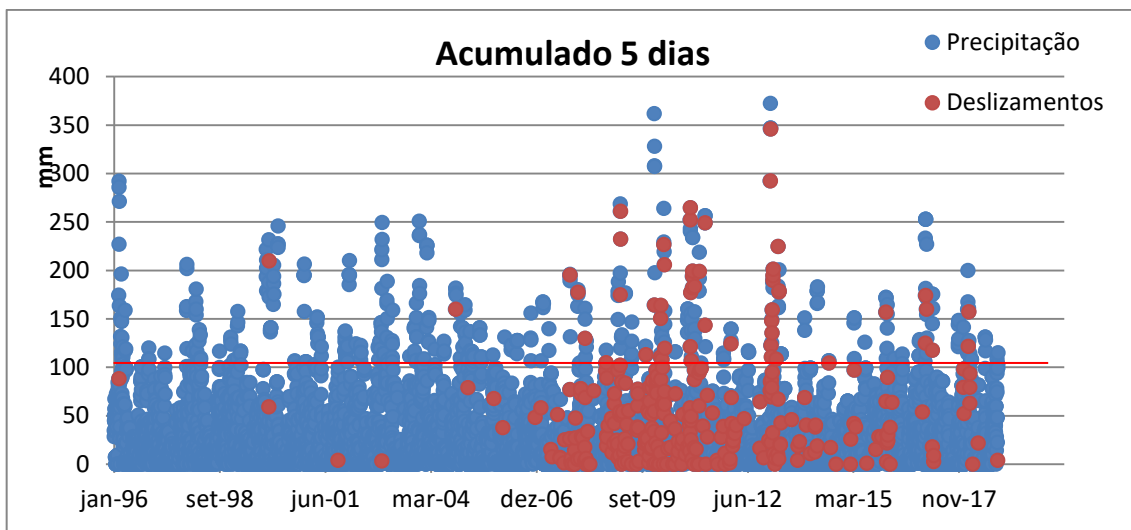
D



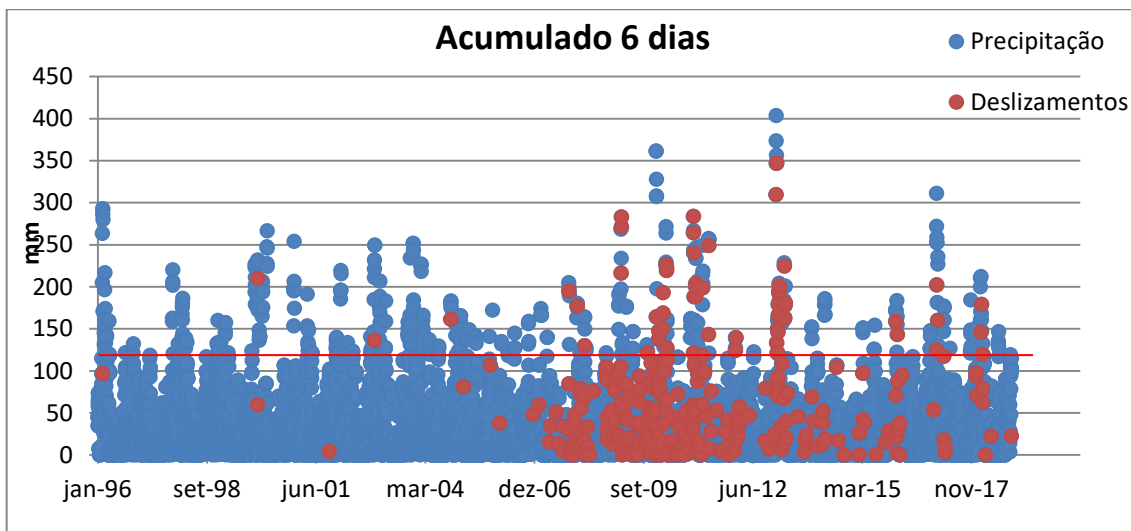
E



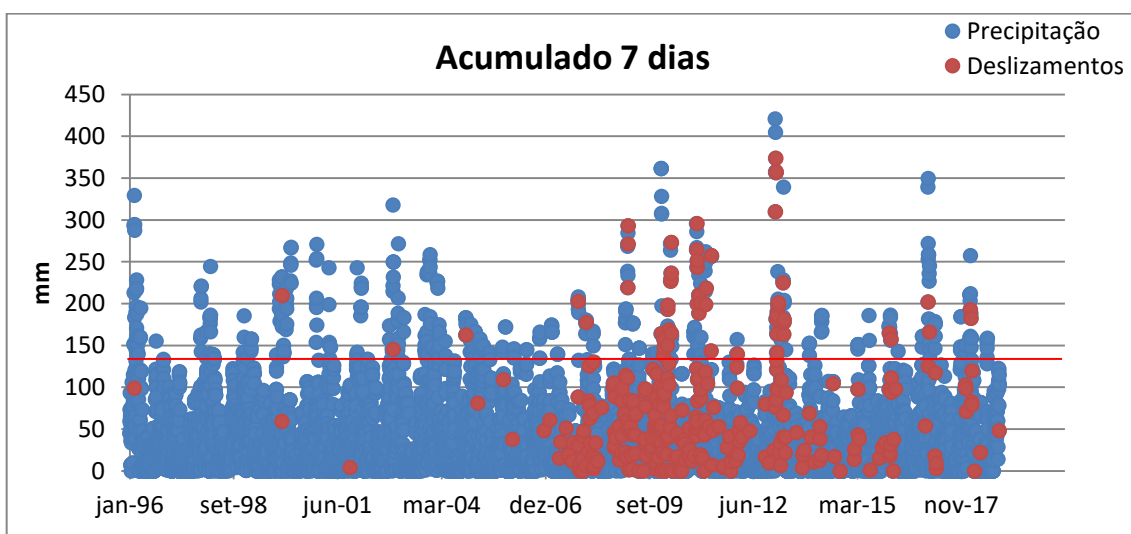
F



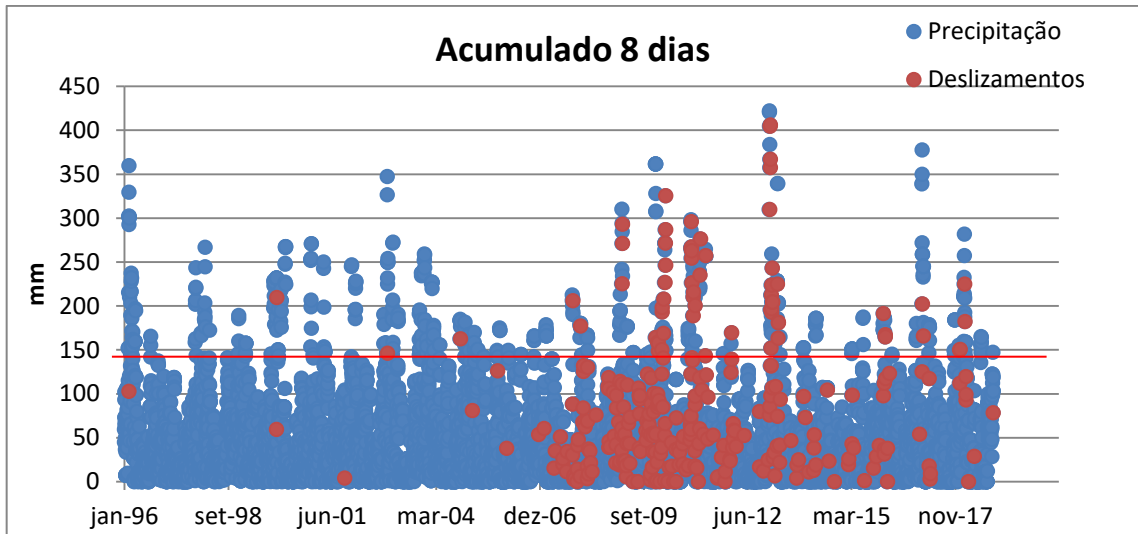
G



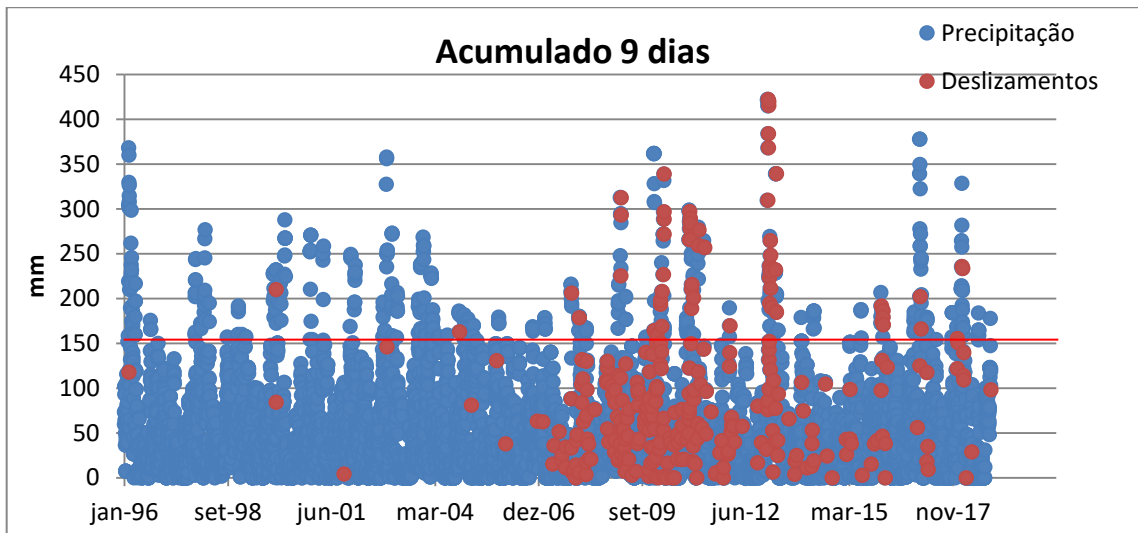
H



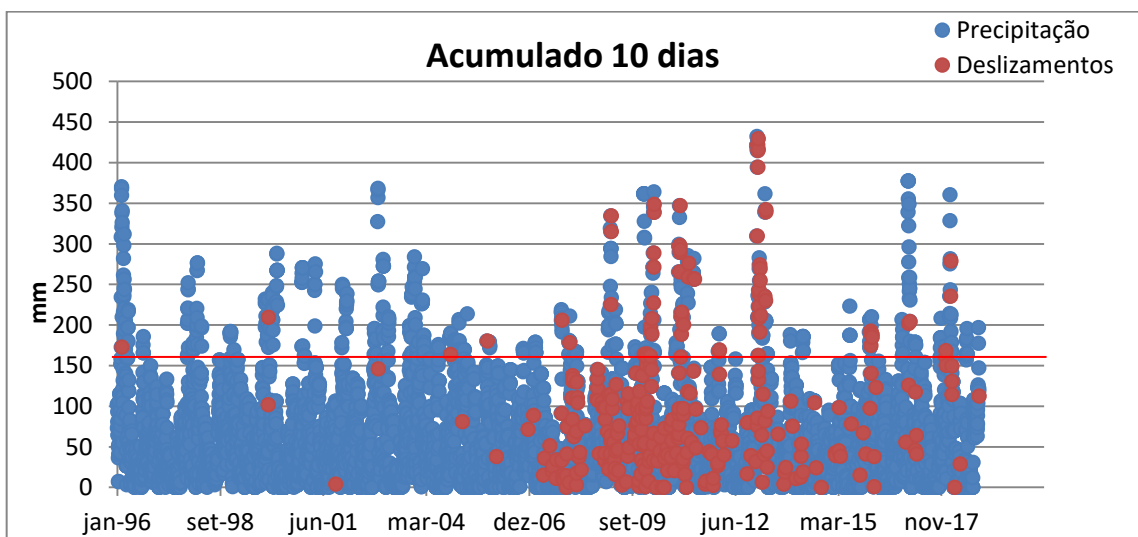
I



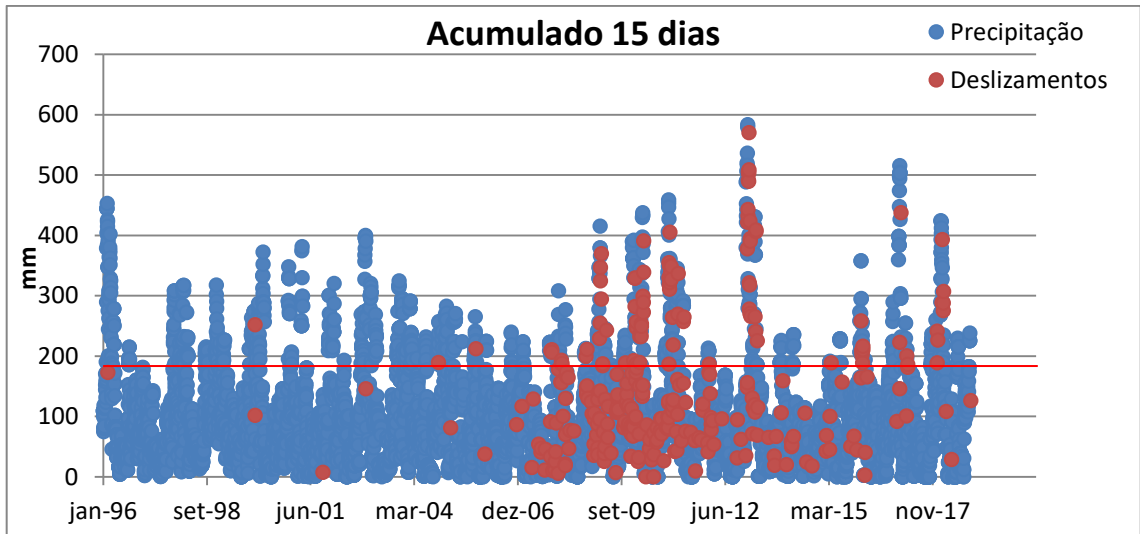
J



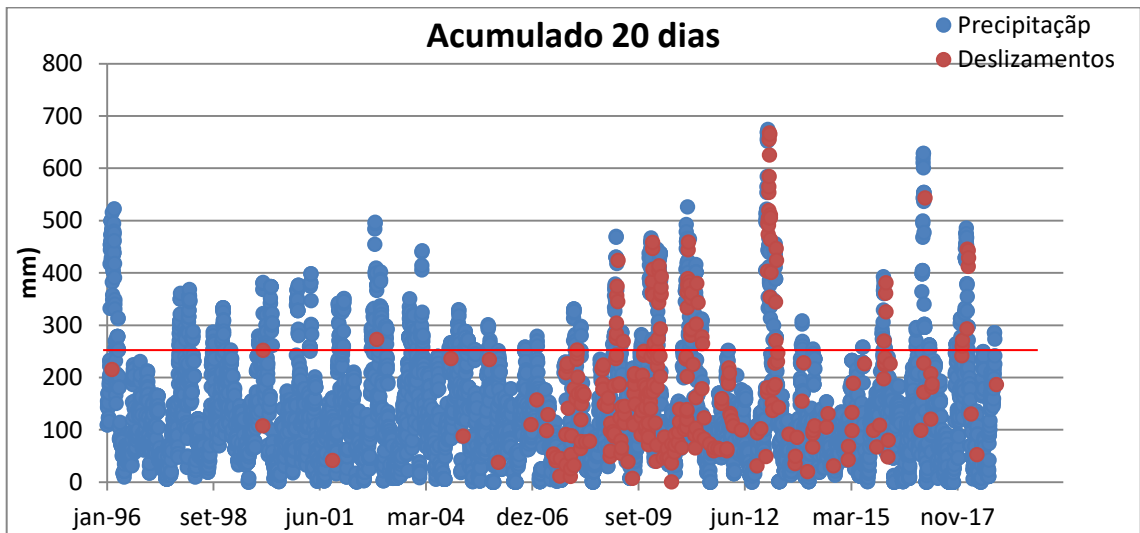
K



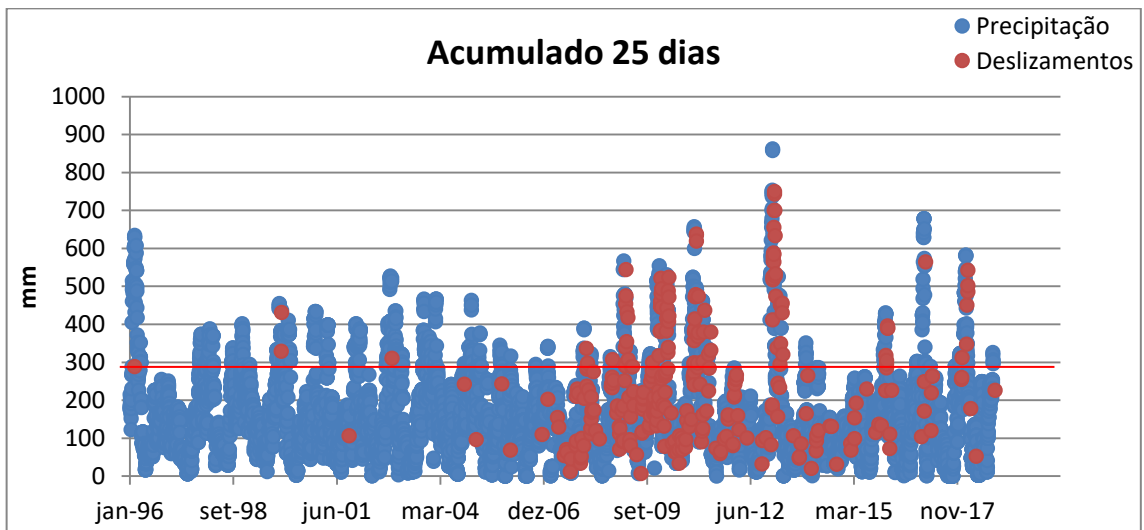
L



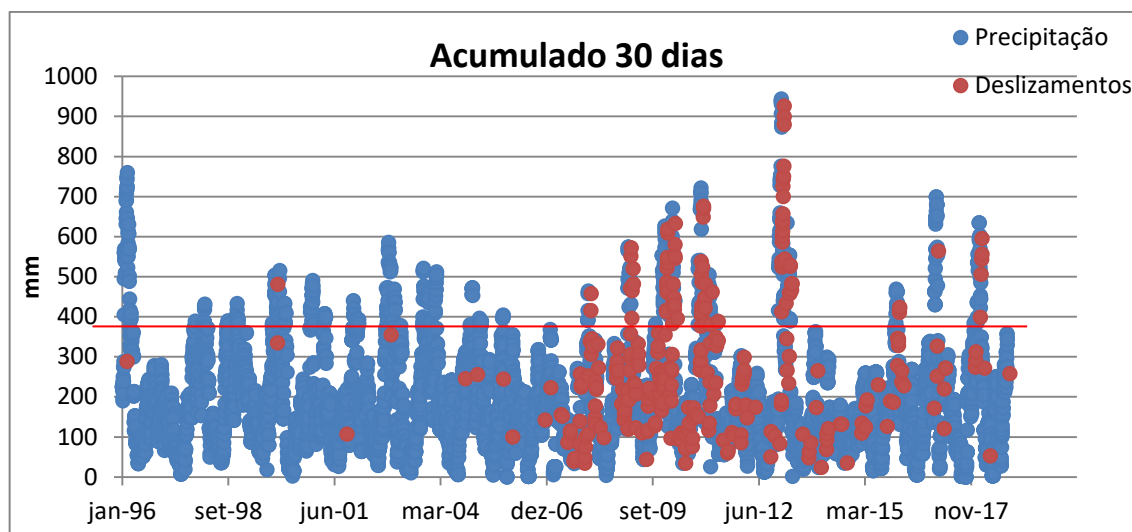
M



N



O



**Figura 63** – Gráficos de A-O representando respectivamente a relação Deslizamentos x Precipitação para acumulado de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25 e 30 dias.

As linhas vermelhas nos gráficos representa uma linha de separação, e que corresponde nos moldes definidos por Oliveira (2014) um limiar mínimo para cada um desses valores acumulados, onde há uma separação dos deslizamentos e das chuvas que não ocorreram deslizamentos. Esse limiar, como explica Oliveira, consiste na separação desses pontos onde acima da linha a quantidade de pontos azuis seja menor ou igual a quantidade de pontos vermelhos abaixo da linha. Assim teríamos limiares próximos a 48, 40, 55, 75, 90, 100, 120, 135, 145, 150, 160, 190, 225, 290 e 370 mm respectivamente aos dias de acumulado de chuva apresentados nos gráficos.

Outra forma de se analisar esses limiares, é trazida por Ide (2005), ao observarmos os limites onde a dispersão dos dados torna-se melhor, sendo possível assim identificar limiares de corte que nos ajudem a pensar valores críticos de precipitação acumulada. Do acumulado em 24h, ou seja, no dia do deslizamento é possível observar um valor mínimo de 1,2 mm, porém esse 1,2 mm do dia se soma a dias anteriores de precipitação que variam imensamente entre si, logo avaliar os dados acumulados torna-se relevante. A partir dos demais acumulados é possível observar valores que começam a variar bastante, mas mantendo em todos os gráficos um acumulado de 0 mm até o acumulado em 25 dias, para apenas 1 caso em 15/07/2010, o que indica que, nesse caso específico, a precipitação do dia foi muito mais relevante. Do acumulado de 1-3 dias é possível observar uma grande dispersão dos dados tendo muito acumulado próximos de 0, por exemplo, com 0 mm acumulado em 1 dia é possível observar deslizamentos em 24h que variam de 1,3 a 181,4 mm, porém esse de 1,3 mm apresenta um acumulado em 4 dias superior a 30 mm, o que não possibilita identificar um limiar mais claro de separação.

A partir do acumulado de 4 dias essa dispersão torna-se cada vez menor, apresentando limiares que embora não separem 100% os dados acumulados de chuva com e sem deslizamento, deixam a grande maioria dos eventos acima destes, assim para acumulados de 4-8 dias limiares que variam aproximadamente de 5 em 5mm começando no 10 mm em 4 dias indo até os 30 mm em 8 dias. De 9 dias os valores são próximos de 35 mm, de 10 dia dos 45 mm e partir disso o limiar de separação supera os 65 mm chegando até os 120 mm em 30 dias. Tais valores implicam numa separação de respectivamente, 74, 76, 73, 71, 75, 75, 69, 80, 82, 83% dos dados de deslizamentos acima do limiar, ou seja cerca 24% dos dados apresentam-se abaixo dos limiares estabelecidos. Um universo consideravelmente alto e que abrange a grande maioria dos casos. Para Ide (2005) essa separação se deu de maneira mais clara, uma vez que a autora trabalhou com um universo de dados de deslizamentos de 27 datas num período de 7 anos.

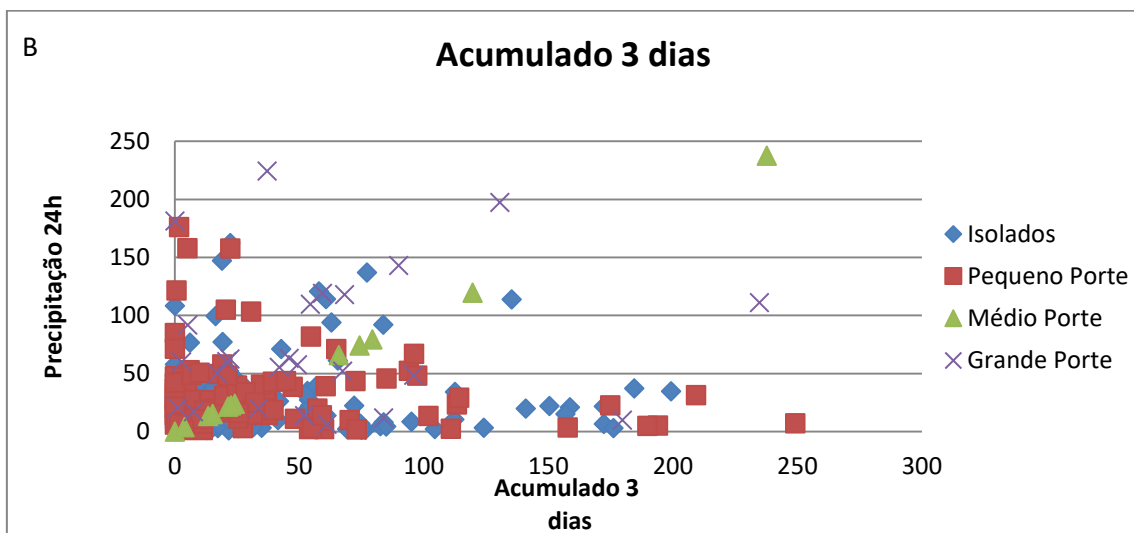
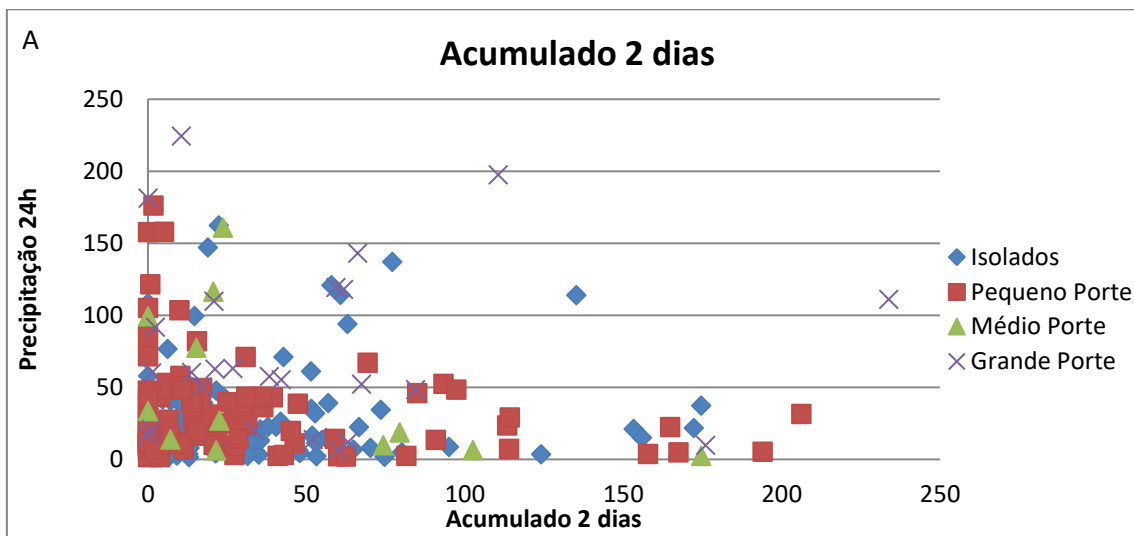
Para obtermos um limiar de separação entre os deslizamentos acima de um limiar crítico e abaixo do mesmo de 90% dos dados, eles só fazem sentido a partir dos 5 dias, incluindo um limiar de 1,2 mm, sendo extremamente baixo tal valor e só apresentando valores realmente significativos a partir de 10 dias com um acumulado de 33 mm. De 7 a 9 dias os acumulados seriam 6,4 mm, 8,9 mm e 11,2 mm valores bem baixos de precipitação.

Assim, acredita-se que os limiares antes expostos permitem observar limiares minimamente plausíveis, sendo o de 5 e 8 dias o que melhor representam esse separação, antes de chegarmos a valores bem mais elevados como acumulado de 15 dias em diante. Entretanto, não são suficientemente claros para encerrarmos a discussão, ou para atribuímos somente a chuva a importância pelos deslizamentos.

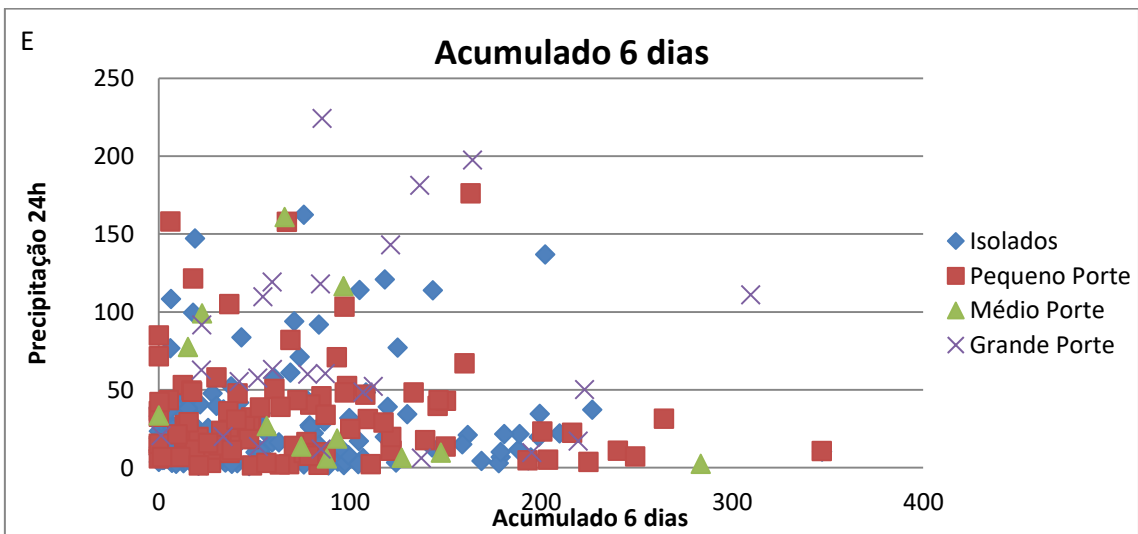
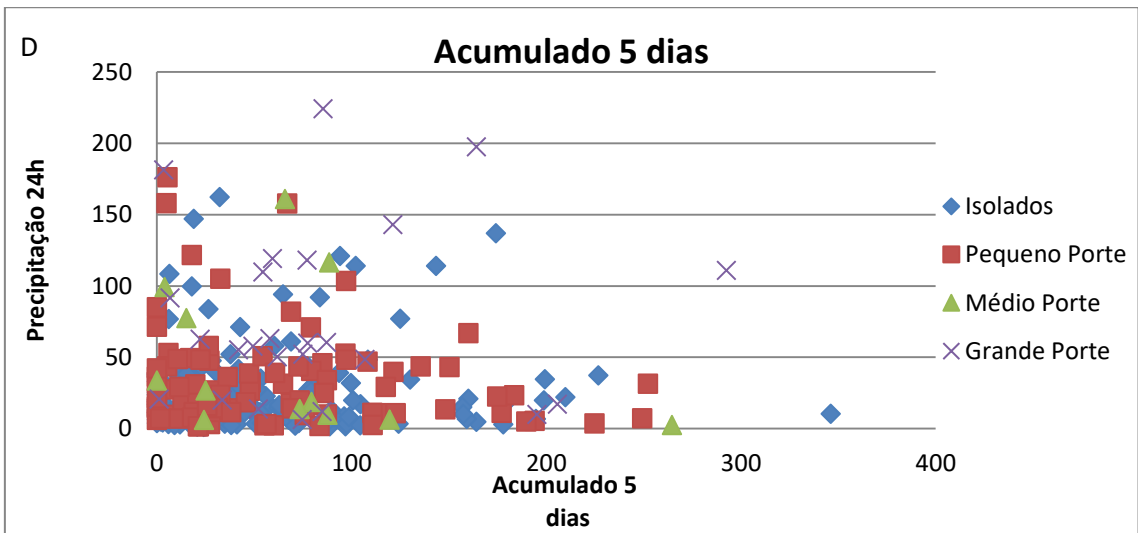
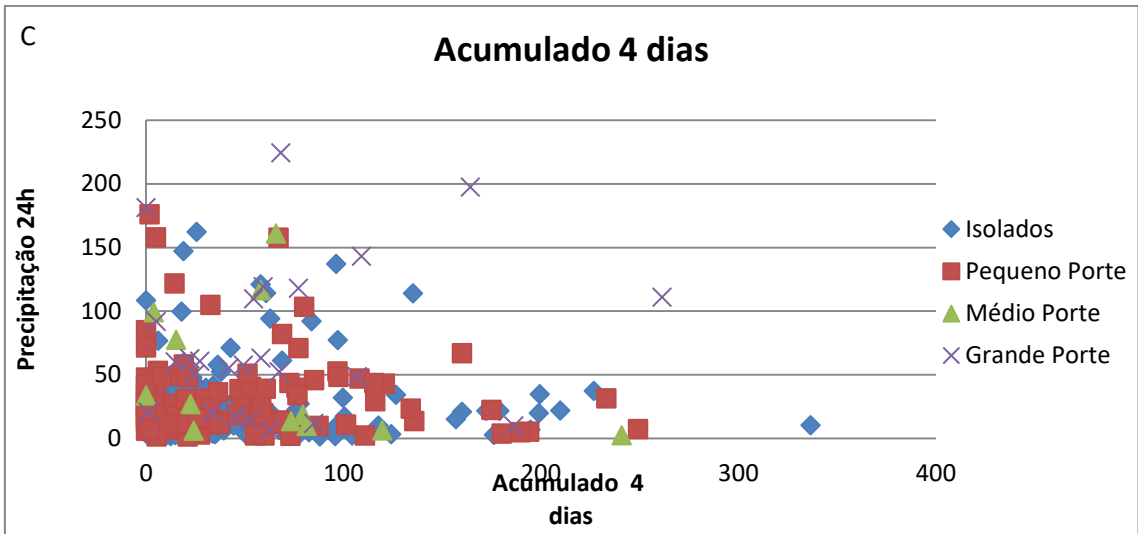
Acredita-se, porém, que essa grande dispersão se dá pelo grande número de dados registrados, e por poder se tratar de diferentes tipos de deslizamentos, seja por estarem em solos, litologias, relevo, declividades e/ou em condições de uso do solo diferentes, áreas mais e menos vegetadas, áreas urbanas ou florestais, assim fazer essa separação constitui-se em importante objeto futuro de investigação, pois deste modo os gráficos possivelmente poderiam assim representar resultados mais satisfatórios. Por agora é possível concluir que a precipitação embora importante, na área de estudo, talvez não seja o principal responsável pelas rupturas mecânicas e hidráulicas que conduzem ao deslizamento. Ide (2005) por exemplo constatou resultados iniciais similares ao nosso para Campinas. A autora decidiu portanto em fazer uma separação entre os deslizamentos ocorridos em áreas de rochas cristalinas e em rochas sedimentares, encontrando valores mais claros para os primeiros. Castro (2006) buscou uma separação em tipos de deslizamentos indo dos isolados (1 deslizamento por evento chuvoso)

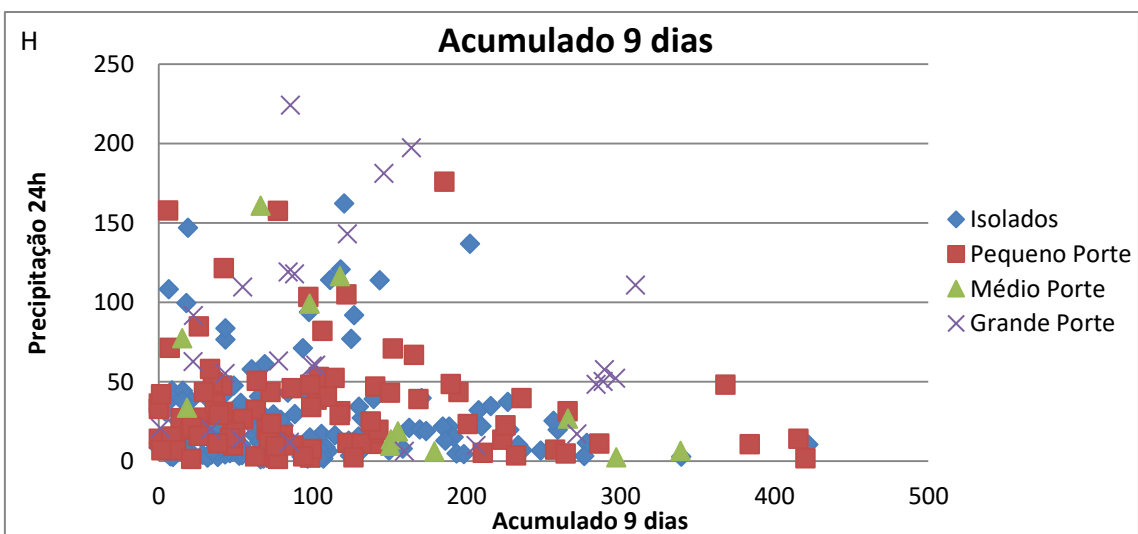
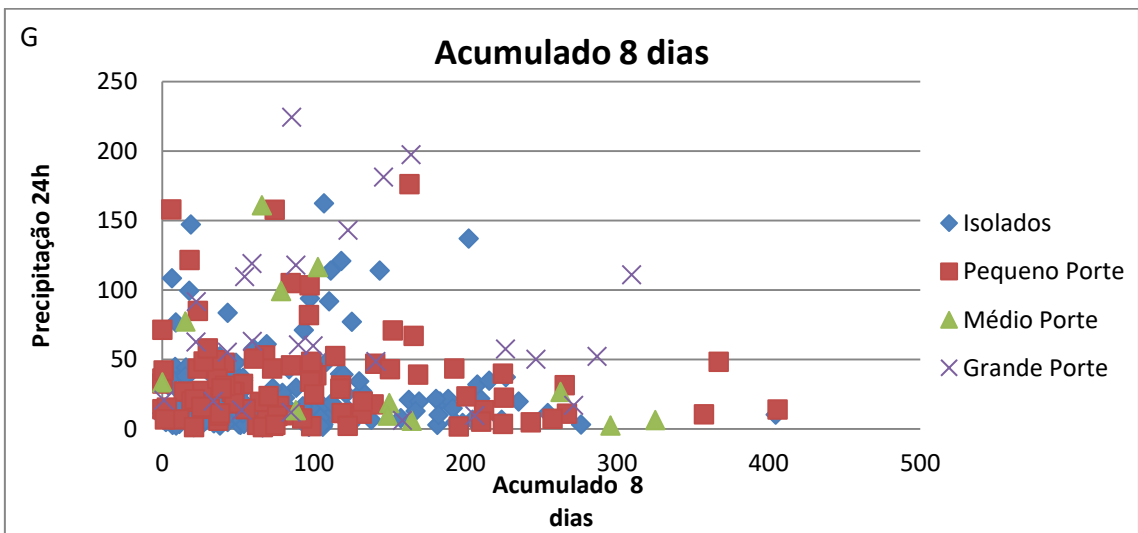
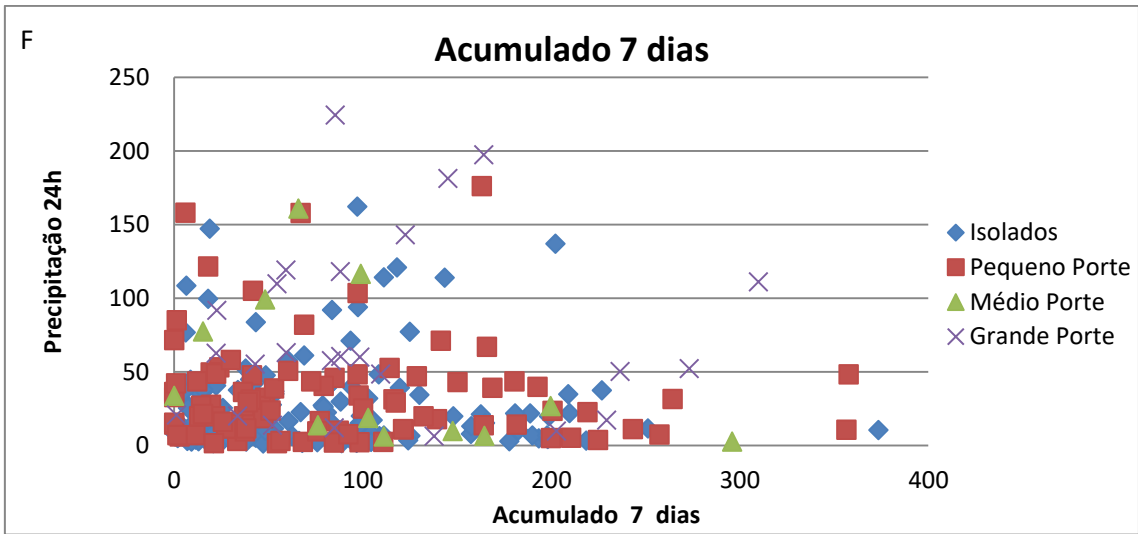
aos generalizados de grande porte (mais de 10 deslizamentos por evento chuvoso), identificando uma melhor correlação, o que indica a importância de outras abordagens de separação, uma tentativa de classificação também foi feita por Giannecchini (2006) ao analisar os Alpes Apuanos na Itália, porém ali o autor separou os dados em severos e localmente induzidos.

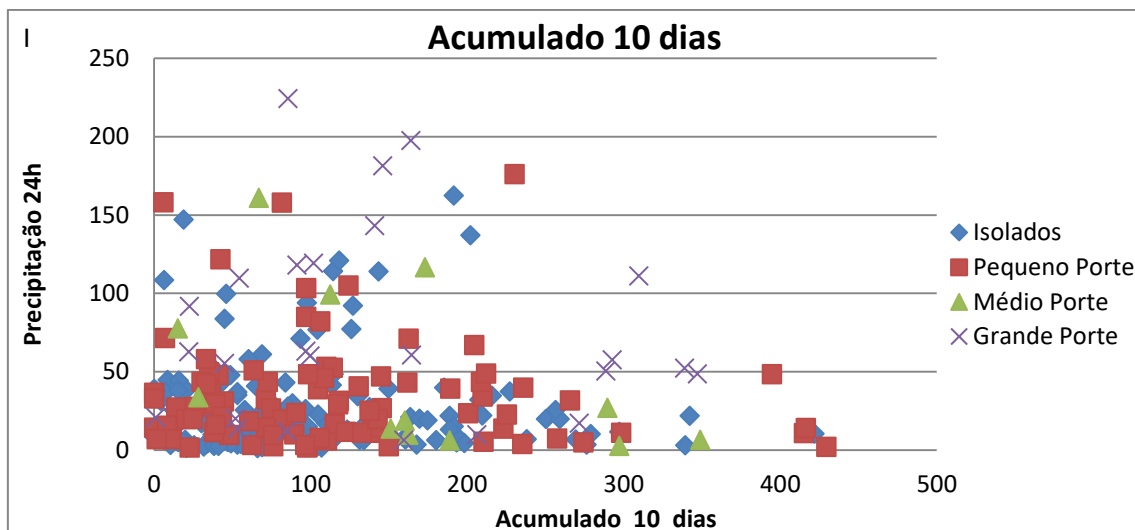
Tendo em vista isso, foi realizado também a separação da quantidade de deslizamentos por evento pluviométrico, obtendo os resultados apresentados na figura 64, com os gráficos correspondentes de 2 a 10 dias de chuva acumulada.











**Figura 64** – Gráficos de A-I representando os eventos de deslizamentos por classes segundo Castro (2009) - Acumulado de 2-10 dias.

A análise dos gráficos apresentados pela figura 64 indicam a quantidade de precipitação associada a cada para a deflagração de MGMs em cada classe. Podemos observar que para a área de estudo há uma grande dispersão entre esses dados. Porém, a partir do gráfico do acumulado de 4 dias é possível observar de forma mais clara limites de precipitação por classe, sendo que a partir de 5 dias esses valores são ainda mais perceptíveis. Assim, podemos notar que a grande maioria dos deslizamentos, de uma forma geral, ocorrem para acumulado de 5 dias de até 110 mm acumulado e 50 mm em 24h, esse valor de até 50 mm em 24h se repete em todos os gráficos, variando apenas o limite máximo no acumulado. E, assim, temos para 6 a 10 dias respectivamente, 110, 120, 140, 180, 230, 250 mm. Obviamente há casos que superam esses valores acumulados, mas, no geral, não ultrapassam os 50 mm em 24h, havendo casos que em 24h choveu cerca de 10 mm, mas havendo acumulado de 5 dias superiores à 250 mm, por exemplo.

Podemos observar na divisão por classes que a grande maioria dos deslizamentos registrados são Isolados (1 ocorrência por dia) ou de pequeno porte (2-5 ocorrências), correspondendo a praticamente 87% dos casos de deslizamentos. Os demais de médio (6-10 ocorrências) e grande porte (mais de 10 ocorrências) foram registrados em respectivamente 4 e 9% dos dias. A maioria dos casos de deslizamentos isolados, pequenos e médios ocorrem dentro da faixa já mencionada, incluindo alguns poucos de grande porte. Entretanto, a grande maioria dos deslizamentos de grande porte que implicam em mais de 10 ocorrências em diversas partes do município, e por consequência os que tem em potencial uma maior probabilidade de acarretar grandes prejuízos, ocorrem numa faixa superior aos 50 mm em 24h indo até 230 mm em 24h; porém, em sua maioria, possui acumulado de 2 dias inferiores a 40 mm, 50 mm, 60

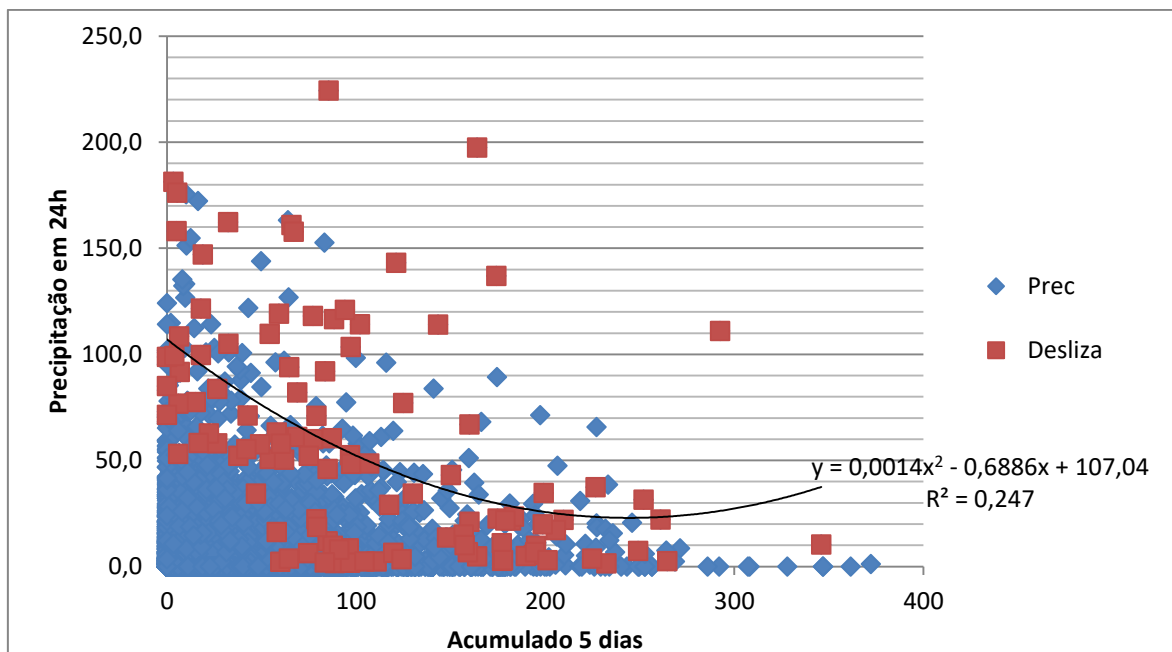
mm, 90 mm e a partir dos 6 dias 100 mm até chegar a 150 mm nos 10 dias. Sendo que quanto mais próximo dos 50 mm maior o acumulado se comparados a chuvas mais intensas.

### **5.3.2.2 – Busca ‘matemática’ por limiares de correlação precipitação x deslizamentos**

Uma vez estabelecidos os valores supracitados que indicam números básicos que nos possibilitem compreender a relação entre deslizamentos x precipitação, os mesmos não retornam valores específicos, isto é, uma relação numérica clara. Eles nos auxiliam a entender além da distribuição anual, o número de dias acumulados que trazem uma melhor separação e um limiar observacional, não numérico que possibilite fazer previsões. Assim sendo, buscou-se traçar uma relação matemática com base nos princípios de Tatizana *et al.* (1987) sobre a envoltória de deslizamentos, e apresentados no capítulo 4.3. A tentativa inicial recaiu sobre gerar uma envoltória para todos os dados representados, porém a mesma não retomou valores minimamente confiáveis apresentando correlação inferior a 10%, ou 0,1 do  $r^2$  na linha de tendência. Assim, julgamos ser necessário a criação de critérios, como foi feito por Tatizana *et al.* (1987), Soares (2006) e Oliveira (2014), de modo a separar melhor esses dados, como já mencionado tomamos com base a tabela 8 e 35, e assim geramos 5 critérios de análise e que aqui apresentaremos o resultado de cada um. Os dados das envoltórias serão apresentados somente para aquelas que retomaram valores mais significativos de correlação, para a estação Bracuí, pelos motivos já apresentados. Com base nos dados obtidos na sessão anterior vimos que após os 10 dias os valores apresentam alterações na dispersão, mas que são menos significativas, por apresentarem valores muito elevados superior aos 200 mm, ao observarmos as linhas traçadas de acordo com a explicação de Oliveira (2014) assim realizamos os cálculos das envoltórias indo de 1 a 10 dias. Os critérios estabelecidos reduziram das 311 datas do Bracuí para 109 no critério A, 98 no B, 57 no C, 164 no D e 37 no T para os 22 anos de análise.

- Critério A

O critério A é o segundo mais abrangente e consistiu em considerar, para fins de correlação, os deslizamentos com acumulado de 50 mm em 24h, 60 mm em 48h e 100 mm em 72h. Esse critério apresentou a segunda menor correlação nos trabalhos de Soares (2006). Já Oliveira (2014) encontrou nesse critério o que melhor se adequava a sua área, Nova Friburgo. No presente trabalho, observa-se uma melhor correlação para o acumulado de 5 dias de precipitação. Conforme podemos observar na figura 65.



**Figura 65** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério A - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018)

A equação da linha de tendência encontrada e que apresentou o melhor resultado foi a do tipo polinomial de grau dois, porém, apresenta um menor valor de correlação se comparado a Soares (2006) que encontrou para esse mesmo critério em Angra dos Reis, uma curva polinomial para um acumulado de 4 dias, porém num período diferente de dados (1993-2002). É possível observar que, segundo Ide (2005), nessa equação de linha polinomial o y equivale a Precipitação em 24h, e o x é a precipitação do acumulado de dias no caso 5 dias, assim temos:

$$P(P24h) = 0,0014 (PA5d)^2 - 0,6886 (PA5d) + 107,04 \quad (\text{Equação 11})$$

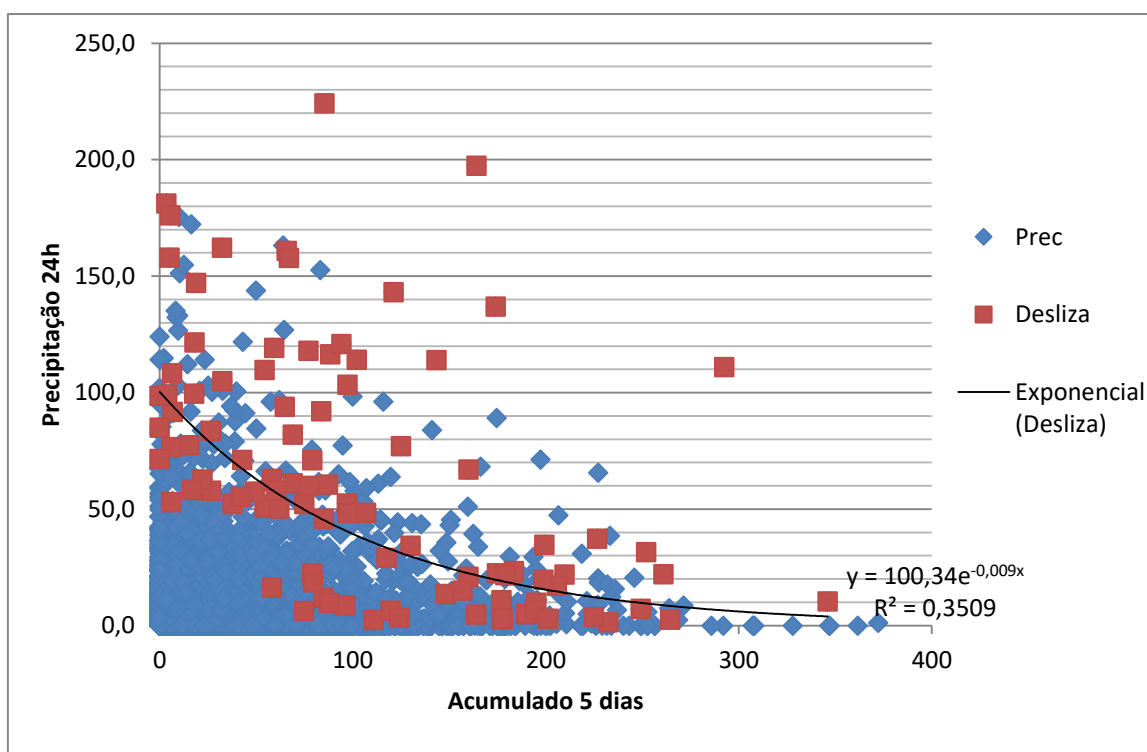
Para essa equação nesse tipo de gráfico traçado é possível chegar a conclusão que se o acumulado de 5 dias for 0, a precipitação mínima necessária para a ocorrência de deslizamentos seria aproximadamente 107 mm. Normalmente chuvas desse tipo associam-se a grandes instabilidades atmosféricas geradas por uma passagem de frentes frias intensas após períodos de maior estabilidade do ar conforme ressalta Ide (2005), ou então, a grandes áreas de convecção como uma forte baixa pressão. Porém, conforme aumenta-se o número de dias de chuva e, por consequência, o acumulado o valor da precipitação em 24h tende a ser menor, por exemplo, para chuvas de 15 mm acumuladas em 5 dias pelo método de Ide (2005) e dos 100 mm para o método de Oliveira (2014) – gráficos da figura 63 –, para esse critério temos respectivamente a necessidade de uma precipitação em 24 h de 97,3 mm e 52,5 mm, por exemplo. Entretanto, como vimos o valor de  $r^2$  foi baixo, uma vez que quanto mais próximo do

1 melhor esse valor, indicando melhor correlação. Outros gráficos que apresentaram correlações boas nesse critério foram para o acumulado de 4 e 8 dias, em sequência. Porém o de melhor correlação, embora pequena, foi o de 5 dias.

- Critério B

O critério B retomou 98 datas de deslizamentos para uma possível correlação no Bracuí. Os critérios corresponderam à 50 mm em 24h, 75 mm em 48h e 120mm em 72h. Para este dado, Soares (2006) encontrou uma correlação ainda menor da relação de deslizamentos, comparado ao critério A, aqui porém a curva foi de 2 dias de acumulado.

Por outro lado, foi encontrado na presente pesquisa uma correlação melhor desse critério se comparado ao critério A, embora seja um pouco mais restritivo, a melhor correlação encontrada foi para o de 5 dias, e uma linha de tendência exponencial foi a mais representativa, seguido do acumulado em 6 dias e 8 dias. De tal modo, obtemos a envoltória presente na figura 66.



**Figura 66** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério B - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).

Assim como na equação do critério A, e como se sucederá nas análises que se seguem,  $y$  será sempre a precipitação em 24h e  $x$  a precipitação acumulada em  $n$  dias. E, no caso essa relação de  $x$  e  $y$ , se dá através de uma equação exponencial, não polinomial como no critério anterior. Desta forma através leitura do gráfico e tendo bases em Soares (2006), iremos obter a seguinte equação de tendência para o gráfico do acumulado de 5 dias:

$$P(24h) = 100,34e^{-0,009(PA5d)} \quad (\text{Equação 12})$$

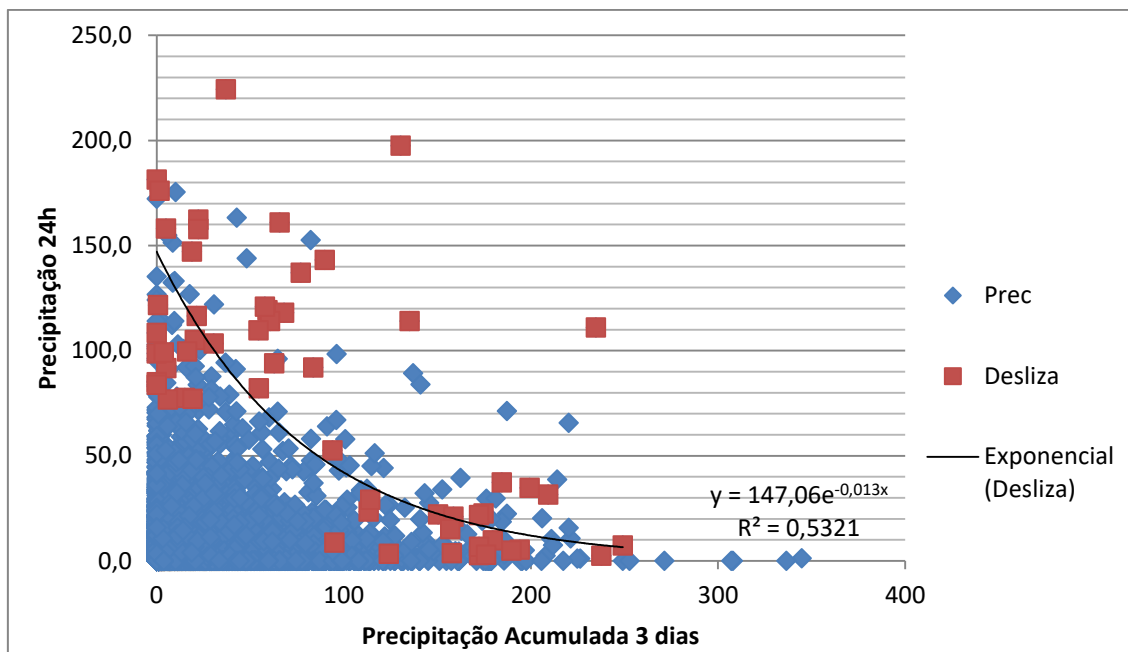
Observando somente o gráfico é possível notar um limiar mínimo em 24h de 71,5 mm. Entretanto, tomando como base a equação, chega-se a conclusão que para acumulado de 5 dias de 0mm, precipitações em 24h de 100 mm seriam suficientes para a ocorrência de deslizamentos. Tomando como base o acumulado de 5 dias obtidos pelos dois métodos citados (15 mm e 100mm, por Ide (2005) e Oliveira (2014) – gráficos da figura 63 –) temos que a precipitação necessária para deslizamentos em 24h seria de 87,6 mm e 40,8 mm, respectivamente.

Porém, assim como no gráfico anterior a correlação é baixa e, nesse caso, significa que 35% da variação da precipitação que gera deslizamentos em 24h é explicado pelo acumulado de 5 dias.

- Critério C

O critério C foi feito com base nos valores de 75, 120 e 150 mm para 24, 48 e 72h, é um critério assim como o de Tartizan *et al.* (1987) mais restritivo, este retomou 57 datas, mais que o dobro obtido por Soares (2006) e o sétuplo de Oliveira (2014). E, assim, embora mais restritivo a quantidade de datas ainda foi significativamente alta. Soares (2006) encontrou nesse critério aquele que melhor satisfazia suas retas de tendência e a correlação precipitação x MGMs, encontrando um valor de  $r^2$  de 0,45 e 0,48 para dois e três dias acumulados, respectivamente. Com base nesses valores ele determinou o limiar mínimo de 75 mm em 24h observáveis no gráfico.

Analisando os dados coletados é possível observar que as envoltórias que apresentam melhor resultado neste critério são as de 3, 4 e 5 dias sendo a de 3 obtendo a maior correlação retomando um valor de 53% ou 0,53 no  $r^2$ . O que indica uma correlação mais satisfatória se comparado aos outros critérios e ao encontrado em Soares (2006). Este autor indica que cerca de 53% da variação da precipitação que causa deslizamentos está relacionada ao acumulado de 3 dias, sendo os outros 47% resultados de outros valores acumulados e/ou outras variáveis da encosta e do solo. Esta colocação corrobora com o exposto anteriormente (itens 5.3.1 e 5.2.2, relacionando-se com o exposto no item 3.2), onde enxerga-se a precipitação como um propulsor dos MGMs e importante agravante no processo, porém não único. Assim temos a figura 67, com a envoltória de 3 dias no critério C.



**Figura 67** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério C - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).

Logo a equação para um acumulado de 3 dias obtida se dá como:

$$P(24h) = 147,06e^{-0,013(PA3d)} \quad (\text{Equação 13})$$

Analisando o gráfico para 24h o valor mínimo registrado foi de cerca de 83 mm. Esse valor limite se mantém em praticamente todas as envoltórias traçadas. Porém, analisando a equação obtemos um valor de precipitação em 24h para a ocorrência de deslizamentos de 147 mm com 0 mm acumulado nos 3 dias. Pegando os valores básicos estabelecidos no subitem anterior, obtemos para acumulado de 3 dias para o método de Oliveira (2014) – gráficos da figura 63 –, 75 mm aplicando esse valor na equação 13, obtemos 55,5 mm, ou seja para acumulado de 3 dias de 75 mm, uma precipitação em 24h de cerca de 56 mm seria suficiente para a deflagração de MGMs.

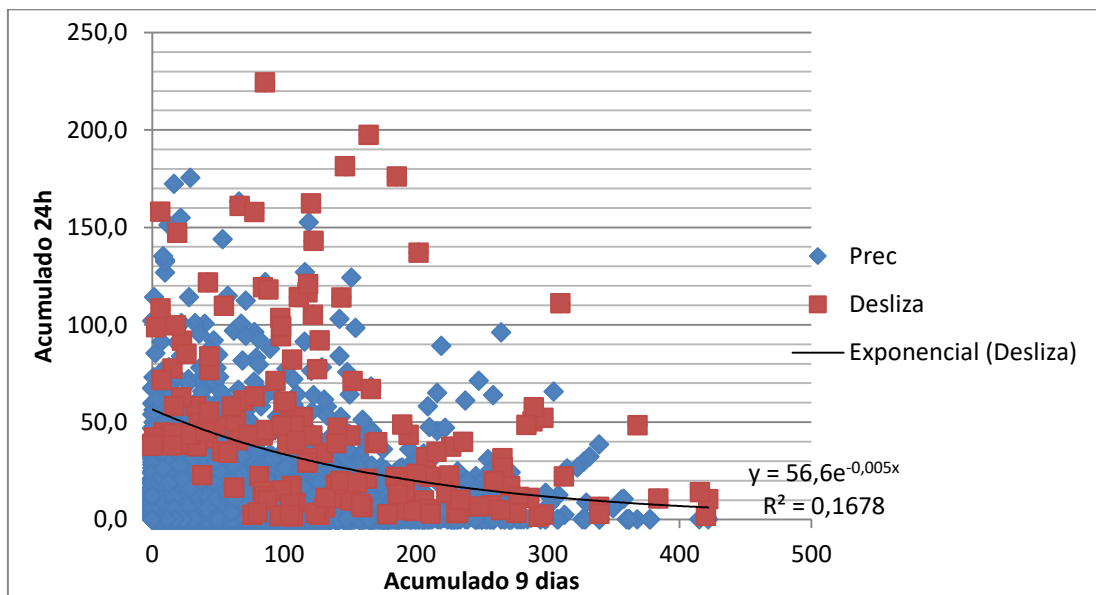
Os valores para 2 dias de acumulado, apesar de baixa correlação, a menor dentre as envoltórias analisadas com exceção da de 1 dia – A de 1 dia foi pouco significativa em todos os critérios tendo  $r^2$  menor que 0,1 – apresentou uma correlação superior por exemplo ao encontrado no critério A. Logo nesse critério, a menor das correlações ainda traz leituras mais precisas que o critério A. Indicando, neste caso, uma precipitação em 24h de 87 mm para um acumulado em 2 dias de 0mm. E, utilizando os critérios de Oliveira (2014), que retornaram um valor acumulado de 2 dias em Bracuí de 55mm, equivalente a uma precipitação em 24h, via equação 13 de 72 mm.

- Critério D



O critério D, por ter sido feito com base no percentil 90 de cada classe de acumulado, desconsiderando-se os valores nulos, visou estabelecer limiares baseados nos extremos pluviométricos acumulados. Entretanto, pela quantidade significativa de dados e os extremos tendo um valor de cerca de 37 mm em 24h, 54 mm em 48h e 70 mm em 72h, volume não tão alto se comparado aos critérios anteriores, mas abrangente e esses retomaram uma quantidade igualmente significativa de datas, retomando 164 o maior valor entre os critérios.

Esse dado por levar em conta os extremos, segundo o IPCC (2007), esperava-se ter tido uma melhor correlação, porém, não foi o observado. Onde os melhores valores encontrados se dão em 9, 5 e 8 dias de acumulado, porém ficando com valor de  $r^2$  de melhor correlação equivalente a aproximadamente 0,17 para o de 9 dias, valor muito baixo inclusive do critério A. Assim, esse critério embora retome valores mais significativos do que o critério que considera todas as datas, apresenta valores aquém do esperado. O que indica que o extremo por si só (36 mm) não ajuda a explicar essa correlação e não pode ser tomado como valor mínimo, valores superiores a esse limiar a partir do qual classificamos como extremo são assim mais importantes. A título de ilustração segue a figura 68 com o gráfico de 9 dias acumulado.



**Figura 68** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério D - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).

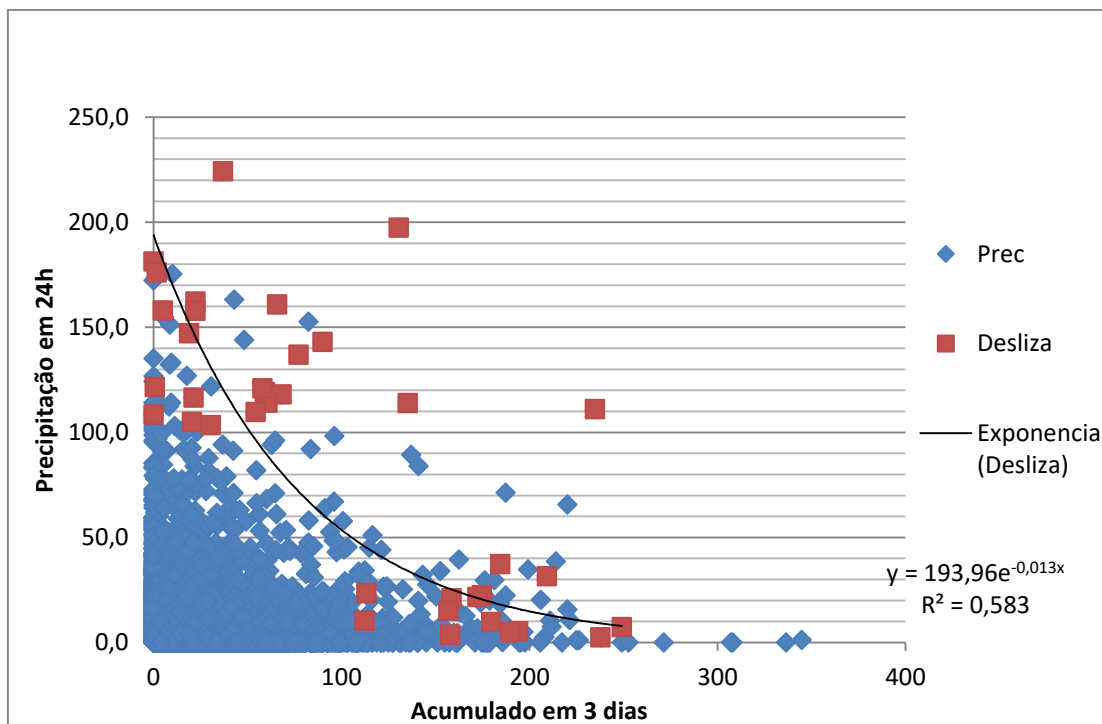
Podemos observar que não há uma separação bem marcada para os valores que levaram a ocorrência de deslizamentos e aqueles que não tiveram, assim a curva exponencial é pouco representativa. Por essa equação obteríamos para acumulado de 9 dias sem precipitação, o que ocorreu em apenas 10 ocasiões, uma precipitação de 56,6 mm já seria suficiente para a

ocorrência de escorregamentos, segundo a equação, analisando o gráfico esse valor estaria em torno dos 38 mm. Para os 150 mm acumulado em 9 dias estabelecidos como limiar pelo método de Oliveira (2014) – gráficos da figura 63 – obtivemos que a precipitação necessária para a ocorrência de deslizamentos seria 26,7 mm. Por sua vez, para os 35 mm acumulado em 9 dias, estabelecidos com base em Ide (2005), obtivemos 47,5 mm em 24h.

- Critério T

O critério T de todos é o mais restritivo, ele respeita os limites exposto por Tatizana e colaboradores (1987) de 100 mm em 24h, 150 mm em 48h e 200 mm em 72h. Apresentou uma correlação favorável no trabalho da autora para 4 dias de acumulado. Soares (2006) encontrou valores igualmente significativos para esse critério, porém o julgou com valores muito altos e pouco condizentes com a realidade angrense, ao afirmar que nos gráficos por ele traçados 40 mm de precipitação acumulada em 2 dias implicavam numa necessidade de uma precipitação em 24h de 170mm.

Para os dados trabalhados encontramos 37 datas, valor superior aos 11 de Soares (2006) e 4 de Oliveira (2014) que utilizaram o critério T, ele é mais proibitivo assim só se considerou grandes precipitações na ocorrência de deslizamentos. Assim obteve-se que os valores de melhor correlação deram-se para acumulados de 3, 4 e 5 dias (ambos com correlações superiores a 0,5), sendo 3 dias o melhor e temos também que a menor correlação desse critério o de 2 dias acumulados é superior ao melhor do critério A, B e D. Assim apresentamos o gráfico de 3 dias na figura 69.



**Figura 69** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério T - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).

Tomando esse gráfico de linha tendência exponencial temos que a equação da envoltória se dá como:

$$P(24h) = 193,96e^{-0,013(PA3d)} \quad (\text{Equação 14})$$

Analisando só o gráfico, um limiar aceitável para a precipitação em 24h com um acumulado de 3 dias em 0mm seria algo em torno dos 105 mm. Entretanto, analisando a equação esse valor é muito superior e corresponde a 194 mm, valor extremo e que ocorre numa quantidade mínima de casos para 24h de precipitação, em termos práticos apenas 2 vezes para série de dados analisada. Para o acumulado de 75 mm em 3 dias, obtidos através dos gráficos da figura 63 no método de Oliveira (2014), temos 73 mm em 24h.

O acumulado de 2 dias como falado apresenta o melhor resultado de 2 dias se comparado a todos os acumulados no mesmo período em outros critérios, obtém-se para um acumulado de 2 dias de 55 mm uma precipitação de 73 mm em 24h, ou seja o mesmo valor do encontrado em 3 dias de acumulado, com uma correlação inferior em 0,15.

- Critérios E e F

Concorda-se aqui com a explicação de Soares (2006) ao avaliar que a alta restrição do critério T, pois obtivemos valores não condizentes como limiar inicial para a ocorrência de deslizamentos. Assim o critério C seria a princípio mais interessante, porém na tentativa de se chegar a um meio termo, onde o  $r^2$  do critério C pudesse ser maior a ponto de nos outros dias de acumulado superar os 0,5 observável nesse critério em apenas 1 dia do acumulado – o de 3 – como ocorrem em T. Assim elabora-se um critério E.

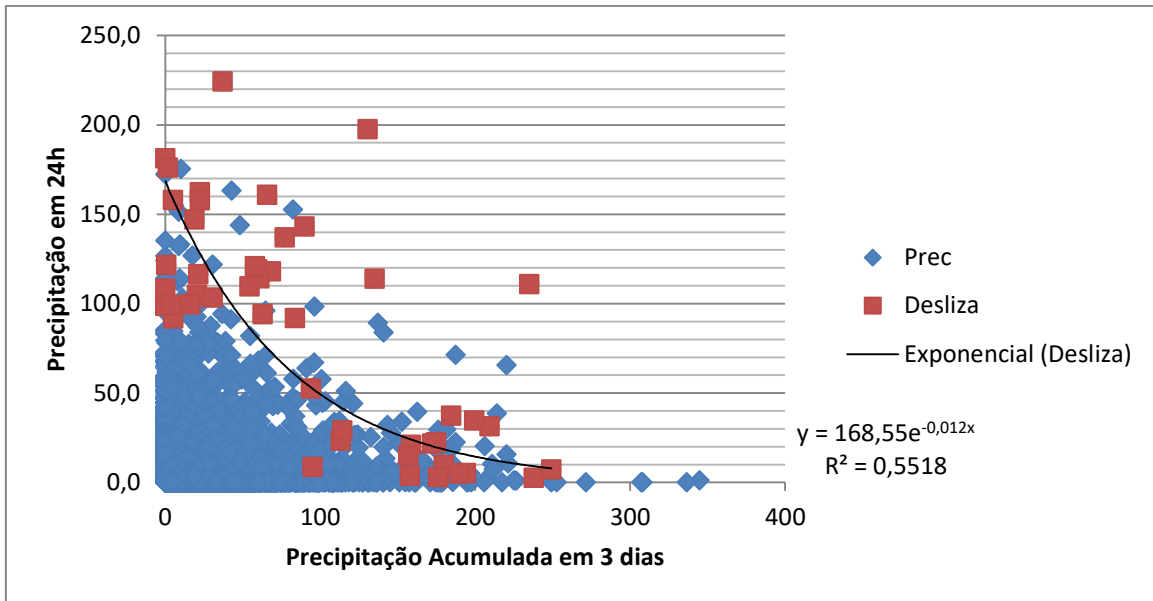
Pensou-se igualmente num critério F em que visava versar sobre um meio termo entre o C e o B, uma vez que os valores de 100mm em 24 h para acumulado de 0mm em 5 dias e o observável de 53 mm condizem um pouco mais com a totalidade dos dados, sendo menos restritivo que o C, que apresenta para 3 dias sem chuva acumulada necessário de 147 mm em 24h, valores que ocorrem poucas vezes na série estudada.

Assim os critérios E e F possuem limites de:

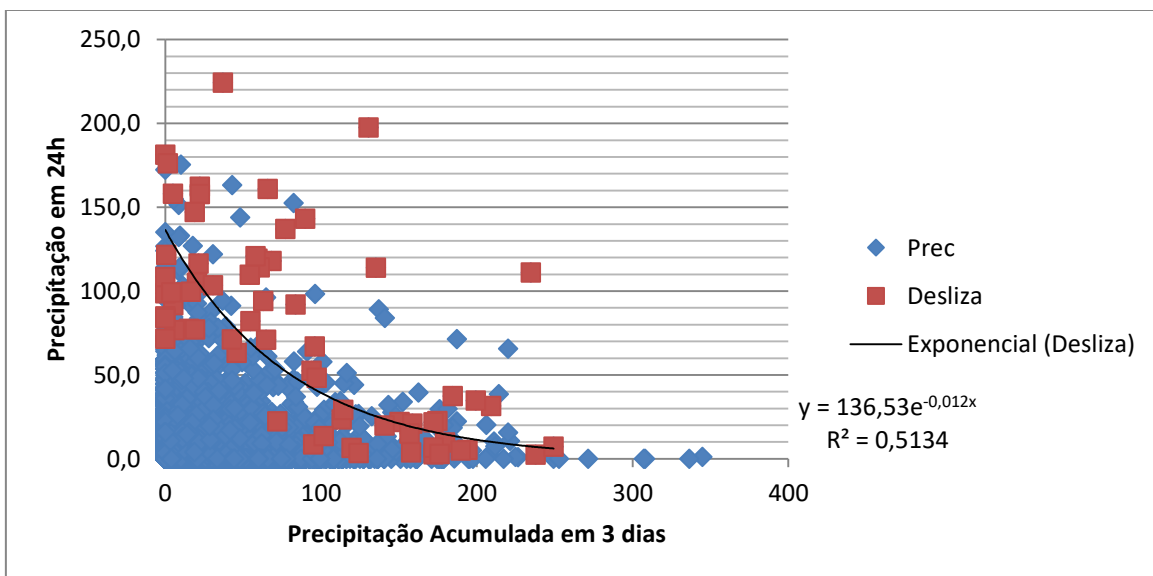
- Critério E – 87 mm em 24h, 135mm em 48h e 175 mm em 72h. → 47 datas.
- Critério F – 63 mm em 24h, 97mm em 48h e 135 mm em 72h. → 67 datas.

Os gráficos encontrados para esses critérios obtiveram melhor resultado no critério E de 3, 4 e 5 dias acumulado assim como C e T, porém com valores melhores de correlação para C porém inferiores a T. Sendo assim, como em C o único superior a 50% foi o de 3 dias, gerando um valor de 55% (Figura 70).

Para a figura 71, correspondente ao critério F também obtemos o melhor gráfico no de 3 dias, seguidos dos de 4 e 5 dias, nesse critério o acumulado em 3 dias apresenta valores superiores aos 0,5 de  $r^2$ , sendo superior ao melhor resultado de B e muito próximo do melhor resultado de C.



**Figura 70** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério E - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).



**Figura 71** - Envoltória de deslizamentos de melhor correlação numérica segundo critério F - Estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).

Analisando o gráfico da figura 70 é possível observar que o critério E apresenta um meio termo entre o C e o T. E implica numa precipitação para acumulado de 3 dias de 0 mm de cerca de 168 mm de precipitação e para acumulado de 75 mm em 3 dias como limiar básico, como demonstrado na figura 63 temos uma precipitação em 24h de 68,5 mm. Observando o gráfico o limiar fica em torno dos 99 mm. Havendo assim pouca diferença para o critério T.

$$P(24h) = 168,55e^{-0,012(PA3d)} \quad \text{(Equação 15)}$$

Já para o critério F, obtemos pela equação 136 mm para acumulado de 3 dias de 0 mm e para acumulado de 75 mm obtemos 55 mm de acumulado. Valor praticamente idêntico ao critério C, porém nesse critério o limiar, ao se observar o gráfico, é próximo dos 71,5 mm abaixo dos 83 mm do critério C e distante dos 58 mm observáveis no acumulado de 3 dias em B.

$$P(24h) = 136,56e^{-0,012(PA3d)} \quad (\text{Equação 16})$$

Com base nesses dados podemos chegar a algumas conclusões, o único dado de acumulado que aparece entre os 3 principais acumulado que justificam a correlação da precipitação com os MGMs são os de 5 dias, entretanto os casos mais significativos identificados foram os critérios: C, T, E e F com acumulado de 3 dias como significativos; desses T é o mais restritivo de todos e apresenta valores para precipitações com acumulado de 3 dias em 0 mm excepcionalmente alta 197 mm, seguidos dos 168 do E, 147 do C e dos 136 do F. Entretanto, ainda menor que o de Soares (2006), pegando como exemplo os 40 mm acumulado citados por Soares aqui encontramos 115mm em 24h, valor distante dos 140 mm encontrados pelo autor neste critério. Mantendo a título de exemplo esses mesmos 40 mm acumulado em 3 dias temos para os critérios C, E e F, respectivamente 87, 104 e 83 mm. Dos limiares observados pelos gráficos temos para os 4 critérios de 83, 105, 99 e 71 mm observáveis em 24h, nos gráficos de 3 dias de valor acumulado.

Analisando todos esses dados, os critérios C e F apresentaram uma correlação que, embora não sendo a mais elevada, tem uma resposta satisfatória para os dados em estudo, uma vez que 197 mm, do critério T de melhor correlação, encontram-se em casos raros em 24h. Além disso, tendo como base os 40 mm de verificação de Soares (2006), os valores T e E apresentam valores elevados de precipitação de 24h como valores iniciais necessários. A diferença entre C e F, no que tange a correlação, é mínima: 0,019 e favorável ao critério C, mas por ser um pouco mais restritivo, só vigorando valores acima de 75 do critério e de 83 mm de limiar, 8 mm a mais do que o de Soares encontrado nesse critério, optamos pelo valor do critério F de 71 mm, que englobou uma quantidade maior de datas sendo um pouco mais condizente com os totais de dados coletados.

Cabe ressaltar que esses valores de correlação embora não muito elevados nos auxiliaram a compreender a participação da chuva, indicando que mais de 51% das variações, critério F, de dados de precipitação que deflagram os MGMs tem relação direta com o acumulado de 3 dias. Os demais dados se correlacionam com as demais variáveis mecânicas e hidrológicas, ligadas as características das encostas. Em trabalhos futuros espera-se a busca por uma relação espacial melhor entre relevo, geologia, pedologia, declividade e os deslizamentos

e dividirmos a precipitação, que induz ao deslizamento, separados por esses critérios. Deste modo, talvez possa-se obter valores de precipitação que nos ajudem a entender os deslizamentos em cada caso. De maneira geral as envoltórias nos apontam esse caminho de investigação futura, mas já nos permitem estabelecer uma certa correlação de confiança entre precipitação x deslizamento.

Assim uma vez estabelecendo a equação 16 como significativa para a área de estudo, é possível realizar o cálculo da precipitação crítica. Esse cálculo foi apresentado na equação 10 desenvolvida por Tatizana *et al.* (1987), porém leva-se em conta a intensidade horária e a intensidade horária crítica. Ide (2005) então sugere aplicar o cálculo do CPC para o acumulado de 24h e assim se tem a equação 17:

$$CP = \frac{p_{24Hprevista}}{p_{24HLimite}} \quad \text{(Equação 17)}$$

Juntando a equação 17 com a 16, que nos indica essa precipitação prevista em 24h temos que:

$$CP = \frac{p_{24Hprevista}}{136,56e^{-0,012(PA3d)}}$$

Assim é possível observar o coeficiente crítico da precipitação onde:

- CP > 1 – Alta possibilidade de deslizamentos
- CP = 1 – Faixa provável de início de deslizamentos
- CP < 1 – Baixa possibilidade de ocorrência

Logo se em 3 dias de monitoramento é observável que a precipitação acumulada é de aproximadamente 100 mm, por exemplo, para ocorrer deslizamentos numa faixa provável a precipitação em 24h seja em torno de 41 mm, valores superiores a esse teriam uma maior probabilidade de induzir, portanto, deslizamentos.

### **5.3.3 – Da concentração da precipitação e sua tendência como possível parâmetro de correspondência?**

Dentro das análises da climatologia geográfica, que entendemos como importante na discussão da precipitação, temos a compreensão dos ritmos climáticos, que podem ser observados pelas tendências da precipitação mensal e anual. Partindo dessa premissa, a análise das tendências além de nos darem a forma como a precipitação se comporta ao longo do ano,

pode ser importante para compreender a umidade antecedente, refletida por um padrão de pluviosidade que antecede determinadas datas.

Assim, observando que os deslizamentos dependem para sua ruptura, dentre muitos fatores, de um solo previamente úmido ou então de valores elevados de precipitação que ocorram em curto intervalo de tempo, de modo a levar a saturação do mesmo. A compreensão do padrão precipitado em dado mês ou ano pode nos trazer resposta interessante para fins de correlação, uma vez que a umidade e precipitações locais são bem marcantes no clima de uma determinada área, auxiliando na compreensão do panorama climato-geomorfológico.

Deste modo, analisando conjuntamente os dados das tabelas 12 e 14 e das figuras 52 e 53 foi possível relacionar a ocorrência de deslizamentos por ano padrão e elaborar a tabela 36.

**Tabela 36** - Relação entre os Anos-Padrões calculado por diferentes abordagens e ocorrências totais e por datas de deslizamentos em cada padrão para todas as estações.

	Bracuí				Mambucaba				Perequê			
	Desvio Padrão Anual		Percentil 90		Desvio Padrão Anual		Percentil 90		Desvio Padrão Anual		Percentil 90	
	Ocorrências	Datas	Ocorrências	Datas	Ocorrências	Datas	Ocorrências	Datas	Ocorrências	Datas	Ocorrências	Datas
Chuvoso	1273	244	1273	244	1306	255	1274	241	326	115	322	111
Tendente a Chuvoso	38	4	38	4	131	88	107	64	289	133	293	137
Normal	194	117	169	104	62	21	118	59	889	128	893	131
Tendente a seco	37	18	30	17	166	48	166	48	71	27	67	24
seco	179	59	211	73	56	30	56	30	146	39	146	39

Através da tabela 36 é possível observar que em Bracuí, para ambos os cálculos de anos padrões, a maior quantidade de deslizamentos ocorrem em anos padrões chuvosos mostrados não só pelo número total de ocorrências como também por datas, seguido dos anos normais e secos. O ano tendente a chuvoso de 2002 em Bracuí visto nas tabelas 12 e 14, corresponde a boa parte dos deslizamentos encontrados nessa classe, mais especificamente o mês de Dezembro. A presença de uma quantidade considerável de deslizamentos em anos secos tem muito a ver com o ano de 2007. Ao analisarmos as figuras 53 e 54 observa-se que nos meses de outubro e novembro houve um total de 91 ocorrências; porém ao observarmos a chuva máxima no mês de novembro vemos um pico de precipitação acima de 115 mm (Tabela 22) em Bracuí e, assim, essa chuva além de ser responsável por deslizamentos naquele no mês foi criado condições de umidade antecedente, num ano predominantemente seco, que pode ter favorecido aos deslizamentos.

O ano de 2007 supracitado pode também ser observado os padrões tendente a seco e seco para as estações de Mambucaba e Perequê. No primeiro, o mês de outubro apresentou



precipitações máximas superiores aos 170 mm em 24h (Tabela 23), o que pela análise do capítulo anterior já seria suficiente para a ocorrência de deslizamentos nos critérios C e F, ao extrapolarmos os mesmos para todo município. Além disso no mês seguinte ocorreram 20 dias (Figura 44) de precipitação que embora não tão intensas ainda associam-se com a chuva do mês anterior e podem estar ligados aos deslizamentos. O mesmo ocorre em Perequê, porém nessa estação seu máximo de precipitação e número de dias de chuva ocorre em Novembro (Tabela 24 e Figura 45).

A maior quantidade de deslizamentos, analisando os anos padrões pelo desvio padrão, também ocorre em Mambucaba para o anos padrões chuvosos, seguidos de tendentes a seco e tendente a chuvoso, havendo a inversão entre o segundo e terceiro quando pensamos nas datas. Quando avaliamos no método do percentil, os anos normais aparecem com mais frequência na relação com os deslizamentos. Já no Perequê é marcado pelo padrão normal com a maior quantidade de deslizamento, influenciado por janeiro de 2010, seguido de Chuvoso e tendente a chuvoso para ambos os métodos de cálculo do desvio padrão.

Entretanto, como já fora outrora exposto os dados de deslizamentos apresentam uma melhor correlação espacial e numérica para Bracuí, assim utilizando essa estação como a mais significativa para buscar a correlação entre precipitação e deslizamentos como um todo. Porém, a título de comparação aqui é postado os dados de deslizamentos considerando somente as datas do Bracuí, observa-se que o padrão não se modifica, há variações apenas nas quantidades absolutas (Tabela 37).

**Tabela 37** - Relação entre os Anos-Padrões calculado por diferentes abordagens e ocorrências totais e por datas de deslizamentos em cada padrão - Estação Bracuí.

	<b>Bracuí</b>			
	<b>Desvio Padrão Anual</b>		<b>Percentil 90</b>	
	<b>Ocorrências</b>	<b>Datas</b>	<b>Ocorrências</b>	<b>Datas</b>
Chuvoso	872	164	712	126
Tendente a Chuvoso	39	4	39	3
Normal	149	91	285	118
Tendente a seco	30	12	28	15
Seco	143	39	169	48

Assim como já comentada a importância de se atentar em detalhes na análise de anos padrões, observa-se também um novo foco em relação as escalas temporais menores tal como a mensal. Portanto, será feita a comparação mensal desses dados correlacionando as figuras 54 e 55 com a tabela 17. E aí montamos a tabela 38, na qual podemos observar que há um

decréscimo do número de deslizamentos por padrão mensal que vai do chuvoso para o seco, sendo um pouco mais condizente, justamente por considerar variações mensais e não as de um ano completo. Porém, o valor de maior pico encontra-se no padrão tendente a chuvoso, influenciado pelo padrão mensal de janeiro de 2010. Através desse padrão mensal vemos que o padrão de outubro de 2007 outrora citado, representa padrão tendente a chuvoso. Assim, analisando-se mensalmente diminui-se a “vantagem” que o ano padrão seco detinha, uma vez que dentro deste ano existem inúmeras variações mensais. É interessante notar que a maioria dos deslizamentos ocorrem dias em meses de padrão normal, porém deslizamentos de maiores proporções ocorrem preferencialmente nos padrões chuvoso e tendente a chuvoso. No padrão seco a diferença entre ocorrências e datas é menor indicando que os deslizamentos são em geral isolados, representando uma pequena fração do total de ocorrências. Essa relação de maiores MGMs em meses de padrão chuvoso e tendente a chuvoso podem indicar que a umidade antecedente registradas nesses meses favorecem a uma condição de solos úmidos e com elevada poropressão que, por sua vez, estão ligados a maior tendência das chuvas gerarem deslizamentos em mais de um ponto do município. Evidencia-se assim que mais que os anos padrões, apesar de nos darem base investigativa, a melhor correlação se dá com os meses padrões, pela melhora na escala em que o “zoom” temporal nos permite observar. Ainda assim há diferenças dentro do mês que devem ser consideradas, bem como análises similares a do subitem anterior que são ainda mais importantes num quadro de análise de deslizamentos. Deste modo, para um panorama geral e de compreensão do comportamento do ritmo da precipitação os meses padrões constituem-se em importante objeto de análise.

**Tabela 38** - Relação meses padrões x deslizamentos para dados pluviométricos da estação Bracuí - Angra dos Reis (1996-2018).

Mês Padrão	Bracuí	
	Ocorrências	Datas
Chuvoso	402	92
Tendente a Chuvoso	529	65
Normal	216	104
Tendente a Seco	62	33
Seco	24	16

Uma última relação que se deseja tratar é a busca de correlação na escala das frequências das chuvas. Para tanto, nos apropriaremos da metodologia de Martin-Vide (2004) e a adaptamos para uma aplicação na leitura dos deslizamentos pelas classes de frequência e a curva de Lorentz e analisando os CIs.

Analisando os CIs obtemos as tabelas 39 e 40. A primeira levando em conta todos os deslizamentos para a concentração de cada estação e da média das três estações dos CIs anuais, e a segunda só dados de Bracuí.

Analisando a tabela 39 observamos que, em termos médios, para o município de Angra dos Reis a maior parte dos deslizamentos ocorre em anos de concentração da precipitação, ou seja, anos os quais a precipitação se distribui de forma menos homogênea. A concentração muito alta ocorreram nos anos de 2002 e de 2013 para as estações de Perequê e Mambucaba, anos estes que tiveram uma alta concentração de precipitação nos meses de dezembro e janeiro e que estão associados deslizamentos de grandes proporções no município. Como vimos na figura 55, vinte e três datas de deslizamentos em janeiro de 2013, e na figura 35, mais de 30% da precipitação anual, em Mambucaba. Tal fato, demonstra uma considerável correlação entre a precipitação concentrada mês a mês e sua participação no total anual e os deslizamentos, o que evidencia, mais uma vez, a importância da climatologia geográfica na análise. No único ano de baixa concentração 2018, a precipitação se distribuiu de forma um pouco mais uniforme, demonstrando que anos mais homogêneos com precipitação bem distribuída também evidenciam correlações.

**Tabela 39** - Concentration Index (CI) e correlação com deslizamentos.

Concentração	Bracuí		Mambucaba		Perequê		Média	
	Ocorrência	Data	Ocorrência	Data	Ocorrência	Data	Ocorrência	Data
Baixo	32	14	X	x	X	x	X	X
Moderado	1022	208	X	x	980	183	214	117
Alto	667	220	1492	384	721	258	1507	325
Muito Alto	X	x	229	58	20	1	X	X

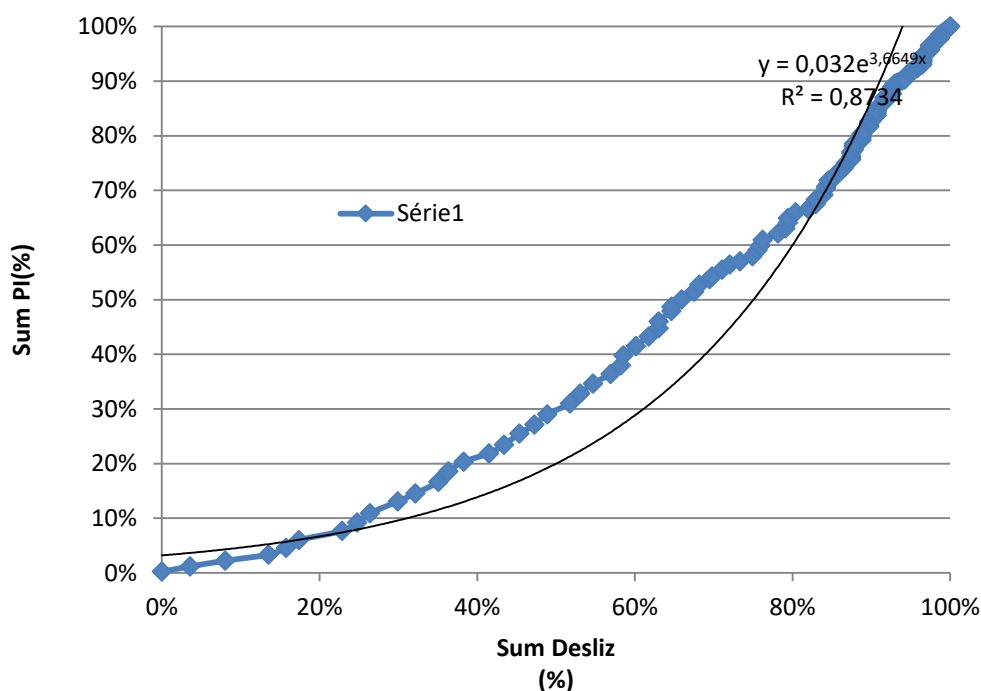
**Tabela 40** - Concentration Index (CI) para a estação Bracuí e ocorrência de deslizamentos.

Concentração	Bracuí	
	Ocorrências	Data
Baixo	27	11
Moderado	668	153
Alto	538	146
Muito Alto	X	X

A tabela 30, exposta no item 5.1.4.3, mostra que a maior parte dos anos são moderados ou de alta concentração. Havendo um predomínio dos segundos e, assim, os deslizamentos se encontram igualmente ocorrentes: cerca de 73% das datas de MGMs e 87% das ocorrências se

dão nessa faixa de concentração alta da precipitação. Deste modo, ficou evidente que os deslizamentos e as chuvas se agrupam num determinado período do ano e, em geral como já vimos, no período de outubro-abril, concentrando-se ainda mais nos meses de verão. Altas taxas de concentração evidenciam precipitações e solos constantemente mais úmidos em dada parte do ano, assim altas precipitações em 24h podem ser o gatilho final necessário para a deflagração de MGMs, sugerindo mais uma vez a importância da umidade antecedente como foi destacado no subitem anterior. Essa concentração é relevante e não implica em meses totalmente secos, mas numa diferença considerável entre os mesmos. Assim investigar e monitorar o parâmetro de análise dessa concentração pode auxiliar a pensar sobre a ocorrência de deslizamentos, constituindo-se em condição de alerta importante.

A análise do CI, implica como vimos na tabela 28 numa leitura, onde y% da precipitação ocorre em apenas x% dos dias. Assim para Bracuí vimos que 25% dos dias chuvosos correspondem a mais de 67% da precipitação total no período, ou seja, a maior parte da chuva precipitada ocorreu em poucos dias de chuva, neste caso apenas 25% dos dias correram precipitações superiores à 20 mm de chuva, porém essas corresponderam a cerca de 67% da precipitação total. Pensando no extremo estabelecido para o município de 36,1 mm, cerca de 45% da precipitação total corresponde a chuvas extremas, e ocorrem em apenas 12% dos dias. Buscando correlacionar esse valor com os deslizamentos foi feito o cálculo, via Excel, destes dentro de cada classe de precipitação e, assim, obtivemos a figura 72. Essa corresponde a um gráfico similar a curva de Lorentz, onde aqui expõe-se a relação do somatório de deslizamentos e o da precipitação, esse dados indicam, p. ex., que cerca de 60% dos deslizamentos na área de estudo ocorreram em 80 % das maiores precipitações, e cerca de 37% dos dias chuvosos correspondendo a classe de 13-13,9 mm, ou seja, mais de 60% dos deslizamentos ocorridos estão relacionados a precipitações superiores a esse valor em apenas 37% dos dias chuvosos no período. Pensando no valor extremo estabelecido de 36,1 mm, que corresponde em Bracuí a 45% do total da precipitação, temos que aproximadamente 29% dos deslizamentos ocorreram a partir dessa classe.



**Figura 72** - Curva de correlação Deslizamentos x Precipitação pelo método de frequência de classes de precipitação.

### 5.3.4 – Da conexão meteorológica

A gênese das chuvas assume papel importante ao tratarmos a climatologia geográfica, no que tange aos aspectos hidrometeorológicos. E, deste modo, para melhor compreender a dinâmica climática temos na compreensão dos extremos e na origem das chuvas, que acarretaram deslizamentos, a possibilidade de compreensão de sua gênese e que é parte importante na deflagração de tais processos geomorfológicos. Sendo assim, o uso e análise de cartas sinóticas tem sua importância ressaltada por Armond (2014), a qual afirma que:

“A utilização das cartas sinóticas de superfície como subsídio à identificação dos tipos de tempo, possibilitando a relação entre a circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente; A influência da meteorologia dinâmica trazida por Serra (1941, 1970a, 1970b, 1971), da chamada escola escandinava, permitiu a base para a análise dos sistemas atmosféricos na América do Sul. As cartas sinóticas, aliadas aos demais dados meteorológicos de superfície, cumprem papel fundamental na identificação da gênese dos fenômenos em movimento” (ARMOND, 2014, p. 81).

Dessa forma, identificamos os sistemas atmosféricos atuantes através da análise da carta sinóticas e, também, de imagens de satélites, respectivamente, dados da marinha do Brasil e do CPTEC. No entanto, para área de estudo não foi possível identificar via satélite e carta sinótica o sistema atuante e, assim, acreditamos que os mesmos ocorreram em níveis locais; uma vez que existe precipitação registrada no dia de ocorrência de deslizamentos. Algumas

precipitações foram possíveis de serem interpretadas pela análise das imagens de satélite, porém nenhum sistema foi possível de ser observado nas cartas sinóticas. A interpretação dada refere-se a “convergências regionais” quando ocupavam uma larga área, englobando parte dos estados de SP, RJ e MG, ou “instabilidade” quando associada a pequenas áreas e, em geral, apenas sobre o sul do estado do Rio de Janeiro. Em geral, esses deslizamentos ocorreram quando da ocorrência de precipitações geradas por frentes, ZCAS ou sistemas de baixas pressões, ou ainda por chuvas mais localizadas, após a influência/passagem desses fenômenos. Buscamos, desta forma, correlacionar esses dados com o de deslizamentos e, assim, foram analisados apenas os dados de sistemas associados aos deslizamentos ocorridos, não sendo feito um cálculo de todas as entradas de sistemas ao longo dos 22 anos da série histórica.

Outro ponto a ser ressaltado, antes da leitura da tabela 41, é que em muitos casos houve mais de um sistema atmosférico atuante de forma clara. Isto foi possível de ser observado nas cartas sinóticas e/ou nas imagens de satélites, assim para as 442 datas de deslizamentos foram observadas cerca de 620 ocorrências de diferentes sistemas atmosféricos atuantes distribuídos conforme a tabela abaixo.

**Tabela 41** - Sistemas atmosféricos atuantes na ocorrência de deslizamentos em Angra dos Reis (1996-2018).

<b>Sistemas Atmosféricos</b>	<b>Total de Ocorrências</b>	<b>Razão/Total</b>
<b>Baixa Pressão</b>	128	20,65%
<b>Cavados</b>	102	16,45%
<b>Frentes Frias</b>	100	16,13%
<b>Convergência Local</b>	59	9,52%
<b>ZCAS</b>	56	9,03%
<b>Repercussões da Frente Fria</b>	46	7,42%
<b>Frentes Estacionárias</b>	37	5,97%
<b>Instabilidade Tropical</b>	27	4,35%
<b>Convergência Regional</b>	25	4,03%
<b>Linhas de Instabilidade</b>	17	2,74%
<b>ZCOU</b>	15	2,42%
<b>Chuvas Pré Frontais</b>	5	0,81%
<b>Frentes Quentes</b>	2	0,32%
<b>Depressão Subtropical</b>	1	0,16%

Analisando a tabela 41 podemos constatar que: a maior parte dos deslizamentos ocorridos tiveram sua origem na atuação de sistemas de baixas pressões bem definidos sobre a área continental ou sobre o litoral sul do Rio de Janeiro; seguidos dos cavados, “região da

atmosfera em que a pressão é baixa, relativa às regiões circunvizinhas do mesmo nível”<sup>18</sup> e das frentes frias. Esses três sistemas representam, em conjunto, mais de 50% dos sistemas responsáveis por deslizamentos no município de Angra dos Reis. Os dois primeiros, em geral, são sistemas com alta convecção do ar e, por consequência, de elevada umidade; em casos severos associam-se a umidade oriunda da Amazônia, formando um grande eixo de baixas pressões. Soma-se, ainda, a umidade litorânea, favorecendo a formação de grandes nuvens com elevado potencial de precipitação. A precipitação, como já vimos, associa-se, em muito, com as características geográficas locais, sobretudo o relevo, assim todos os sistemas aqui listados e registrados podem sofrer a influência do mesmo. Esses sistemas podem, ainda, ser retardados pelo próprio relevo e, deste modo, permanecendo mais tempo sobre o município e favorecendo as altas taxas de precipitação. As frentes frias, por sua vez, ao longo de seu deslocamento, por encontrar uma massa de ar diferente a sua dianteira, favorecem perturbações atmosféricas que acarretam, segundo Ayoade (2013): na vanguarda da frente chuvas com possíveis trovoadas, com formação de Cbs e aguaceiros e que podem estar associados a granizos e trovoadas; e, na retarguada da frente, pode haver a presença de algumas Cbs e aguaceiros de curta duração. Assim, nota-se que a frente influencia durante toda sua passagem no aumento da umidade do solo, levando à ocorrência de precipitação durante toda sua passagem, mas também gerando precipitações locais de menor intensidade (convergência local) após a passagem dessas frentes; ambos os casos podem acarretar na ocorrência de deslizamentos.

As frentes frias ainda podem, por sua vez, permanecer mais tempo em dado local por efeitos da circulação atmosférica, como a presença da alta do atlântico sul, e tornarem-se estacionárias quando associadas as convecções do Brasil Central e Amazônia, gerando uma grande banda de nebulosidade, as ZCAS, conforme coloca Oliveira (2014). As ZCAS são resultado da “intensificação do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quente e úmidas da Amazônia e Atlânticas” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 92), assim permanecem, em geral, tempo suficientemente longo para acarretar altas taxas de precipitação e deslizamentos.

Se tomarmos como exemplo, o mês de janeiro de 2010, mês que ocorreu mais de 500 deslizamentos (Figura 54), em 19 dias, é possível notar que muitos dias desse mês tiveram a influência de 11 baixas pressões, 7 cavados e 4 entradas de frente, que implicaram em um mês de alta precipitação e contribuiu para o grande número de deslizamentos. No caso dos MGMs ocorridos na virada do ano de 2009 para 2010 foi observado a presença de baixas pressões

---

<sup>18</sup> Glossário do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario#C>

litorâneas ligadas as baixas do Brasil central e da Amazônia; além disso, em dezembro de 2009 houve dois períodos de chuvas marcantes entre 02-09 de dezembro, com presença da atuação da ZCAS, e três dias antes dos deslizamentos à atuação de sistemas de baixas pressões, elevando a umidade do solo e o volume precipitado.

O ano de janeiro de 2013 foi o mês com mais datas de deslizamentos. Este ano, que seguiu após o ano padrão seco de 2012, teve seu início marcado pela entrada de uma frente fria nos dois primeiros dias do ano e que se tornou estacionária no dia seguinte: em 48h do dia 02 e 03 houve um acumulado de 446 mm, 396 mm e 233 mm nas estações de Mambucaba, Perequê e Bracuí, respectivamente. Uma nova frente chega no dia 09 e a partir do dia 10 a ZCAS associou-se a frente e dita os ritmos da pluviometria nesse mês: durante 9 dias eleva as precipitações locais, favorecendo os 170 deslizamentos em 23 dias (Figura 54 e 55).



## 6. Discussões finais e conclusões

A compreensão de extremos pluviométricos e o desencadeamento de deslizamentos de terra associa-se a muitos aspectos da sociedade e é, ou pelo menos deveria ser, de vital interesse para planejadores e gestores públicos. Saber compreender o clima, e as possibilidades de prevê-lo, amortizá-lo e estudá-lo passa por diversos nuances teóricos e metodológicos, mas ao tomarmos como um recurso estratégico a ser pensado portas se abrem para discussões mais aprofundadas que podem vir a ser feitas a respeito do clima.

Pensá-lo como recurso permite-nos enxergar o clima como uma relação ao ajustamento humano como coloca Monteiro (1991). Uma visão onde o homem torna-se agente climático, dentro do processo de constituição da sociedade, tendo reverberações sobre sua organização espacial. O que aproxima em termos teórico-analíticos o clima da Geografia, que significa, por sua vez, enxergar na Geografia um modo de analisar de forma racional o pensamento a partir das égides espaciais, onde as perguntas de “o que”, “onde” e “porquê” se destacam ao analisarmos as posições e as espacialidades dos fenômenos. Por sua vez, a definição dos extremos como concebe White (1974) *apud* Gregory (1985) um evento que excede a capacidade do sistema humano de refletir, absorver ou amortecer os impactos dos fenômenos meteorológicos tem uma relação muito próxima das visões acima apresentadas. E, nesse sentido, a discussão da climatologia geográfica visa trazer um modelo teórico-analítico para compreensão do clima, e dos eventos extremos sobre os quais recaiu o grande interesse da presente pesquisa.

Analisando a caracterização pluviométrica com base nas noções da climatologia geográfica de Monteiro, foi possível observar que as chuvas possuem uma variação temporal bem demarcada com cerca de oito meses de bastante pluviosidade, mas com índice bem superiores entre dezembro-março, e quatro meses mais secos. De maneira análoga, as maiores contribuições para o total da precipitação anual e número médio de dias chuvosos se dá nesses meses mais úmidos indicando uma temporalidade mais propícia para a ocorrência dos deslizamentos. Nos meses chuvosos encontram-se a maioria dos extremos mensais, o coeficiente de variação, por outro lado, demonstra que as chuvas variam de forma mais significativa no inverno em relação um ano a outro, o que pode ajudar a justificar a grande variação de deslizamentos ocorridos nesse período; tendo meses com nenhuma ocorrência e meses com uma quantidade significativa para um período, em geral, mais seco.

A espacialidade da precipitação aponta para uma maior concentração da precipitação na área do Perequê e Mambucaba a maior parte do ano. Foi possível observar que a espacialidade e os volumes da precipitação localmente tem uma relação íntima com o relevo local, concentrando-se na área da costa de maior proteção e concentração de umidade, uma vez que os ventos ali fluem de maneira perpendicular a encosta, como aponta o EIA/RIMA da Usina Nuclear de Angra III (2002) e Soares e colaboradores (2005). Assim o efeito do relevo atuará de forma importante na distribuição espacial da precipitação como apontam Barry e Chorley (2003). A espacialidade, além do relevo, nos permite enxergar a influência de fatores de continentalidade e maritimidade. Áreas mais interioranas, embora não tenham estações, através da interpolação com base nas estações dos municípios vizinhos nos permitiu identificar essa variação climato-geográficas. Variações igualmente observáveis na análise dos padrões, tendo uma relação climato-geográfica bastante similar, como já atestado em trabalhos anteriores.

A compreensão de uma relação da precipitação e mais precisamente dos extremos – o extremo definido para o município foi um número médio de 36,1 mm, calculado com bases nos extremos de cada estação via percentil 90 pelo o que aponta o IPCC (2007) – com os deslizamentos é algo caro na presente pesquisa e se deu nos moldes de compreender a água como mecanismo importante, nem sempre fundamental e único, para as rupturas mecânicas e hidrológicas dos solos nas encostas, enxergando-os como um mecanismo propulsor. Entendendo-o dessa forma buscou-se compreender limiares críticos que possibilitassem a ocorrência de deslizamentos. Essa correlação baseou-se igualmente na base teórica do clima e das chuvas e seus extremos como fenômeno geográfico e em decorrência da visão sistêmica que também é importante na Geografia. Assim, os deslizamentos por estarem dentro desta visão sistêmica tem pilares geográficos de análise e podemos investigar os mesmos e suas espacialidades.

A espacialidade como método de análise geográfico, por excelência, permite compreender como os deslizamentos se distribuem ao longo do município. Esse como vimos concentra-se nas áreas centrais, áreas de alta concentração populacional e com habitações nas encostas e em muitos casos ultrapassando o limite de cota estabelecido no plano diretor municipal. Os deslizamentos de terras concentram-se espacialmente e geomorfologicamente nas serras escarpadas, nos morros e nas serras locais, em menor número. Essas áreas especialmente as de Serra, são áreas de elevadas declividades e solos, em geral, pouco desenvolvidos como Cambissolos e Neossolos, e podem constituir-se em importantes características físico-ambientais de explicação do porquê dos deslizamentos ali ocorrem. Este

fato se comprova ao observar que áreas de precipitações mais intensas não são as onde os deslizamentos mais ocorrem, com exceção da área de Bracuí que tem bairros com muitos deslizamentos, embora menores que a área central. Além disso, ao avaliarmos o tipo de uso do solo a maioria dos deslizamentos ocorreram em áreas urbanas, seguidas das de formações herbáceas, demonstrando o papel da atividade antrópica como fator importante como condicionante à deflagração de MGMs.

Começando a traçar as conclusões acerca das relações dos deslizamentos com a precipitação, já tendo-os abordado espacialmente, o enfoque que discute-se agora é em relação a análise rítmica esta possibilitou compreender os padrões anuais e mensais da precipitação. A análise desse método, em associação com os deslizamentos, possibilitou enxergarmos que a maioria dos deslizamentos ocorreram em anos padrões chuvosos, seguido dos secos e depois os normais em Bracuí, para as demais estações o ano padrão chuvoso também representou a maior quantidade de deslizamentos totais, porém em Mambucaba os padrões de maior relevância após o chuvoso foram tendente a seco e tendente a chuvoso, e no Perequê normal e tendente a chuvoso. Nesse sentido, foi levantada a hipótese que em padrões anuais secos, meses ou episódios mais chuvosos, ou seja, numa menor escala de análise temporal, poderiam ser mais importantes para justificar os deslizamentos nesses anos; uma vez que a umidade antecedente seca, grandes chuvas seriam fundamentais para que se ocorressem deslizamentos. Esta hipótese foi confirmada ao analisar os dados mensais, tal como fora discutido no capítulo de relação entre os padrões e os deslizamentos, embora ainda não encerrassem a discussão o que nos levou a análises escalares menores, que foi respondida pelos estudos das envoltórias.

Quando discute-se as tendências da precipitação observa-se nelas possibilidades interessantes de compreensão. Analisando em termos anuais, e já correlacionando com os deslizamentos, a maioria dos deslizamentos para Bracuí ocorreram em anos de concentração moderada à alta, implicando que anos onde as chuvas se concentram mais em dado período é nesse período que igualmente os deslizamentos tendem a se concentrar. Nisso recai a correlação das frequências das precipitações e suas concentrações com uma análise das classes de precipitações responsáveis pelos deslizamentos, deste modo a leitura feita permite observar que chuvas de menores valores acumulados por serem mais constantes ainda causam uma quantidade considerável de deslizamentos. Embora chuvas de maiores volumes (e que ocorrem em menos dias) sejam menos frequentes ainda são responsáveis pela grande maioria dos deslizamentos. Para ambos os casos a umidade antecedente é relevante; implicando no entendimento de como a concentração da precipitação se dá em um dado local seria importante

para se calcular a probabilidade de ocorrência de deslizamentos. Tal questionamento se constitui em possibilidades de investigações interessantes.

No que tange a circulação, embora seja uma análise inicial, alguns pontos chamam a atenção as vias com maior ocorrência se deram em ruas internas aos bairros, causando impactos importantes, porém mais localizados em teoria. Impactos de maior escala também puderam ser sentidos e observados em vias que interligam mais de um bairro do município, assim deslizamentos nessas vias trazem impactos consideráveis e fundamentais em toda a dinâmica econômica e social, porém nesta pesquisa tratou-se de uma análise preliminar a partir dos dados que foram possíveis de serem coletados. Análises que envolvam a maior parte dos atores que estão em contato direto com essa rede de circulação são importantes de serem avaliados como coloca Pelling (2011): políticos; engenheiros de trânsito e logísticos de empresas; motoristas; empresas de ônibus; taxistas; os usuários; e aqui pode-se elencar como ator até mesmo a própria Eletronuclear e a Petrobrás que constituem-se como empresas que podem vir a ter suas atividades interrompidas devido ao impedimento da via de circulação.

Neste contexto, em uma abordagem sistêmica, clima e relevo se inter-relacionam mostrando a complexidade da análise. E essa complexificação torna-se ainda maior ao inserirmos o meio social na discussão. Assim como sugestões de pesquisas futuras tem-se a busca de compreender melhor a importância de solos, fatores do relevo como declividade e da geologia, procurando por exemplo realizar classificações de solo que permitam uma escala mais detalhada de análise, ou associando às próprias características vegetacionais, para assim se ter um arcabouço mais completo de análise espacial, geográfica e ambiental dos deslizamentos. Blaikie *et al* (1994) atestam que os desastres naturais tem suas características além de ambientais também políticas, assim avaliá-los em termos de políticas públicas, do plano diretor da cidade e da forma como os agentes estatais incorporam a população em suas decisões ambientais, ou como os atores sociais e políticos lidam com esses desastres é outro ponto de grandes possibilidades para pesquisas futuras até para associar às possíveis vulnerabilidades de determinados grupos sociais.

Quanto a gênese dos fenômenos compreendê-la permite que se antevêja possíveis impactos causados por deslizamentos, através dos benefícios que a previsão do tempo pode trazer, o acompanhamento através de dados de satélites, de estações meteorológicas e radar da evolução dos sistemas atmosféricos atuantes ao longo de dado período que interfiram na umidade do solo, propiciem acumulados consideráveis, e que precisam estar dentro do escopo de investigações sobre deslizamentos. Os dados coletados nos permitiram observar a importância dos sistemas de baixas pressões, dos cavados e das frentes frias na ocorrência dos

deslizamentos localmente. Deste modo em uma área onde as chuvas ocorrem com frequência considerável, sobretudo de setembro à abril, e que possuem quase 50% de cada mês com dias de chuvas, compreender a gênese dos fenômenos, o tempo de atuação dos mesmos, tem uma relação importante para previsão de deslizamentos.

Todas as discussões até aqui elaboradas permitem compreender e levar a uma leitura de um quadro geral geomorfo-climatológico no que tange a discussão precipitação - deslizamentos. E auxiliam no elucidar desse quadro, chegar a discussão final acerca do objetivo principal dessa pesquisa. Desta forma, a busca por limiares críticos e de acumulados de dias podem auxiliar no monitoramento da pluviosidade e de sistemas meteorológicos que interfeririam em limites críticos para a deflagração de processos geomorfológicos. Assim, foi constatado que no cálculo de envoltórias que um acumulado de 3 dias, já seria importante na análise, onde acumulados a partir de 71 mm em 24h já seriam possíveis de acontecer deslizamentos, e para acumulados de 3 dias de 136 mm, precipitações inferiores a 27 mm já seriam suficientes para deflagrar deslizamentos.

Logo compreender a dinâmica sistêmica entre deslizamentos e precipitação como visto é extremamente complexo, porém indícios importantes puderem ser observados e concluídos. Há porém uma necessidade de melhorar e aprofundar os estudos dessa correlação, sobretudo com a gênese dos fenômenos, com as situações econômicas vigentes e que orientam a população na sua ocupação, na forma como a mesma lida com o espaço urbano. Há uma necessidade clara de mais dados, não só meteorológicos e pluviográficos, pois possibilitariam uma melhor compreensão e em uma escala ainda mais reduzida, como a horária por exemplo, que para fins de deslizamentos são ainda mais importantes. Nesse sentido os dados do CEMADEN podem trazer num futuro dados valiosos (uma vez que hoje no município a série de dados hoje é inferior a 5 anos), mas também geomorfológicos, pedológicos e geográficos como o uso e ocupação do solo. Procuramos mostrar que o clima tem possibilidades inúmeras de diálogos com a Geografia, buscando sempre essa relação seria possível “... um entendimento que não se restringe ao aspecto físico-natural, mas pelo significado e repercussão que os fenômenos atmosféricos causam nas relações entre sociedade e natureza medidas pela ação dos agentes sociais” (CORNETTA, 2012, p. 58). Assim com bases nas realidades locais e espaciais poderiam levar a melhores tomadas de decisões tanto em bases operacionais da defesa civil, mas também políticas.

## 7. Referências bibliográficas

- ABHYANKAR, A. A. ; PALIWAL, M. ; PATWARDHAN, A. ; INAMDAR, A. B. Identification of vulnerable areas in municipal corporation of Greater Mumbai due to extreme events based on socio economic indicators. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. v. 42, n. 7, p. 907-914, 2013.
- AGUIAR, T. C. *Planejamento Ambiental: o desafio da interação sociedade/natureza*. 1ª ed., Rio de Janeiro: Editora Consequência, 2016.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente, p. 42-52, 2009.
- ARMOND, N. B. *Entre eventos e episódios - As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – UNESP/Presidente Prudente. 239f. 2014.
- ARMOND, N. B., SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, Ano 13, v. 20, p. 5-28, 2017.
- AYOADE, J. O. *Introdução a Climatologia para os Trópicos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 17ªed, 2013.
- BARRY R. G.; CHORLEY, R. J. *Atmosphere, Weather and Climate*. London, New York, Canada: Routledge, 8<sup>th</sup> ed., 2003.
- BARRY, R. G. Precipitation. In: CHORLEY R. J. (ed.). *Water, Earth and Man. A synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio-Economic Geography*. London: Methuen and Co. Ltd., 1969.
- BENHAMROUCHE, A.; BOUCHERF, D.; HAMADACHE, R.; BENDAHMANE, L.; MARTIN-VIDE, J., NERY, J.T. Spatial distribution of the daily precipitation concentration index in Algeria. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, V. 15, 617–625, 2015
- BIRKMANN, J. *Measuring vulnerability to natural hazards. Towards Disaster Resilient Societies*. Tokyo, New York, Paris: UNU-Press, 2006.
- BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. *At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability, and disasters*. Routledge: London and New York, 1ªed, 1994.
- BONUCELLI, T. *Estudos dos movimentos gravitacionais de massa e processos correlatos da área urbana de Ouro Preto/MG*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Área de Geotecnia). USP-São Carlos. 191f., 1999.
- BOTKIN D. B.; KELLER, E. A. *Ciência Ambiental. Terra, um planeta vivo*. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- CAINE, N. The Rainfall Intensity: Duration Control of Shallow Landslides and Debris Flows. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*. v.62, n. 1-2, p. 23-27, 1980.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. *Eng. Agric [online]*. v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.
- CARVALHO, L; JONES, C.; LIEBMANN, B. Extreme precipitation events in southeastern South America and large-scale convective patterns in the South Atlantic Convergence Zone. *Journal of Climate*, v. 15, p. 2377-94, 2002.
- CASTRO, J. M. G., Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil., Ouro Preto, 138 f., 2006.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISA SOBRE DESASTRES, Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: volume Rio de Janeiro, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 63 p., 2011.

- CHAVES, R. R.; CAVALCANTI, I. F. A. Eventos extremos de precipitação sobre o sul do Nordeste. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, XI, 2000. Anais. Rio de Janeiro, p. 1002-1008, 2000.
- CHORLEY R. J. (ed.). *Water, Earth and Man. A synthesis of Hydrology, Geomorphology, and Socio-Economic Geography*. London: Methuen and Co. Ltd., 1969.
- CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. In: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs.). *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 416-440, 2006.
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil*. 3 edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 47-109, 2005.
- COLLISCHONN, E. Compreendendo e avaliando a construção do risco relacionado às inundações urbanas, In: MENDONÇA, F. (org.). *Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliências associados*. Jundiaí: Paco Editorial, p. 51-74, 2014.
- COLLISHONN, E. *Inundações em Venâncio Aires, RS: interações entre as dinâmicas natural e social na formação de riscos socioambientais urbanos*. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis: UFSC, 327f., 2009.
- CORNETTA, A. *A financeirização do clima: uma abordagem geográfica do mercado do carbono e suas escalas de operação*. São Paulo: Annablume - FAPESP, 2012.
- COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R. Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geografia Física*. v. 5, n. 1, p. 87-100, 2012.
- COUTINHO, S. V. A precipitação e sua influência na movimentação de massa: estudo de um caso. *Health and Environment Journal*, v. 3, n. 2, 2002.
- DERECZYNSKI, C. *Variabilidade e mudanças climáticas* (Comunicação Oral). Instituto de Geociências – IGEO/UFRJ, 2013. Disponível em: [https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas\\_seminarios/seminarios/2013\\_1\\_06\\_claudine.pdf](https://www.if.ufrj.br/~pef/aulas_seminarios/seminarios/2013_1_06_claudine.pdf). Acesso em: 25/01/2019
- DERECZYNSKI, C.; SILVA, W. L.; MARENGO, J. Detection and projections of climate change in Rio de Janeiro, Brazil. *American Journal of Climate Change*. v.2, p. 25-33, 2013.
- DESCHAMPS, M. V. *Vulnerabilidade Socioambiental na região metropolitana de Curitiba*, Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), UFPR, Curitiba, 155f., 2004.
- DIAS, M. A. F. S. Eventos extremos: fenômenos naturais ou consequências das ações humanas? (Comunicação Oral). Departamento de Ciências Atmosféricas, USP, 2011. Disponível em: <http://www.abas.org/eventosextrmos/iag.pdf>. Acesso em: 25/02/2018.
- EICHHOLZ, C. W.; CAMPOS, C. R. J.; MARIA, D. M.; PINTO, L. B. Evento extremo de precipitação observado no Norte do Rio Grande do Sul. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. v. 38-1, p.86-94, 2015.
- 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](http://www.eletronuclear.gov.br/hotsites/eia/v02_00_indices.html). Acesso em: 04/12/2013.
- FARIAS, O. G.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Climatologia*. v.21, p. 172 – 185, 2017.
- FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.123-194, 1996.
- FRAGOSO, M.; CORREIA, E.; SANTOS, M. Avaliação da concentração diária da precipitação em Portugal Continental e no arquipélago de Cabo Verde. *WSCRA2010 - II*

- Workshop Internacional sobre Clima e Recursos Naturais nos Países de Língua Portuguesa*, Bragança, Portugal, 15 - 19 Novembro, p. 245-250, 2010
- FREITAS, F. Riscos Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Mambucaba: O Mapeamento Participativo na Identificação das Inundações no Bairro Parque Mambucaba – Angra Dos Reis, RJ, IN: XIII SBCG, Juiz de Fora (MG), Anais (Pen-Drive), p. 2257-2268, 2018
- FUTAI, M. M. Landslides in unsaturated condition caused by rainfall infiltration, In: LACERDA, W. A.; PALMEIRA, E. M.; COELHO NETTO, A. L.; EHRlich, M. (eds.). *Extreme rainfall induced landslides: an international perspective*. São Paulo: Oficina de textos, 2014.
- GENOVEZ, A. M.; ZUFFO, A. C. Chuvas intensas no estado de São Paulo: estudos existentes e análise comparativa. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, v.5, n.3, p.45-58, 2000.
- GIANNECCHINI, R. Relationship between rainfall and shallow landslides in the southern Apuan Alps (Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences*. n. 6, p.357-364, 2006.
- GOMES, P. C. C. *Quadros Geográficos: uma forma de ver, uma forma de pensar*, 1ª Ed, Rio de Janeiro: Bertrand, 2017.
- GREGORY, K. J. *A Natureza da Geografia Física*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1985.
- GUERRA, A. J. T. Encostas e a Questão Ambiental. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (orgs). *A Questão Ambiental – Diferentes Abordagens*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 149-209, 2008.
- GUERRA, A. J. T. Encostas Urbanas. In: *Geomorfologia Urbana*. GUERRA, A.J.T. (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 13-42, 2011.
- GUIDICINI, G.; IWASA, O. Y. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamento em meio tropical úmido. Publicação IPT/São Paulo. n. 1080, 48 p., São Paulo - SP, 1976.
- GUIMARÃES, G. *Uma Cidade Para Todos: O Plano Diretor do Município de Angra dos Reis*. Rio de Janeiro: Editora Forense, 1997
- HOFFMANN, T. C. P.; MENDONÇA, F.; GOIDARD, G. Eventos climáticos extremos: inundações e gestão de riscos no Paraná, In: MENDONÇA, F. (org.). *Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliências associados*. Jundiaí: Paco Editorial, p. 223-260, 2014.
- HUGGETT, R. *Geoecology: an evolutionary approach*. Londres: Routledge, 1995.
- IBGE 2017, Índices estatísticos por cidades: Angra dos Reis (RJ). Cod: 3300100, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/angra-dos-reis/panorama>, acesso em 02/04/2018.
- IDE, F. S. *Escorregamento, meteorologia e precipitação: uma proposta de método de investigação para a prevenção e monitoramento de riscos, aplicado em Campinas/SP*. Dissertação (mestrado em Tecnologia Ambiental). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. 153f, 2005.
- INMET, *Glossário de termos – Instituto Nacional de Meteorologia*, disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario>, acesso em 09/02/2019.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. PARRY, M. L.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J. P.; VAN DER LINDEN, P. J.; C.E. Hanson, C.E. (eds.). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. 976p. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4\\_wg2\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4_wg2_full_report.pdf). Acesso em: 23/03/2018.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. The Core Writing Team; PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A. (eds.). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC*, Geneva, Switzerland, 151p. Disponível



- em: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_wcover.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf). Acesso em: 02/04/2017
- JUNIOR, A. F. A.; ZUQUETE, L. V. Zoneamento geológico-geotécnico de parte da região da Costa Verde – RJ escala 1:10.000. *Revista Brasileira de Geociências*. v. 37, p. 727-744, 2007.
- KONEČNÁ, J., PODHRÁZSKÁ, J., KUČERA, J., Erosion Processes and Sediment Transport during Extreme Rainfall-Runoff Events in an Experimental Catchment. *Pol. J. Environ. Stud.* v. 23, n. 4, p. 1195-1200, 2014.
- KONRAD II, C. Synoptic-scale features associated with warm season heavy rainfall over interior southeastern United States. *Weather and Forecasting*, v. 12, p. 557-571, 1997.
- LEPSCH, I. F. *19 Lições de Pedologia*, Ed. Oficina dos Textos, São Paulo, 2011
- LUMB, P. Slope failures in Hong Kong. *Quarterly Journal of Engineering Geology*. v. 8, p. 31-35, 1975.
- MANN, M. E. Climate over the past two millennia, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* V. 35, p.111–136, 2007
- MARANDOLA, E.; HOGAN, D. J. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos, *Rev. Ambiente e Sociedade*. v. 7, n. 2, 2004.
- 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: 23/06/2015.
- MARTINEZ-CASANOVAS, J. A.; RAMOS, M. C.; RIBES-DASI, M. Soil erosion caused by extreme rainfall events: mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models. *Geoderma*. v. 105, p. 125–140, 2002.
- MARTIN-VIDE, J. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal Of Climatology*. V. 24, P. 959-971. 2004
- MATTOS, V. C. *Extremos Pluviométricos: Da Gênese à Espacialidade e Efeitos. Um Estudo Preliminar sobre Pluviosidade e a Deflagração de Eventos Geomorfológicos na Região da Costa Verde (RJ)*. Monografia (conclusão de curso de Graduação em Bacharel em Geografia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 169 f. 2017.
- MATTOS, V. C.; SILVA T. M., Chuvas extremas no Litoral Sul Fluminense e a deflagração de eventos geomorfológicos: uma breve análise de seus efeitos, gênese e espacialidade. In: XII ENANPEGE, Porto Alegre, Anais, p. 1172-1183, 2017. Disponível em: <http://www.enanpege.ggf.br/2017/anais/arquivos/GT%2004/1842.pdf>.
- MATTOS, V.C.; SILVA, T.M. Ocorrência de chuvas extremas e desencadeamento de eventos geomorfológicos no litoral sul fluminense. *Revista de Geografia – PPGEO - UFJF*. v.6, n.1, p. 35-49, 2016.
- MEEHL, G. A.; KARL, T.; EASTERLING, D. R.; CHANGNON, S. An Introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts and model projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*. v. 8, n. 3, p. 413-416, 2000.
- MENDONÇA, F. A. Riscos, vulnerabilidades e resiliência socioambientais urbanas: novações na análise geográfica. *Revista da ANPEGE*. v. 7, p. 99-109, 2011.
- MENDONÇA, F. A. Sistema socioambiental urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, F.A. (org.). *Impactos socioambientais urbanos*. Curitiba: Ed. UFPR, p.185-207, 2004.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos. 2007.
- MICHIELS, P.; GABRIELS, D.; HARTMANN, R. Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing the monthly rainfall distribution in Spain. *Catena*, vol. 19, p. 43-58, 1992

- MILANESI, M. A.; GALVANI, E. Efeito orográfico na Ilha de São Sebastião (Ilhabela–SP). *Revista Brasileira de Climatologia*. v. 9, n. 7, p. 68-79, 2011.
- MILANESI, M. A. *Avaliação do efeito orográfico na pluviometria da vertente oposta da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)*. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia – USP. 141f. 2007.
- MITCHEL, J. K. Coping with Natural Hazards and Disasters in US-Megacities - Perspectives on the Twenty-First Century. *Geojournal – Disaster Vulnerability of Megacities*, v. 37, n. 3, p. 303-312, 1995.
- MONTEIRO, C. A. F. *Clima e excepcionalismo. Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: UFSC, 1991.
- MONTEIRO, C. A. F. O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: problemas e perspectivas. *Série Teses e Monografias - IGEOG-USP*, n. 28, 54p, 1976.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (orgs.). *Clima Urbano*. São Paulo: Editora Contexto, 2003.
- NEVES, G. Z. F; Estudo Cienciométrico da Revista Brasileira de Climatologia entre 2005 a 2018., In: XIII SBCG, Juiz de Fora (MG), Anais (Pen-Drive), p. 31-40, 2018
- OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZZI, A.P. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas de Séries Históricas de Precipitação Pluvial Anual. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande – PB, UAEEA/UFCG. v.14, n.11, p. 1186-1192, 2010.
- OLIVEIRA, N. S. *Relação entre chuva e deslizamento em Nova Friburgo/RJ*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 145f., 2014.
- OLIVER, J. E. Monthly precipitation distribution: a comparative index. *Prof Geogr* 32:300–309, 1980.
- PARIZZI, M. G.; SEBASTIÃO, C. S.; VIANA, C. S. Correlações entre chuvas e movimentos de massa no município de Belo Horizonte. *Revista do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGCUFGM*. v. 6, n. 2, p. 49-69, 2010.
- PELLING, M. *Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation*. Abingdon (England), New York, Canada: Routledge, 1<sup>st</sup> Ed., 2011.
- PESSOA NETO, D. P. Relação entre movimentos de massa e a presença de água. 2011. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=918>, Acesso em: 25/01/2018.
- PETSCH, C.; MONTEIRO, J. B. 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, 2010, Maringá, PR, Brasil. Anais. Maringá: DGE - UEM. Artigos. p.287-297, Cd-rom.
- PINHEIRO, G. M.; MARTIN-VIDE, J. Concentração diária da precipitação na bacia do alto Iguaçu, Paraná, Brasil. *Revista RA'E'GA'*, Curtibiba, v.39, p.266-279, 2017
- POCIDONIO, E. A. L. P. *Diagnóstico turístico do município de Angra dos Reis (RJ)*. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 86f., 2011.
- POCIDONIO, E. A. L.; SILVA, T. M., Considerações sobre a dinâmica evolutiva da paisagem no município de Angra dos Reis (RJ) e debate sobre magnitude e frequência de eventos pluviométricos extremos, In: IX SINAGEO, Rio de Janeiro, Anais, 2012. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2012/trabalhos/10/10-269-200.html>. Acesso em: 19/01/2018.
- RAMPAZO, N. A. M. *Aplicação do índice de concentração (IC) para avaliação das tendências da precipitação no estado de São Paulo*. Monografia (Graduação em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 74f., 2014.

- RETCHLESS, D.; FREY, N.; CHONGMING, W.; HUNG, L.S.; YARNAL, B. Climate extremes in the United States: recent research by physical geographers. *Physical Geography*. v. 35, p. 3-21, 2014
- SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. *Revista da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia (ANPEGE)*. v. 4, p. 61-88, 2008.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Medir o tempo, ler, interpretar e sentir o clima: uma climatologia a serviço do entendimento das relações entre os homens e seus lugares, entre as sociedades e seus territórios. In: da SILVA, C.A., FIALHO, E.S., STEINKE, E.T. (Orgs), *Experimentos em Climatologia Geográfica*, Dourados (MS), Ed. UFGD, p.23-32, 2014.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima: Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. *Revista Terra Livre*. AGB: São Paulo, v. 17, p. 49-62, 2001.
- SANTO, F. E.; VITERBO, P.; DE LIMA, I. P.; RAMOS, A. M. Tendências nos extremos de precipitação diária, em Portugal continental. In: FIGUEIREDO, T.; RIBEIRO, L. F.; RIBEIRO, A. C. (eds.). II Workshop clima e recursos naturais – Bragança, Portugal. Livro de Actas. Ed. Instituto Politécnico de Bragança, p. 177-184, 2010.
- SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.14, n.2, p.115–123, 2010.
- SANTOS, I. A.; BUCHMANN, J. Would be the Atmosphere Chaotic? *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*, v. 36-2, p. 40-44, 2013.
- SANTOS, J. C. N.; ANDRADE, E. M.; MEDEIROS, P. H. A.; GUERREIRO, M. J. S.; PALÁCIO, H. A. Q. Effect of Rainfall Characteristics on Runoff and Water Erosion for Different Land Uses in a Tropical Semiarid Region. *Water Resource Manage*, v.31, p. 173–185, 2017.
- SANTOS, M. A. *Técnica Espaço Tempo. Globalização e meio técnico-científico informacional*. São Paulo: Hucitec, 1998.
- SELBY, M. J. Slopes and wheathering. In: GREGORY, K. J.; WALLING, D.E. (orgs.). *Human Activity and Enviromental Processes*. West Sussex, Inglaterra: Editora John Wiley. p. 183-205, 1987.
- SIDLE, R.C.; OCHAI, H. Landslides: Processes, Prediction, and Land Use, Washington D.C., USA. *American Geophysical Union, Water Resources monograph*, 18, 2006.
- SILVA, T. M. *A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 265f., 2002.
- SILVA, T. M.; SILVA, S. L. S.; SILVA, S. C. 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*, 92p., 2012.
- SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C.; CHAN, C. S.; CAVALCANTI, I. Future changes in temperature and precipitation extremes in the state of Rio de Janeiro (Brazil). *American Journal of Climate Change*. v.3, p. 353-365, 2014.
- SMITH, K. *Enviromental Hazards: assessing risk and reducing disaster*. 3ª Ed. London, Routledge, 2001, 392 p.
- SOARES, E. P. *Caracterização da precipitação na região de Angra dos Reis e a sua relação com a ocorrência de deslizamentos de encostas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 145f., 2006.
- SOUZA, M. J. L. Desenvolvimento sócio espacial. In: SOUZA, M. J. L. *Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 261-300, 2013

- TARTIZANA, C.; OGURA, A. T.; CERRI, L. E. S.; ROCHA, M. C. M. . Análise de correlação entre chuvas e deslizamentos – Serra do Mar – município de Cubatão. In: V Congresso Brasileiro de Geologia e Engenharia, Anais, v. 2 , p. 225-236, São Paulo, 1987.
- TAVARES, R.; MENDONÇA, F. Ritmo climático e ritmo social: pluviosidade e deslizamentos de terra na serra do mar – Ubatuba/SP, In: MENDONÇA, F. (org.). *Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliências associados*. Jundiaí: Paco Editorial, p. 75-114, 2014.
- TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: porquê ocorrem? In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente, p. 11-24, 2009a.
- TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. In: TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico/Secretaria do Meio Ambiente, p. 25-38, 2009b.
- TURNER, B. L.; KASPERSON, R. E.; MATSON, P. A.; MCCARTHY, J. J.; COREL, R. W.; CHRISTENSEN, L.; ECKLEY, N.; KASPERSON, J. X.; LUERS, A; MARTELLO M. L.; POLSKY, C; PULSIPHER, A; SCHILLER, A., A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 100, n. 14, p. 8074-8079, 2003.
- VAES, G. The spatial relevance of extreme rainfall events. *Novatech*, p.171-178, 2007.
- VARGAS Jr., V. R.; CAMPOS, C. R. J. Eventos severos no Rio Grande do Sul no Período 2004-2008. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. v. 38.1, p.137-146, 2015.
- VARNES, D. J. Slope movement types and process, In: CLARK, M. (ed.), *Landslides Analysis and Control*, p. 11-33, 1978.
- VICENTE, A. K. *Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas*. Dissertação (Mestrado em Geografia), UNICAMP, Campinas, SP, 143f., 2005.
- VYSHVARKOVA, E.; VOSKRESENSKAYA, E.; MARTIN-VIDE, J. Spatial distribution of the daily precipitation concentration index in Southern Russia. *Atmospheric Research*, V. 203, p. 36–43, 2018
- ZANELLA, M. E.; OLIMPIO, J. L. S. Impactos pluviais, risco e vulnerabilidades em Fortaleza – CE, In: MENDONÇA, F. (org.). *Riscos climáticos: vulnerabilidades e resiliências associados*. Jundiaí: Paco Editorial, p. 115-136, 2014.
- ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. *Climatologia Geográfica: Teoria e Prática de Pesquisa*, Ed. Alínea, Campinas (SP), 2013.