

## ANÁLISE DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS PARA A PREVENÇÃO DE RISCOS DE INSTABILIDADE DE ENCOSTAS NO MUNICÍPIO DE NITERÓI

### ANALYSIS OF PLUVIOMETRIC DATA FOR THE PREVENTION OF RISKS OF INSTABILITY OF SLOPES IN THE MUNICIPALITY OF NITERÓI

Antonio Marcos Marques do Nascimento<sup>1</sup>  
Elson Antonio do Nascimento<sup>2</sup>

**RESUMO:** A presente pesquisa tem por objetivo analisar os dados pluviométricos da rede de medidores de chuva instalada na cidade de Niterói com a finalidade de orientar a Defesa Civil e a população nas ações de redução dos riscos de deslizamentos de encostas. O estudo baseou-se nos dados dos pluviômetros de Niterói e informações obtidas no Plano Municipal de Redução de Riscos de Inundação e Instabilidade de Encostas desenvolvido por uma equipe de pesquisadores da UFF. Foram estudados os registros pluviométricos no período de 2014 a 2019. Constatou-se que durante o referido período não foi registrada intensidade superior à observada em 2010, quando ocorreu o desastre do morro do Bumba. A maioria das precipitações máximas medidas no período situou-se abaixo de 41 mm no período de 24 h, limite considerado crítico para a cidade de Niterói. O tempo de retorno calculado para as maiores precipitações registradas apresentou valores inferiores a oito anos, indicando a não ocorrência de eventos extremos, no período analisado. As localizações dos dezesseis pluviômetros mostram-se adequadas à cobertura de todo o município, constituindo-se em um importante recurso para o auxílio aos órgãos da Defesa Civil e da população nas ações de redução dos riscos de instabilidade de encostas.

182

**Palavras-chave:** Chuvas intensas. Pluviômetros. Niterói.

**ABSTRACT:** This research aims to analyze the rainfall data from the network of rain gauges installed in the city of Niterói in order to guide the Civil Defense and the population in actions to reduce the risk of landslides on slopes. The study was based on data from rain gauges in Niterói and information obtained from the Municipal Plan for Reducing Flood Risks and Slope Instability developed by a team of researchers from UFF. Rainfall records from 2014 to 2019 were studied. It was found that during that period there was no intensity higher than that observed in 2010, when the disaster of Morro do Bumba. Most of the maximum rainfall measured in the period were below 41 mm in the 24-hour period, a limit considered critical for the city of Niterói. The return time calculated for the largest registered ones presented values inferior to eight years, indicating the non-occurrence of extreme events in the analyzed period. The locations of the sixteen rain gauges are adequate to cover the entire municipality, constituting an important resource for assisting Civil Defense agencies and the population in actions to reduce the risks of instability on slopes.

**Keyword:** Heavy rain. Rain gauge. Niteroi.

<sup>1</sup> Mestre em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense - UFF, Pós-graduado em Engenharia da Qualidade pela Universidade Cândido Mendes - UCAM e Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. No momento atua como Engenheiro de Fiscalização de Obras e Contratos na Universidade Federal Fluminense - UFF. E-mail: antonionascimento@id.uff.br.

<sup>2</sup> Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense. Doutor em Engenharia Civil pela COPPE/UFRJ, Mestre em Engenharia Civil pela UFF, Graduação em Engenharia Agrônoma pela UFRJ. Pós-Graduação na Área de Recursos Hídricos na Holanda e em Israel. Atualmente é professor na Graduação, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e no Programa de Pós-Graduação em Segurança e Defesa Civil, ministrando as disciplinas: Fenômenos de Transportes, Engenharia de Dutos Submarinos, Modelagem Numérica em Recursos Hídricos e Gerenciamento de Eventos Extremos em Recursos Hídricos.

## 1. INTRODUÇÃO

Precipitações pluviométricas de alta intensidade são eventos climáticos comuns em países de clima tropical, principalmente nos meses de verão, que geram grandes transtornos para a população local, devido a desastres resultantes de deslizamentos e inundações.

Chuvas intensas, também chamadas de chuvas extremas, são aquelas que apresentam grandes lâminas precipitadas em pequenos intervalos de tempo (ARAÚJO et al., 2008; SILVA et al., 2003). Segundo Cecílio et al. (2009), por causar grandes escoamentos superficiais, as chuvas intensas são capazes de provocar prejuízos, tanto em áreas urbanas quanto em áreas agrícolas, como inundações de terras cultivadas, erosão do solo, perdas de nutrientes e assoreamento de corpos da água, dentre outros. Dessa forma, a sua quantificação, bem como o conhecimento da forma como se distribui temporal e espacialmente são de extrema importância em estudos relacionados aos dimensionamentos de projetos hidráulicos, como de irrigação, disponibilidade de água para abastecimento doméstico e industrial, obras de controle de inundações e erosão do solo (CECÍLIO et al., 2009; RODRIGUES et al., 2008; SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010). Nesse sentido, a quantificação dessas chuvas pode ser realizada por meio do emprego de equações de chuvas intensas, também denominadas de curvas intensidade-duração-frequência - IDF, que relacionam a duração, intensidade e frequência de ocorrência de um evento em determinado período de retorno (DAMÉ; TEIXEIRA; TERRA, 2008).

Marques *et al.* (2011) expuseram um levantamento de casos de chuvas extremas no período 1981 a 1996 e suas consequências para a população da cidade do Rio de Janeiro, abrangendo também a citada pesquisa outros municípios como a cidade de Niterói. O referido trabalho desenvolveu-se a partir do acompanhamento das notícias publicadas em jornais da época, resgatando os principais eventos de chuvas extremas e diante disso, avaliar a utilidade da informação meteorológica no sentido de alertar a população a respeito dos possíveis desastres deflagrados pelas chuvas intensas.

A partir de 1996, o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, que havia sido inaugurado em 1994, passou a disponibilizar suas previsões de tempo, com base em índices de precipitação ou intensidades de chuva. Além disso, também em 1996, a partir do recém-criado Sistema de Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro, iniciou-se uma nova fase para os serviços de

previsão de tempo na cidade, inclusive contando com a instalação de uma rede de 30 pluviômetros (PRISTO, 2009). Dessa forma, a pesquisa e o levantamento de eventos climáticos extremos relacionados à precipitação pluviométrica tornaram-se mais acessíveis a partir do ano de 1996.

Podem ser considerados, como marco da mudança de paradigma das ações de prevenção contra deslizamentos de encostas no Brasil, dois eventos que ocorreram no Estado do Rio de Janeiro, em abril de 2010 e em janeiro de 2011. O primeiro foi o deslizamento de massa ocorrido no Morro do Bumba em Niterói na noite de 07 de abril de 2010 e o segundo, também com deslizamentos de massa, ocorreu na Região Serrana do Rio de Janeiro no dia 12 de janeiro de 2011, ambos causando um grande número de vítimas fatais (DERECZYNSKI et al., 2017).

Esses dois eventos deixaram evidente a vulnerabilidade brasileira frente a desastres de grandes proporções, principalmente aqueles resultantes de chuvas intensas. Uma importante reação foi a promulgação da Lei Federal 12.608 de 10 de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC e a criação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, tendo a missão de desenvolver, testar e implementar um sistema de previsão de ocorrência de desastres naturais em áreas suscetíveis de todo Brasil e emitir alertas, em colaboração direta com o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil.

A despeito destas iniciativas, as informações disponíveis sobre precipitações pluviométricas, para fins de auxílio nas medidas de prevenção, ainda necessitam de análise crítica quanto à confiabilidade dos dados. A presente pesquisa tomou por base os registros dos dados do CEMADEN e as recomendações do Plano Municipal de Redução de Riscos e Instabilidade de Encostas e Inundação, do município de Niterói - PMRR, visando contribuir para a melhoria da qualidade das informações pluviométricas disponíveis para os agentes públicos e para a população.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo, foi realizada uma pesquisa quantitativa com o objetivo de analisar as estações pluviométricas da cidade de Niterói, no que tange à prevenção de riscos de instabilidades das encostas e antecipação de situações de calamidades e perigo de natureza hidrológica em decorrência de chuvas torrenciais. A análise destes dados visa a

umentar a confiabilidade destas informações para auxiliar no desenvolvimento de medidas estruturais e não estruturais na redução dos riscos de instabilidade de encostas e inundação.

Tomou-se como base os dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (CEMADEN, 2020).

A partir desses dados, foram selecionadas as maiores alturas de chuvas em 10 minutos dos meses correspondentes ao intervalo de 2014 a 2019. Esta avaliação foi feita para cada uma das 16 estações pluviométricas do município de Niterói.

Dessa forma, as amostras foram organizadas de forma cronológica, as quais foram utilizadas no estudo, separadas por ano, mês e intensidade de chuva.

As informações contidas no Plano Municipal de Redução de Riscos - PMRR de Niterói foram compatibilizadas com a utilização da malha de Thyssen sobre o mapa de Niterói para identificação das áreas de abrangência de cada pluviômetro, utilizando imagem de satélite.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Niterói possui uma população de 515.317 habitantes (IBGE, 2020) e uma geografia privilegiada com área de 129.375 quilômetros quadrados localizada entre a Baía da Guanabara a Oeste, Oceano Atlântico ao Sul, Maricá a Leste e São Gonçalo ao Norte.

A Região Oceânica é o grande ponto de belezas naturais, pois conta com as melhores praias: Praia de Fora e Praia do Imbuí, com seus valores históricos; Praia de Piratininga, Praia de Camboinhas, Praia de Itaipu e Praia de Itacoatiara, e as mais famosas e visitadas, Praia do Sossego, Praia Adão e Eva e Prainha, locais calmos e paradisíacos; além, da Lagoa de Piratininga e a Lagoa de Itaipu.

O relevo do Município de Niterói caracteriza-se pela conjugação de extensas faixas de planícies, notadamente junto ao litoral, que são interrompidas por conjuntos alongados de morros.

Niterói tornou-se a primeira cidade da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, além da capital, a possuir rede pluviométrica autônoma, operada 100% pela Defesa Civil Municipal (PREFEITURA DE NITERÓI, 2020).

No novo formato, o órgão gera todos os dados pluviométricos do município, sem depender do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. O primeiro pluviômetro automático de Niterói foi adquirido pelo laboratório Hidrouff da Universidade Federal Fluminense e foi instalado no telhado da Escola de Engenharia, em São Domingos. Este medidor serve para avaliar o impacto das chuvas com os seus riscos eventuais, tanto de enchentes quanto de instabilidade de encostas, com cobertura nos bairros do Ingá, São Domingos, Icaraí e Vital Brasil. O pluviômetro em questão é de grande importância, pois na sua região de cobertura estão situados os morros do Estado, do Cavalão, do Palácio e a região do museu de Arte Contemporânea (NASCIMENTO, 2012).

Além da quantidade de chuva, os equipamentos, que operam com energia solar, também medem o índice de radiação solar e a temperatura. Os pluviômetros foram instalados em locais mapeados pela Defesa Civil do Município, de forma a permitir uma melhor cobertura das regiões com características climáticas específicas e com proximidade de áreas com encostas e de vulnerabilidade a deslizamentos e inundações.

O objetivo da Prefeitura de Niterói, em relação aos pluviômetros, é de permitir uma maior capacidade de gerenciar riscos e antecipar situações de crise devido às chuvas. Estes equipamentos são fundamentais para a estratégia do sistema de sirenes dos núcleos de Defesa Civil na cidade. O sistema de alerta por meio de sirenes é acionado de acordo com um protocolo específico, referente ao volume de chuvas imediato e acumulado, sob o monitoramento ininterrupto da seção de meteorologia da Secretaria municipal de Defesa Civil. Quando as sirenes são acionadas, as pessoas que residem em áreas de risco devem se dirigir para os pontos de apoio pelas rotas seguras previamente sinalizadas em suas comunidades.

Ressalta-se que ao longo do ano de 2020, o sistema foi ampliado em 16% de sua capacidade. Antes havia 32 sirenes. A cidade conta com 37 equipamentos em funcionamento nas seguintes localidades: Alarico de Souza (Zulu), Bairro de Fátima, Beltrão, Biquinha, Boa Vista, Bonfim, Coronel Leôncio, Grota, Iara, Igrejinha, José Leomil, Maceió, Martins Torres, Morro da Penha, Morro do Bumba, Morro do Castro, Morro do Cavalão, Morro do Estado, Morro do Palácio, Pé Pequeno, Peixe Galo/Salinas, Preventório, Retiro Saudoso, Santa Bárbara, São José, Teixeira de Freitas, Viradouro, Caramujo, Caniçal, Boa Esperança e em Jurujuba.

Além das sirenes e alarmes, a Secretaria também possui aparelhos que permitem o monitoramento em tempo real do volume de chuva que incide em cada região, possibilitando a tomada de ações de avaliação de risco e de eventuais evacuações de área. A cidade tem em funcionamento pluviômetros automáticos, que cobrem toda a área do município, com prioridade nas áreas de maior risco, onde estão localizadas as sirenes. Assim, com esses equipamentos automatizados obtém-se através da tecnologia uma ajuda qualitativa em prol do gerenciamento de emergências.

A condição indispensável para uma cidade ser monitorada pelo CEMADEN é possuir um mapeamento de suas áreas de risco de deslizamento em encostas, de alagamentos e de enxurradas, além de estimativa da extensão dos prováveis danos decorrentes de um desastre natural.

A implantação de um sistema de alerta de chuvas fortes consiste na combinação de informações para identificar a cada período de chuvas, os momentos de iminência de perigo de deslizamento e interromper o ciclo de calamidades que atinge principalmente as encostas, onde habita grande parte da população menos favorecida.

Os pluviômetros da cidade de Niterói totalizam 16 unidades, como: Várzea das Moças, Praia João Caetano, Santa Barbara, Maria Paula, Fonseca, Charitas, Morro do Castro, Piratininga, Piratininga 1, Piratininga 2, Barreto, Jurujuba, Largo da Batalha, Visconde de Itaboraí, Badu e Itaipu. Entretanto, existe, um pluviômetro instalado na Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN localizado em Niterói, mas por ser uma Organização Militar da Marinha do Brasil, responsável pela navegação e projetos relacionados à área marítima e fluvial brasileira, decidiu-se apenas citar, mas relata-se que este equipamento não foi mensurado neste trabalho.

As áreas de maior preocupação da Defesa Civil são as comunidades suscetíveis a calamidades, com grandes quantidades populacionais e situadas em Morros na cidade de Niterói: Morro do Bumba, Ititioca, Morro do Cavalão, Morro do Céu, Morro do Estado, Morro do Preventório, Morro do Palácio, Travessa Herdy, Caramujo, Morro do Santo Cristo, Morro de São Lourenço, Atalaia, Abacaxi, Beltrão Viradouro e Juca Branco. Utilizou-se o Método de Thyssen e o PMRR de Niterói para determinar as áreas e comunidades abrangidas por cada pluviômetro. Foi utilizada imagem de satélite e elaborada a superposição da malha de Thyssen sobre o mapa de Niterói para identificação

das áreas de influências de cada estação pluviométrica. Essas informações foram compatibilizadas com os dados do PMRR de Niterói/RJ (NASCIMENTO et al., 2006).

A Prefeitura Municipal de Niterói antecipou e se preveniu, arquitetando a instalação de algumas estações pluviométricas cobrindo praticamente toda a cidade, no entorno da cidade, com o intento de precaver todas as regiões e as localidades em que se encontram estas estações pluviométricas.

### 3.1 Determinação e Intensidade de Chuva

A intensidade é a precipitação, por unidade de tempo, obtida pela relação  $i=P/t$  (Equação 1). Expressa-se normalmente em milímetros por hora ou milímetros por minuto. A intensidade de uma precipitação apresenta variabilidade temporal, sendo que para análise dos processos hidrológicos, geralmente são definidos intervalos de tempo nos quais é considerada constante (TUCCI, 2004).

Para exemplificar o procedimento de cálculo de intensidade de chuva desenvolvido na presente pesquisa tomou-se por base a precipitação e a duração total da precipitação que registrou a maior altura de chuva em 10 minutos no pluviômetro de Piratininga, correspondente a 23,16mm. Ressalta-se, que o sistema de registro e de transmissão dos dados é efetuado em intervalos de 10 minutos, exigindo que seja realizado o somatório dos valores para obtenção da precipitação total do período, assim como a correspondente duração da chuva. Considerou-se o início da chuva no momento em que houve o primeiro registro de 0,2 mm, no dia 20 de junho às 21h20min e o final da chuva no mesmo dia às 22h50min (Tabela 1).

**Tabela 1** – Altura máxima e duração da chuva – Piratininga

DATA / HORÁRIO	ALTURA DE CHUVA (mm)
2017-06-20 21:10:00.0	0
2017-06-20 21:20:00.0	0,2
2017-06-20 21:30:00.0	12,2
2017-06-20 21:40:00.0	<b>23,16</b>
2017-06-20 21:50:00.0	13,21
2017-06-20 22:00:00.0	4,14
2017-06-20 22:10:00.0	1,57
2017-06-20 22:20:00.0	0,98

2017-06-20 22:30:00.0	0,79
2017-06-20 22:40:00.0	0,39
2017-06-20 22:50:00.0	0,2
2017-06-20 23:00:00.0	0

**Fonte:** adaptado de CEMADEN, 2019

Para a intensidade de precipitação calculada para o hidrômetro de Piratininga correspondente a chuva ocorrida no dia 26 de junho de 2017, obteve-se o valor de 34,04 mm/h, correspondente a altura total de 56,84 mm e duração de 01h 40min ou 100 minutos. O procedimento de cálculo de intensidade de chuva foi adotado para 11 dos 16 pluviômetros instalados em de Niterói. Para chuvas com durações inferiores a 1 hora, adotou-se para o cálculo da intensidade o somatório dos valores registrados no período, evitando-se superestimar os volumes de chuva efetivamente precipitados em função do quociente da fórmula ser inferior a unidade. Os pluviômetros do Largo da Batalha, Maria Paula, Jurujuba, Fonseca e Morro do Castro, evidenciaram inconsistência de dados, sendo suas análises desenvolvidas em tópico específico.

Intensidades de chuva capazes de provocar volumes de precipitação superiores a 41 mm em 24 h são consideradas críticas para Niterói, ou seja, podem causar deslizamento em todas as áreas classificadas pelo PMRR do Município como de risco Alto (GOMES, 2014). Na estação pluviométrica Visconde de Itaboraí, a intensidade de chuva calculada foi de 42,75 mm/h, entretanto a área de abrangência deste pluviômetro é predominantemente de topografia suave ou plana, não sendo classificada como de alto risco. Isto pode explicar o fato de não ter sido registrada ocorrência de deslizamentos nesta região na referida data a despeito do índice elevado de precipitação.

**Tabela 2 -** Altura e Intensidade das precipitações máximas (2014-2019)

Pluviômetro	Altura máxima (mm)	Data do Evento	Duração (h)	Intensidade (mm/h)
Visconde de Itaboraí	21,67	Março 2019	1,50	42,75
Badu	23,17	Abril 2017	2,50	29,76
Piratininga 1	21,44	Abril 2017	1,67	39,90
Santa Bárbara	33,57	Março 2017	1,00	33,57

Itaipu	24,24	Junho 2017	1,50	36,80
Piratininga	23,16	Junho 2017	1,67	34,04
Várzea das Moças	22,58	Junho 2017	1,83	26,57
Barreto	12,6	Março 2016	3,83	15,15
Charitas	15,35	Setembro 2016	3,00	19,22
Piratininga 2	27,2	Março 2016	3,33	35,58
Praia João Caetano	27,27	Outubro 2016	1,00	27,27

Fonte: adaptado de CEMADEN, 2019

No período de 2014 a 2019 não foi registrado, nos pluviômetros de Niterói, precipitação com altura semelhante a que pode ter ocorrido em 07 de abril de 2010, que causou o deslizamento no morro do Bumba entre vários outros acidentes devidos a deslizamentos no Município. Ressalta-se, que na data de 06/04/2010, na cidade do Rio de Janeiro, foi registrado pelo Sistema Alerta Rio uma precipitação de 360,2 mm em 24h na estação pluviométrica do Sumaré. Pela proximidade e semelhança das bacias hidrográficas que se situam no entorno da Baía de Guanabara é razoável considerar que precipitações com valores de mesma magnitude podem ter ocorrido também em Niterói, na referida data.

### 3.2 Tempos de Retorno das Precipitações Analisadas

Em caráter complementar, foi desenvolvido no presente estudo o cálculo do tempo de retorno das principais intensidades de chuvas registradas nos pluviômetros de Niterói. Para cálculo do tempo de retorno foi aplicada a equação de chuvas intensas conhecidas como Equações IDF – Intensidade Duração e Frequencia (Equação 2).

$$i = \frac{a \cdot Tr^b}{(t+c)^d}$$

onde:

i = intensidade da chuva (mm/h).

Tr = tempo de recorrência (anos).

t = período de duração da precipitação (min).

a, b, c e d, coeficientes em conformidade com a Tabela 6.

Foram adotados os coeficientes característicos da Equação IDF de Niterói para o município de Niterói (Tabela 3).

**Tabela 3** – Coeficientes da Equação IDF de Niterói

Cidade	a	b	c	d	R <sup>2</sup>
Niterói (RJ)	1051,078	0,177	11	0,772	0,99897

Fonte: FRAGOSO JUNIOR, 2004

Para o pluviômetro de Visconde de Itaboraí, que registrou a maior intensidade no período estudado, ou seja, 42,75 mm/h, o tempo de retorno calculado foi de 8 anos. Para os demais pluviômetros analisados, os tempos de retorno calculados foram de 8 anos, 3 anos e 1 ano (Tabela 4). Não foi considerado o cálculo de tempo de retorno para os pluviômetros que apresentaram intensidades de precipitação com indícios de inconsistência.

**Tabela 4** - Tempo de retorno das intensidades calculadas

Pluviômetro	Intensidade (mm/h)	Duração (minutos)	Data Evento	Tempo de Retorno (anos)
	I	t	Ano	Tr
Visconde de Itaboraí	42,75	90	2019	8
Badu	29,76	150	2017	8
Piratininga 1	39,9	100,2	2017	8
Santa Barbara	33,57	60	2017	1
Itaipu	36,8	90	2017	3
Piratiniga	34,04	100,2	2017	3
Varzea das Moças	26,57	109,8	2017	1
Barreto	15,15	229,8	2016	1
Charitas	19,22	180	2016	1
Praia João Caetano	27,27	60	2016	1

Fonte: Desenvolvido pelos autores

### 3.3 Riscos de Instabilidade de Encostas em Niterói/R

Ferrari *et al.* (2004) relatam que a ocorrência de morros isolados no Ingá, São Lourenço e Centro, inseridos na ampla área de planícies compreendido desde Icaraí ao Sul até a Ilha da Conceição, São Lourenço e Barreto ao Norte.

Ao analisar a suscetibilidade a deslizamentos de uma determinada área, um importante fator a ser considerado é a vegetação. A vegetação influencia diretamente os processos hidrológicos, reduzindo a quantidade, a velocidade e a energia da água que atinge

o solo através da precipitação. Desta forma, o potencial erosivo das gotas da chuva sobre o solo diminui. A vegetação original do município é típica da Mata Atlântica, que hoje só está preservada em poucos locais, como, por exemplo, a Serra da Tiririca.

O Município também conta com campos inundáveis, mangue e restinga. Cabe ressaltar que a Mata Atlântica é uma floresta com características tropicais, ou seja, é perenifólia (não costuma perder suas folhas).

Quando ocorrem as precipitações, o solo absorve uma parcela da água, no entanto, outra parte escoar em forma de enxurrada na superfície do terreno. A parte da água que se infiltra no solo se confronta com alguns tipos de rochas impermeáveis, no qual a água não encontra passagem e começa a acumular-se em um único local tornando, dessa forma, o solo saturado, não suportando o peso e se rompe, desencadeando deslizamentos.

A tragédia no Morro do Bumba ocorreu no dia 7 de abril de 2010 no bairro Viçoso Jardim, periferia de Niterói/RJ. O desastre ocorrera pelo deslizamento de uma encosta em região que abrigara um antigo lixão da cidade. O desfecho trágico deveu-se à intensa ocupação da área atingida, com um elevado número de vítimas fatais e centenas de famílias desabrigadas. As causas da tragédia giram em torno do grande volume de chuvas do período e da fragilidade do solo, por conta de sua destinação no passado.

De acordo com Amorim, Quelhas e Motta (2014) a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro elaborou um Plano de Ações onde uma das bases é a Estratégia Internacional de Redução de Desastres - EIRD da Organização das Nações Unidas - ONU. Este Plano visa minimizar os grandes impactos ocasionados pelos desastres.

No Rio de Janeiro as chuvas torrenciais que geralmente assolam o Estado no verão ocasionam grandes enchentes e deslizamentos. Este problema agregado às características do relevo e a ocupação desordenada da cidade afeta principalmente os moradores das áreas de risco. Este artigo baseia-se na revisão da literatura com foco no referencial teórico do Plano de Contingência da Cidade do Rio de Janeiro.

Nascimento *et al.* (2006) através do Relatório PMRR cita que a ocupação urbana altera as características originais dos terrenos, podendo potencializar instabilizações. Desmatamentos, cortes inadequados no solo, execução de aterros impróprios, deficiência de concepção ou ausência de sistema de drenagem, construção de moradias em calhas naturais, obstruindo talvegues, ausência de redes de esgotamento sanitário, tubulações de

água e de esgoto com vazamento, lançamentos de lixo e entulho, constituem exemplos correntes típicos da inadequação na forma de ocupação.

Por esses fatores, é comum a ocorrência de acidentes frequentemente causadores de vítimas entre a parcela da população mais carente, sobretudo nos períodos chuvosos. Em época de chuvas intensas, encostas diversas são palcos de fenômenos de movimento de massa, constituindo deslizamentos de terra, corrida de lama e rolamentos de blocos de rocha.

Considerando-se a necessidade de reduzir o risco de desastres provocados por chuvas intensas, cabe citar a importância do Plano Municipal de Redução de Risco de Inundação e Instabilidade de Encostas de Niterói que desenvolveu o Mapa de Suscetibilidade da cidade e identificou os diferentes graus de risco nas diversas regiões deste município (PMRR, 2006). E entre outros estudos, o projeto elaborou um mapeamento dos setores de risco onde identificou os diferentes graus de probabilidade de escorregamento.

O estudo de caso de Niterói permite que se estabeleça um nível de alerta para precipitações acumuladas em 24 horas, considerando-se, sobretudo, que atualmente, além da previsão de ocorrência de chuva, os serviços meteorológicos divulgam também os índices de intensidade de chuva previstos.

Desta forma, ações devem ser tomadas como parte de uma estratégia global, para dar início aos procedimentos de mobilização das equipes responsáveis e alerta à população de possíveis riscos, visando à redução de desastres em áreas de encostas suscetíveis aos escorregamentos causados por deslizamentos em períodos chuvosos no Município de Niterói.

## CONCLUSÕES

Recomenda-se a verificação periódica dos dados apresentados através de instalação de testemunhos e análise frequente dos dados pluviométricos. A distribuição espacial e o número de pluviômetros instalados mostram-se adequados para o município de Niterói. Entretanto, evidenciou-se a necessidade de garantia da qualidade dos valores de quantidade de chuva medidos e transmitidos.

Para o cálculo da intensidade de chuva cuja duração é inferior à uma hora, recomenda-se adotar o somatório das alturas de chuvas acumuladas nesse período de

tempo. A aplicação do quociente correspondente ao total precipitado pelo tempo poderia resultar em um valor muito superior ao volume de chuva efetivamente precipitado. Os tempos de recorrência, calculados para as maiores intensidades de chuvas registradas nos pluviômetros de Niterói, no período de 2014 a 2019, apresentaram valores inferiores a oito anos. Por outro lado, ressalta-se que chuvas consideradas intensas e com alta capacidade de causar danos, geralmente, estão associadas a tempos de recorrência elevados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, M. F.; QUELHAS, O. L. G.; MOTTA, A. L. S. **A resiliência das cidades frente a chuvas torrenciais: estudo de caso do plano de contingência da cidade do Rio de Janeiro.** Sociedade & Natureza. vol.26 no.3 Sept./Dec. 2014. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-451320140003](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-451320140003)>. Acesso em: 10 ago. 2020.

ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, n. 2, p. 162-169, 2008.

CECÍLIO, R. A. **Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo.** Ambi-Água, v. 4, n. 3, p. 82-92, 2009.

CEMADEN, **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: [www.cemaden.gov.br](http://www.cemaden.gov.br)

194

DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A; TERRA, V. S. S. **Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para pelotas - RS.** Revista Engenharia Agrícola, v. 28, n. 2, p. 245-255, 2008.

DERECZYNSKI, C. P.; CALADO, R. N.; BARROS, A. B. **Chuvas Extremas no Município do Rio de Janeiro: Histórico a partir do Século XIX**, 2017.

FERRARI, A. L.; SILVA, A. **Projeto avaliação das encostas de Niterói com vistas aos fenômenos de deslizamentos - Setor 1 (Zonas Centro, Norte e Sul).** Instituto de Geociências da Universidade Federal Fluminense e Secretaria Municipal de meio Ambiente e Recursos Hídricos da Prefeitura de Niterói. Niterói, 2004.

FRAGOSO JUNIOR, C.R. **Regionalização da Vazão Máxima Instantânea com base na Precipitação de Projeto.** ReRH - Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. V1, Nº1, Jul./Dez. 2004. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p5-13, 2004.

GOMES, P. L. **Análise de Dados Pluviométricos para a Prevenção de Riscos de Instabilidade de Encostas no Município de Niterói.** Tese (Doutorado em engenharia civil). Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, UFF, 2014.

MARQUES, J. J. G. S. M. **Erosividade das chuvas na Região de Sete Lagoas, MG.** Pesq. Agropec. Bras. 33:761-768, 1998

MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; LIMA, J. M.; OLIVEIRA, M. S. **Krigagem e Inverso da Distância para Interpolação dos Parâmetros da Equação de Chuvas Intensas**. In: Revista Brasileira de Ciências do Solo, V27, Nº 5, Viçosa – MG, p925-933, 2003.

NASCIMENTO, A. E.; BIENENSTEIN, R.; SILVA, L. F. M. **PMRR - Plano Municipal de Redução de Riscos e Instabilidade de Encostas e Inundação, do município de Niterói**. Prefeitura Municipal de Niterói. Universidade Federal Fluminense, UFF, 2006.

NASCIMENTO, A. E. **UFF instala primeiro medidor de chuvas de Niteroi**. Extra, Rio de Janeiro, 10/01/12. Disponível em: <<http://extra.globo.com/noticias/rio/uff-instala-primeiro-medidor-de-chuva-de-niteroi-3629400.html>>. Acesso em: 28 out. 2021.

PFASFTETTER, O. **Chuvas Intensas no Brasil**. Rio de Janeiro. DNOS. 1957

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. **Regiões de Planejamento**. 2014. Disponível em: [http://www.urbanismo.niteroi.rj.gov.br/wp-outent/uploads/2014/09/SMW\\_Mapa\\_Barros\\_2014.pdf](http://www.urbanismo.niteroi.rj.gov.br/wp-outent/uploads/2014/09/SMW_Mapa_Barros_2014.pdf)>. Acesso em: 04 out. 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE NITERÓI. Disponível em: <http://www.niteroi.rj.gov.br/2020/12/22/defesa-civil--alerta-uso-de-sirenes-em-comunidades-pode-salvar-vidas/>. Acesso em: 08 out. 2021.

PRISTO, M V de J; DEREZYNSKI, C. P.; Souza, P. R. de; M., W. F. **Climatologia de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro**. Rev. bras. meteorol. vol.24 no. 1 São Paulo, Mar. 2009.

RODRIGUES, J. O. **Equações de intensidade-duração frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará**. Scientia Agraria, v. 9, n. 4, p. 511-519, 2008.

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.

SILVA, D. D. **Equações de Intensidade-Duração Frequência da Precipitação Pluvial para o Estado de Tocantins**. Engenharia na Agricultura, v. 11, n. 4, p. 1-8, 2003.