

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO



David de Lima Santos

**Limiar de precipitação que pode gerar deslizamentos nos complexos de risco de Maceió**

Maceió  
2018

David de Lima Santos

**Limiar de precipitação que pode gerar deslizamentos nos complexos de risco de Maceió**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Orientador: Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza

Maceió  
2018

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**

Bibliotecária Responsável: Janis Christine Angelina Cavalcante – CRB: 1664

S2371 Santos, David de Lima.

Limiar de precipitação que pode gerar deslizamentos nos complexos de riscos de Maceió / David de Lima Santos. – 2018.

68 f.: il. color.

Orientador: Vladimir Caramori Borges de Souza.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2018.

Bibliografia: f. 64-68.

1. Desastres naturais. 2. Áreas de risco – Maceió/AL. 3. Precipitação atmosférica. 4. Deslizamentos de terra. I. Título.

CDU: 624:502.58



## Folha de Aprovação

DAVID DE LIMA SANTOS

LIMIAR DE PRECIPITAÇÃO QUE PODE GERAR DESLIZAMENTOS NOS  
COMPLEXOS DE RISCO DE MACEIÓ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento.

Em: 28/03/2018

Prof. Dr. Vladimir Caramori Borges de Souza  
(Orientador - PPGRHS/CTEC/UFAL)

### Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Ruberto Fragoso Júnior  
(Examinador interno – PPGRHS/CTEC/UFAL)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Joana D'Arc Freire de Medeiros  
(Examinadora externa – UFRN)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de participar de um programa de Mestrado tão relevante para a sociedade.

Aos meus pais, Pedro e Maria por sempre confiarem que o conhecimento é uma das bases para formação técnica e também pessoal das pessoas, e por sempre estarem ao meu lado me apoiando e aconselhando na busca do que é certo.

À minha esposa Roselane, minha companheira de todas as horas, pela paciência e compreensão pelas horas abdicadas da família para dedicação ao trabalho de dissertação.

Ao meu orientador Vladimir Caramori, que mesmo ciente das dificuldades vividas por mim durante a passagem pelo curso, nunca deixou de me apoiar e orientar.

À defesa civil do município de Maceió, por ter disponibilizado os dados de registros de ocorrências e sempre estar disponível para tratar do trabalho quando necessário.

Aos professores do curso de mestrado pelos ensinamentos e experiências compartilhadas durante todo o curso.

## RESUMO

Os desastres naturais são eventos que causam perdas imensuráveis, é um tema que vem sendo discutido mundialmente. As precipitações atmosféricas podem causar desastres, catástrofes de proporções gigantescas. No Brasil, em estados como o Rio de Janeiro, sirenes para emissão de alertas são acionadas todo ano, avisando a população sobre a possibilidade da ocorrência de eventos de deslizamentos, enxurradas, inundações, causados por fortes chuvas. No estado de Alagoas, alguns eventos ficaram marcados na história do estado e do País, como um dos maiores já ocorridos, destacando-se o ano de 2010 onde vários municípios foram atingidos, e o do ano de 2004 onde, em Maceió, 14 pessoas morreram, 1.090 ficaram desabrigadas, 450 ficaram desalojadas. No evento do ano de 2017, 7 pessoas morreram na cidade de Maceió, devido às chuvas que caíram no período chuvoso. O município de Maceió é o mais populoso do estado de Alagoas e apresenta cerca de 575 áreas de Risco, divididas em 06 complexos de risco. A Defesa Civil registra as ocorrências causadas por diversos fatores, entre eles as fortes chuvas. Este trabalho buscou através das avaliações das ocorrências registradas de deslizamentos de terra e das chuvas registradas, sugerir limiares de chuvas para as áreas de riscos de Maceió, e evidenciou que não se deve aplicar uma regra geral para a determinação dos limiares, devido as características peculiares de cada região de estudo. Os limiares sugeridos foram de 40 mm para chuvas diárias, com durações mínimas menores ou iguais a 5 h, e o acumulado de 100 mm em 2 dias de chuva.

**Palavras-chave:** Desastres naturais, áreas de risco, precipitação, deslizamentos de terra.

## ABSTRACT

Natural disasters are events that cause immeasurable losses, it is a theme that has been discussed worldwide. Atmospheric precipitation can cause disasters, gigantic proportions. In Brazil, in states such as Rio de Janeiro, sirens for the emission of alerts are triggered every year, informing the population about the possibility of occurrence of events of landslides, floods, floods, caused by heavy rains. In the state of Alagoas, some events were marked in the history of the state and the Country, as one of the big occurred, highlighting the year of 2010 where several municipalities were affected, and the year 2004, in Maceió, 14 people died, 1,090 were displaced, 450 were evicted. In the event of the year 2017, 7 people died in the city of Maceió, due to rainfall that fell in the rainy season. The municipality of Maceió is the most populous of the State of Alagoas and presents about 575 Risk areas, divided into 06 risk. The Civil Defense records the occurrences caused by several factors, among them the Strong rain. This work sought through the evaluations of the recorded occurrences of landslides and recorded rains, suggest rainfall thresholds for risks of Maceió, and pointed out that a general rule for the determination of thresholds should not apply because of the peculiar characteristics of each study region. The suggested thresholds were 40 mm for daily rains, with minimum values equal to or greater than 5 hours, and the accumulation of 100 mm during 2 rainy days

**Keywords:** Natural disasters, areas of risk, precipitation, landslides.

## SUMÁRIO

<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Desastres Naturais .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Inundação, enchente, alagamento, enxurrada .....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Precipitações atmosféricas .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Deslizamentos de terra .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5 Emissão de alertas, registros de ocorrências .....</b>	<b>17</b>
<b>3.6 Relação entre precipitações e ocorrências de deslizamentos de terra .....</b>	<b>22</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>24</b>
<b>Caracterização da área de estudo .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Obtenção e tratamento dos dados de deslizamentos de terra .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Obtenção e tratamento dos dados de chuva .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3 Relação entre chuvas e ocorrências de deslizamentos .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Definição dos Limiares de Precipitação .....</b>	<b>33</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Relação entre ocorrências de deslizamentos de terra e chuvas.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Análises das Intensidades das Chuvas que geram ocorrências.....</b>	<b>47</b>
<b>5.3 Análises dos acumulados de chuvas e número de ocorrências.....</b>	<b>53</b>
<b>5.4 Limiares de Precipitação para Maceió.....</b>	<b>58</b>
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais são acontecimentos que preocupam toda população mundial, tendo em vista o grande potencial de destruição que proporcionam. Terremotos, tsunamis, incêndios, furacões, entre outros, são exemplos de eventos que ocasionaram os maiores desastres naturais já registrados pelo mundo. O valor gasto com desastres naturais no mundo, num período apurado de 10 anos, de 2005 a 2014, chega a marca de 1,4 trilhões de dólares (UNISDR, 2015).

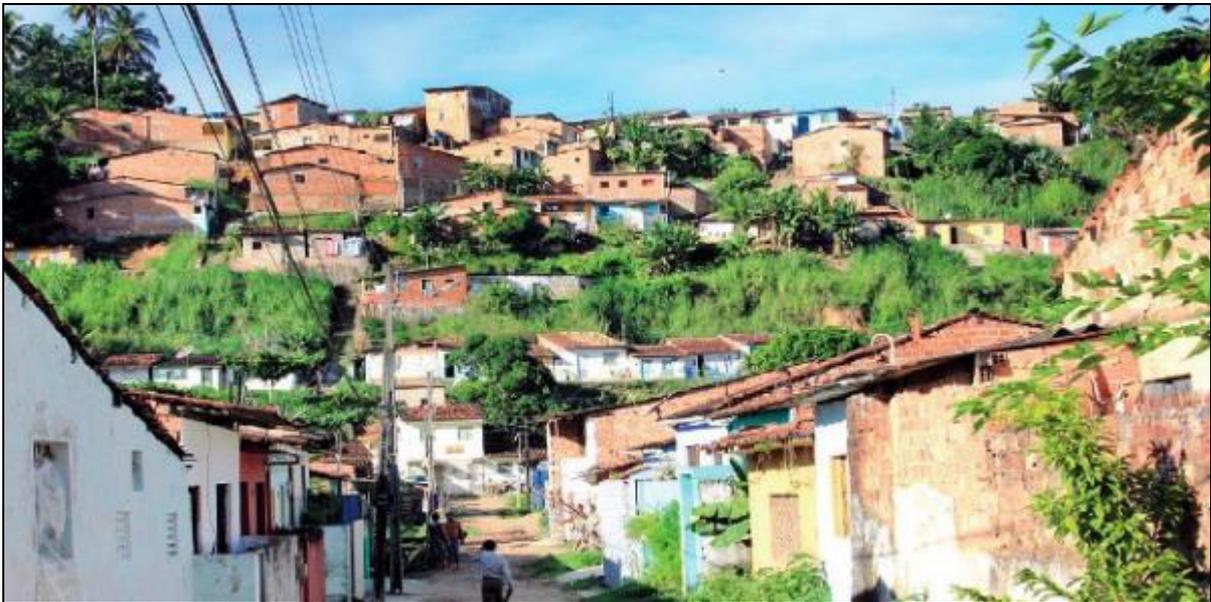
As precipitações podem ser de grande ou baixa intensidade. As precipitações de grande intensidade podem gerar catástrofes quando combinadas com regiões suscetíveis a movimentos terra. Áreas como encostas e margens de rios, são mais frágeis no ponto de vista da influência das precipitações e por este motivo são regiões consideradas de risco (MOLINA, 2015).

No Brasil, o município é o responsável por organizar a ocupação do solo, cabendo a ele a liberação e fiscalização de construções e ocupações nos seus limites territoriais. A falta de fiscalização e a ocupação sem planejamento de áreas de risco, potencializam a possibilidade de ocorrência de desastres ocasionados por fortes chuvas.

A defesa civil (DC) é órgão Municipal que faz o acompanhamento das áreas de risco dos municípios, e também efetua os registros das ocorrências devido as chuvas que caem nessas áreas (Lei 12.608).

As áreas de risco, são caracterizadas como críticas devido a presença de encostas (ver figura 1.1), que foram abrigadas de forma desordenada, e com construções más planejadas e executadas de forma precária, tornando-as com um potencial de vulnerabilidade alto. Um bom exemplo é a execução de cortes e aterros em encostas sem controle e com técnicas de execução fora dos padrões legais (PARIZZI, 2010).

**Figura 1.1 - Áreas de risco (Fonte: Sandro Lima / tribuna independente)**



A literatura revela que a maior influência na ocorrência de deslizamentos é devido altas intensidades de precipitação, independentemente se a precipitação anual está dentro ou fora da média esperada (HUANG et al, 2015).

Estudos de limiares que geram os deslizamentos de terra, apontam a intensidade da chuva (HUANG et al, 2015), e o acumulado de chuvas em um período de tempo de até 4 dias (TATIZANA et al, 1987 a, b), (MOLINA, 2015), como os principais fatores pluviométricos a serem observados na região de estudo dos limiares.

As chuvas que atingiram a cidade de Maceió no ano de 2017 ficaram acima da Normal Climatológica, e quando verificado o período da quadra chuvosa, fugiram totalmente da expectativa (CEMADEN, 2017).

No dia 27/05/2017, foram registrados diversos deslizamentos de terra (ver figuras 1.2 e 1.3), e infelizmente, neste período chuvoso, 7 pessoas vieram a óbito devido aos deslizamentos ocorridos (DEFESA CIVIL, 2017).

Figura 1.2 - Áreas de risco com deslizamento de terra (Fonte: <www.globo.com>)



Figura 1.3 – Noticiário sobre deslizamento com vítimas fatais (Fonte: <www.globo.com>)

globo.com g1 globoesporte gshow famosos & etc videos ASSINE JÁ MINHA CONTA E-MAIL ENTRAR x

MENU G1 ALAGOAS TV GAZETA BUSCAR

## Sobe para sete o número de mortos em deslizamentos de terra em Maceió

Bombeiros encontraram corpos de mulher e de bebê na manhã desta terça (30), na Grota do Santo Amaro, em Maceió. Duas pessoas ainda estão desaparecidas.

Facebook Twitter

Por Carolina Sanches, G1 AL  
30/05/2017 12h14 - Atualizado 30/05/2017 13h26

Afim de minimizar os impactos causados pelas chuvas e apoiar a DC de Maceió nas ações de prevenção de desastres, este estudo busca estabelecer os limiares de precipitação que podem gerar situação de risco para as comunidades inseridas nas áreas críticas definidas pela DC, através da avaliação de relação entre as ocorrências de deslizamentos de terra registradas pela DC e as precipitações ocorridas durante o período de registro das ocorrências.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

- ✓ Sugerir o Limiar de precipitação que pode gerar deslizamento de terra nos complexos de risco de Maceió.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Avaliar a relação entre Precipitação e número de ocorrências registradas na defesa civil de Maceió.
- ✓ Identificar os parâmetros de precipitações mais relevantes.
- ✓ Identificar as precipitações que podem gerar situação de risco de deslizamento de terra.
- ✓ Sugerir os limiares que podem gerar deslizamento de terra para os complexos de risco de Maceió.

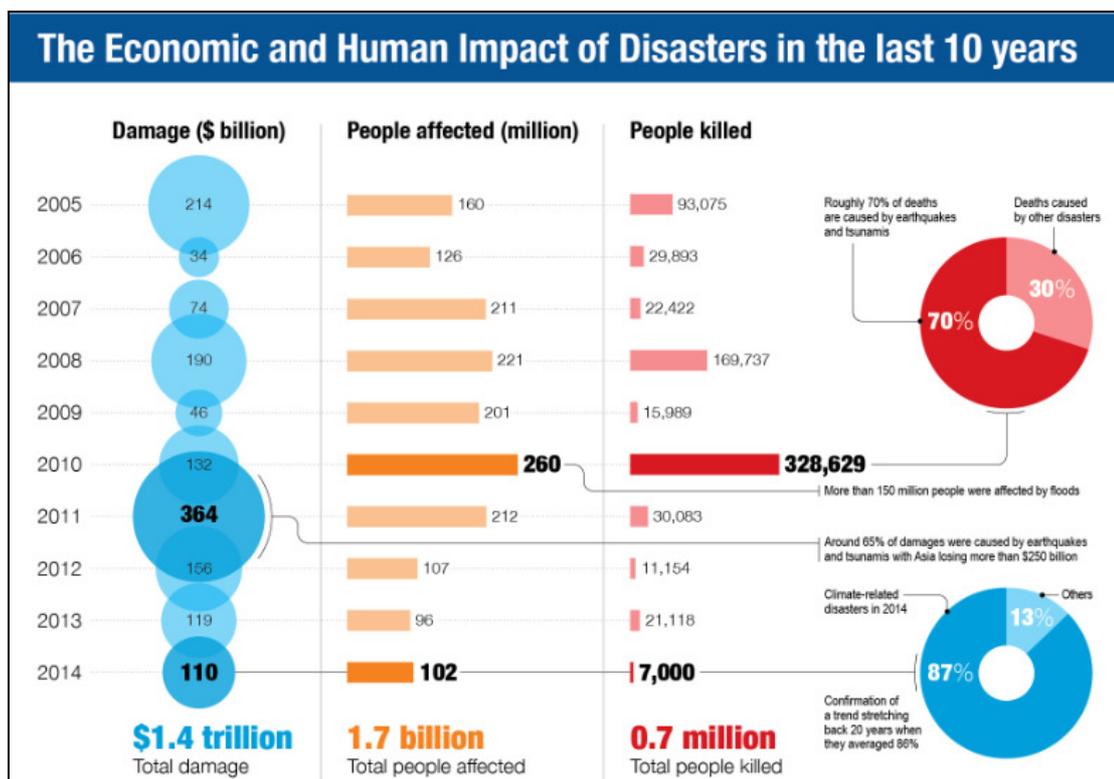
### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Desastres Naturais

Os desastres naturais acontecem quando fenômenos naturais atingem áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhes danos. Podem se apresentar de diversas formas tais como furacões, terremotos, tsunamis, inundações, erosões, entre outros. A humanidade vive em fase de grande avanço tecnológico, dispondo de avanços significativos no entendimento dos desastres naturais. Apesar do avanço tecnológico que vivemos, é sempre essencial respeitar os fenômenos naturais, conhecendo-os e entendendo-os cada vez mais detalhadamente.

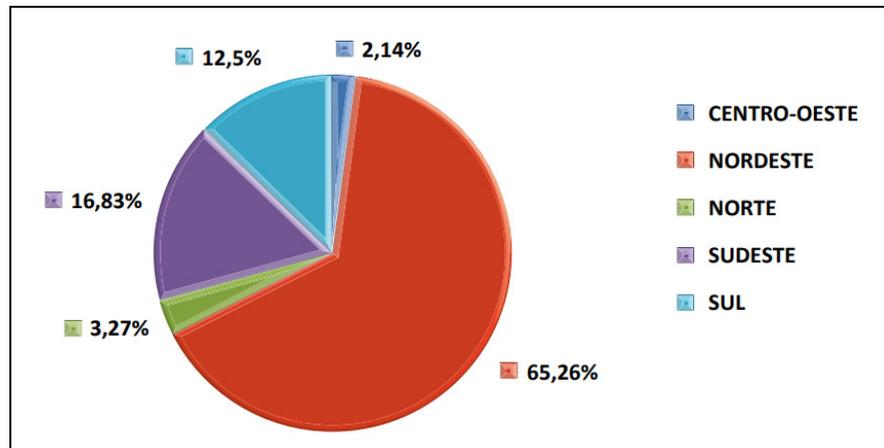
A força da natureza através de um fenômeno natural que é, às vezes imprevisível, e que também tem consequências imprevisíveis, é o maior causador de desastres (UNISDR, 2015). As Nações Unidas, atuam na busca de mitigar os impactos causados por desastres naturais, atuando na prevenção junto à comunidade internacional. Os números apresentados pelas Nações Unidas (figura 3.1), indicam o tamanho do prejuízo causado pelos desastres naturais em todo o mundo.

**Figura 3.1 – Danos causados por desastres naturais no mundo entre 2005 e 2014 (Fonte: UNISDR)**



No Brasil, os desastres naturais mais impactantes são causados pelas secas, inundações e tempestades. Só em 2013, foram registrados 493 desastres naturais no país (BRASIL, 2013).

**Figura 3.2 – Percentual de desastres por região no Brasil em 2013 (Fonte: Ministério da Integração Nacional)**



O nordeste, figura 3.2, é a região com maior número de desastres naturais, sendo o mais impactante os provenientes de Secas. No entanto, os desastres causados pelas fortes chuvas, são os que mais afetam as áreas urbanas do Nordeste (BRASIL, 2013).

No estado de Alagoas, para o município de Maceió, o impacto maior, com potencial de consequências catastróficas, se dá pelas fortes precipitações que atingem o município durante o período chuvoso. Os deslizamentos, consequência direta das fortes precipitações, podem causar danos irreparáveis a população que vive nas áreas classificadas como de risco pela defesa civil municipal (BRASIL, 2013).

O estado de Alagoas registrou entre 1991 e 2012, 166 registros oficiais de enxurradas severas, caracterizadas como desastres. O município de Maceió, registrou 5 ocorrências. (BRASIL, 2013). A tabela 3.1 apresenta os impactos na população.

Tabela 3.1 – Impactos na população devido às fortes chuvas (1991 a 2012)

Ano	Município	Desabrigados	Desalojados	Mortos	Total de Afetados
2004	Maceió	1.090	450	14	1.834
2010	Murici	5.000	10.000	6	15.000
2005	Coruripe	2.067	2.163	3	23.400
2010	Branquinha	1.000	3.200	3	8.000
2009	Barra de São Miguel	130	363	3	2.750
2010	Santana do Mundaú	500	3.750	2	12.000
2010	São Miguel dos Campos	420	3.000	2	4.880
2010	Paulo Jacinto	500	800	1	5.000
2009	Coqueiro Seco	84	-	1	166
2010	São Sebastião	-	-	1	-
2010	Flexeiras	-	134	1	-
2002	Maceió	-	54	1	-
2004	São José da Laje	130	60	1	-
2004	Oliveira	22	112	1	-

Fonte: Brasil (2013)

No ano de 2017, no município de Maceió, foram registrados volumes de chuvas, superiores a Normal Climatológica, neste período foram registradas 315 ocorrências de deslizamentos de terra, e 07 pessoas vieram a óbito (DEFESA CIVIL, 2017).

### 3.2 Inundação, enchente, alagamento, enxurrada

Os eventos de inundação e enchentes são eventos naturais que acontecem nas calhas dos rios, e são classificados de acordo com o nível de água em que o rio se encontra.

Figura 3.3 - Inundação / Enchente (Fonte: Desastres Naturais, Min. Cidades/IPT, 2007)



Além dos eventos de Inundação e Enchentes, outros eventos como Alagamentos e Enxurradas, causam diversos impactos na sociedade. Apesar de terem definições diferentes, todos os eventos citados são decorrentes das Precipitações atmosféricas.

**Figura 3.4 - Definições de Eventos causados por Chuvas (Fonte : Min. Cidades/IPT, pág 42)**

Inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.

As enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.

O alagamento é um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.

A enxurrada é escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Fonte: Min. Cidades/IPT (2007)

No ano de 2010, Alagoas teve o maior evento de desastre natural já registrado devidos as fortes chuvas. Segundo PEDROSA (2010), um dos fatores mais marcantes para os números de afetados pelo evento, foi que a população local havia se acostumado a conviver com as cheias, e que as cidades mais atingidas ocupam, sem exceções, a calha maior do Rio.

O desconhecimento da população, e a falta de fiscalização do poder público com relação a liberação de construções nas calhas e encostas, aumentam as condições de risco de ocorrência de desastres.

### **3.3 Precipitações atmosféricas**

As precipitações estão entre os processos que mais influenciam nos deslizamentos, pois estão diretamente ligadas a recarga do lençol freático, (fluxo lateral e fluxo vertical), interceptação e evapotranspiração, onde os dois últimos estão diretamente ligados à cobertura vegetal do solo (MICHAEL, G. P. 2013).

A definição da precipitação que efetivamente gera risco de deslizamento passa pela realização de estudos técnicos específicos que variam de região para região, pois cada localidade tem características também específicas tais como cobertura do solo, densidade populacional da área, fatores antrópicos da região, declividade de terreno, entre outras. Alguns estudos já realizados internacionalmente, sugerem que uma precipitação efetiva seja considerada como a que se inicia com um acumulado de 4mm/h e mantém esta média por

pelo menos 6h seguidas, tendo seu término quando este acumulado horário fica abaixo de 4mm/h (HUANG et al, 2015).

### **3.4 Deslizamentos de terra**

Os deslizamentos de terra são movimentos rápidos, de porções de terrenos (solos e rochas), com volumes definidos, deslocando-se sob ação da gravidade, para baixo e para fora do talude ou da vertente (TOMINAGA, SANTORO, AMARAL, 2009).

O histórico de deslizamentos ocorridos no Brasil de 1990 até 2014, impulsionaram uma série de estudos e publicações científicas ((TATIZANA, 1987), (ELBACHÁ, 1992), (ALMEIDA, 1993), (ANJOS, 1997), (GUSMÃO, 1997), (FEIJÓ, 2001), (PARIZZI, 2004), (IDE F., 2005), (CASTRO J., 2006). Todos tendem a implantação de ações que objetivam minimizar os impactos causados pelos desastres naturais. As ações mais importantes são a sistematização do monitoramento hidrológico e da topografia, e o registro de ocorrências, com a criação dos bancos de dados, além de um maior desenvolvimento de pesquisas na área. (KOBİYAMA et al, 2015). O estudo da estabilidade das encostas é de grande valia para o conhecimento do comportamento do solo.

Segundo MICHAEL (2014), no caso aplicado ao Rio Cunha, à realização do estudo de estabilidade de inclinação das encostas depende de muitos parâmetros, subdividindo-se em recursos hidrológicos, geotécnicos e variáveis topográficas. MICHAEL conseguiu evidenciar, através dos resultados obtidos em seu estudo, que esses parâmetros estão diretamente ligados e devem ser considerados nos estudos de deslizamentos de massa para a previsão de deslizamentos nas áreas de encostas. A aplicação de modelos que combinam parâmetros geológicos, topográficos e hidrológicos, são aceitas pela comunidade científica, no entanto, é prudente a realização de estudos comparativos de modelos para a aplicação em previsões de deslizamentos. MICHAEL, apresentou para o Rio Cunha um estudo comparativo dos modelos SHALTAB e SINMAP, modelos já testados e aplicados pela comunidade científica, e obteve melhores resultados para o caso em estudo com o modelo SHALTAB, evidenciando que para resultados mais precisos das previsões através de modelos, faz-se necessário também uma avaliação entre eles.

A utilização dos modelos pode ser realizada quando se dispõe dos dados de entrada. Para o caso de encostas de áreas urbanas, é necessário que se estabeleçam as variáveis, caracterizando a área de forma que a mesma seja homogênea para que seja possível a aplicação de modelos (MICHAEL, 2014).

**Figura 3.5 – Deslizamento de terra (Complexo Benedito Bentes – Fonte : Autor)**



**Figura 3.6 – Deslizamento de terra (Complexo Chã-Tabuleiro - Fonte : Autor)**



Para as áreas urbanas, fazer um estudo do solo para as áreas de risco não é uma tarefa fácil, pois há uma grande interferência do homem (fatores antrópicos) no meio. Essas intervenções não são homogêneas, podendo-se obter grandes diferenças para curtos espaços. Uma característica que pode variar de área de risco para área de risco, ou de complexo de risco para complexo de risco é o tipo de construção que está inserida no meio (MOLINA et al, 2015).

**Figura 3.7 – Residência construída com estrutura de baixa resistência (Complexo Benedito Bentes – Fonte : Autor)**



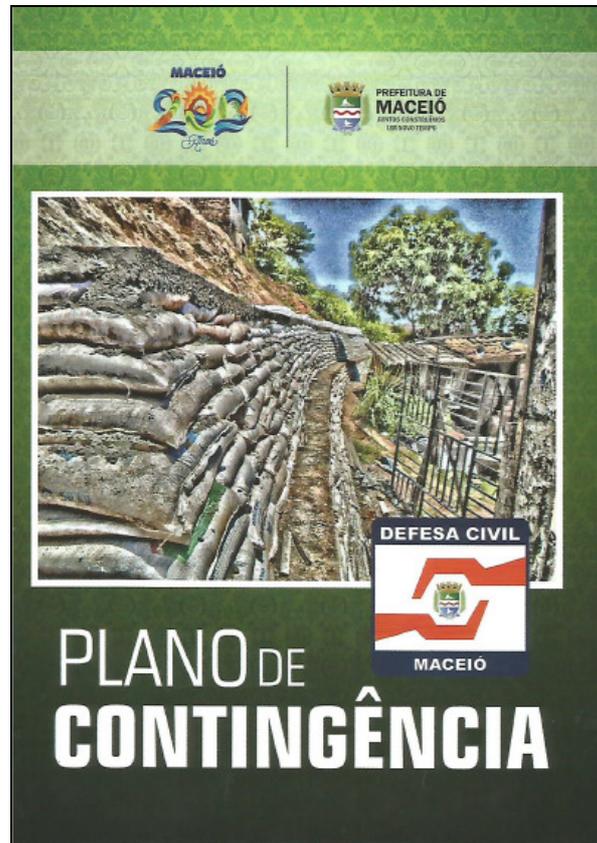
### **3.5 Emissão de alertas, registros de ocorrências**

A Lei nº 12.608 normatiza a PNPDEC (Política Nacional de Proteção e Defesa Civil). A Lei prescreve que é dever da União, Estados e Municípios adotar medidas necessárias à redução de riscos de desastres naturais.

Em Alagoas, o CEDEC (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil) é o órgão a nível estadual e o COMDEC (Coordenadoria Municipal de Defesa Civil), a nível municipal para Maceió, responsáveis por ações na busca de redução de riscos de desastres.

Em Maceió, a COMDEC dispõe do plano de contingência, que direciona suas ações.

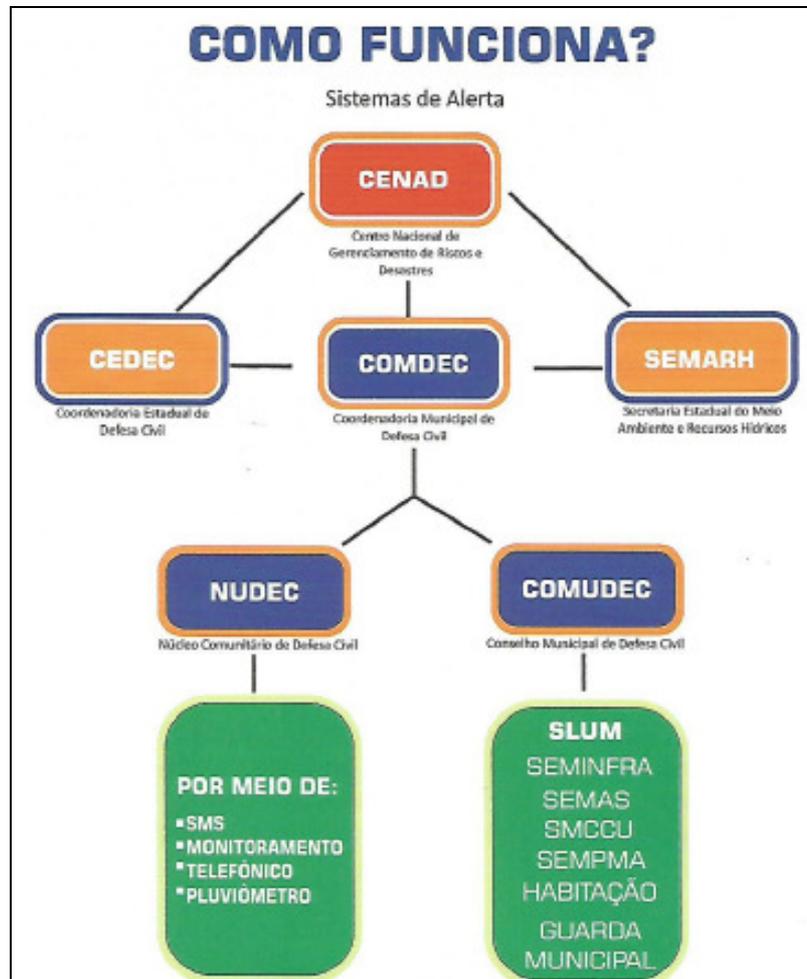
Figura 3.8 - Plano de Contingência (Fonte : COMDEC, 2017)



Através do plano de contingência, que está disponível para a sociedade é possível verificar a organização das ações de prevenção, preparação, resposta e recuperação aos desastres naturais.

Sempre que identificado um sinal de alerta, o órgão deflagra as ações necessárias de acordo com o fluxo definido no PNPDEC.

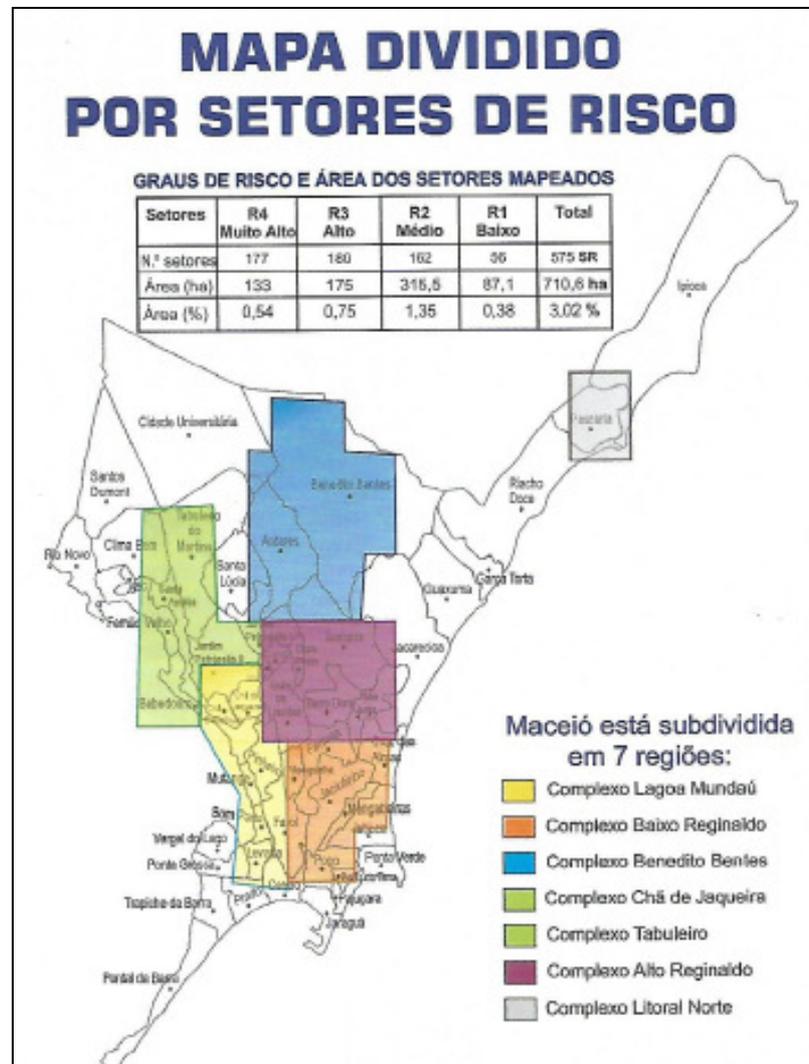
Figura 3.9 - Sistema de Alerta – Fluxo / Plano de Contingência (Fonte : COMDEC, 2017)



Os sinais de alerta geralmente são oriundos de informações coletadas nos radares que estão sob a responsabilidade do CEMADEN. O sistema de radares é interligado e as informações estão disponíveis para qualquer pessoa que tiver interesse nas informações através do site do CEMADEN. O radar que mapeia as informações do estado de Alagoas está localizado no campus da UFAL, em Maceió.

O município de Maceió, tem 575 áreas de risco, sendo estas organizadas em 06 complexos, regiões. O mapa do plano de contingência (figura 3.12) passará por atualização. Os complexos chá da jaqueira e tabuleiro foram unificados.

Figura 3.10 - Complexos de Risco / Plano de Contingência (Fonte : COMDEC, 2017)



As áreas, setores de risco são classificadas de acordo com o perigo que oferecem a vida humana. As áreas com presença de encostas abrigadas e de maiores declividades, são as consideradas de maior risco (R4).

**Figura 3.11 - Área de Encosta – Complexo Lagunar (Fonte : Autor)**



**Figura 3.12 - Área de Encosta – Complexo benedito bentes (Fonte : Autor)**



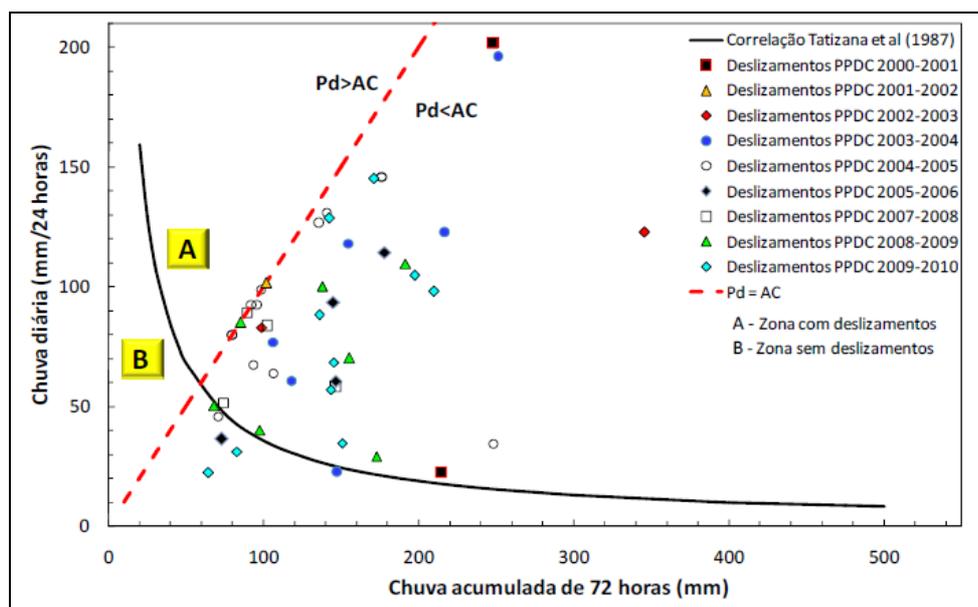
A defesa civil é responsável pela realização dos registros das ocorrências nas áreas de risco da cidade de Maceió. As ocorrências podem ser originárias de fontes variadas tais como rompimento de tubulações, queda de árvores, obstrução de galerias, fortes chuvas entre outros. Para cada tipo de ocorrência há uma classificação específica.

### 3.6 Relação entre precipitações e ocorrências de deslizamentos de terra

A ocorrência dos deslizamentos está diretamente ligada com os eventos de chuva. O fator predominante para a ocorrência do deslizamento pode variar de acordo com as características da área de risco. Como exemplo, um evento de chuva forte num período de 24 h pode ser determinante na ativação de um deslizamento para uma área com um solo “A”, e a chuva com intensidades menores, mais constantes por um período de 84 h pode ser o fator determinante para uma área de solo “B”.

Independente da intensidade e duração da chuva, certamente há uma relação entre as ocorrências de deslizamentos e os eventos de chuva (SANTORO, 2010). Estudos de correlação (figura 3.15) já foram realizados constatando essa relação (PARIZZI et al, 2010).

**Figura 3.13 - Correlação entre chuvas e deslizamentos (Fonte : SANTORO, 2010)**



Os estudos brasileiros, em sua maioria, apresentam para cada região estudada, a curva de correlação entre precipitação diária (PD), precipitação acumulada (AC) de 72/84h, e número de ocorrência de deslizamentos. Grande parte, tem como referência a curva criada por TATIZANA (1987a, 1987b).

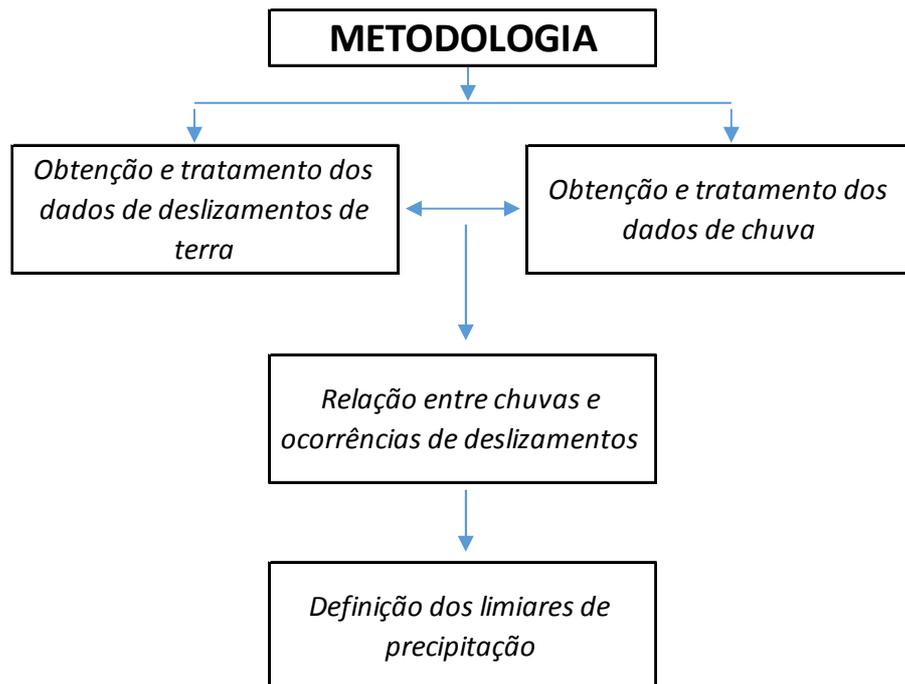
Os estudos realizados servem de base para ações da Defesa Civil, na aplicação dos Planos de Prevenção de Defesa Civil (PPDC). Com a curva de correlação é possível identificar rapidamente as precipitações mínimas ocorridas que geraram deslizamentos em áreas de risco. Através das informações, as equipes de defesa civil, por exemplo, a de São Paulo, faz a aplicação do Plano e emissão dos alertas necessários.

A realização de proteções do solo, assim como a melhoria em infra estrutura das áreas de risco, melhoram as condições da área para suportar os impactos causados por fortes chuvas, melhorando também os limiares de precipitações que geram situação de risco (MARTINS, 2014).

## 4 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi estruturada de acordo com a sequência entendida como necessária para a obtenção dos limiares de chuva que podem gerar situação de risco para a cidade de Maceió.

Esquema 1 – Metodologia aplicada ao trabalho



### Caracterização da área de estudo

Para este trabalho, os estudos realizados das relações entre registros de ocorrências e precipitações foram agrupados para as áreas de risco mapeadas na cidade de Maceió.

O município de Maceió está localizado no estado de Alagoas, com 509,55 km<sup>2</sup> de área de unidade territorial, possui uma população de 1.029.019 habitantes (IBGE, 2018).

A Região Metropolitana de Maceió está situada regionalmente na faixa sedimentar litorânea do Estado de Alagoas, fazendo parte da Bacia de Alagoas, Formação Barreiras, Sedimentos de Praia e Aluvião e Embasamento Cristalino (BRASIL, 2011).

#### 4.1 Obtenção e tratamento dos dados de deslizamentos de terra

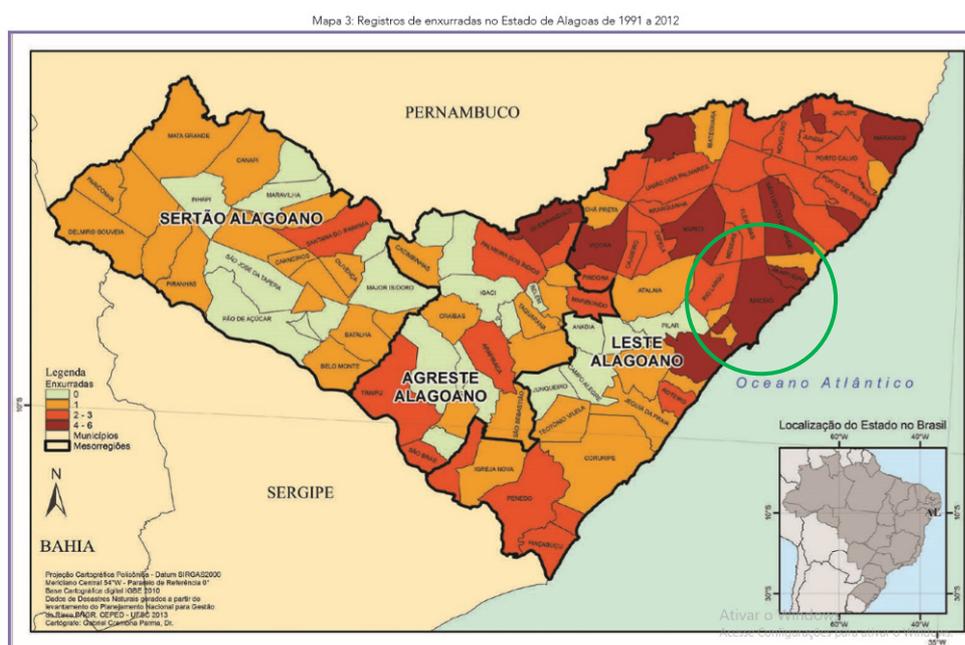
Os estudos prévios à elaboração do trabalho indicam que o levantamento e tratamento dos dados de precipitação e de ocorrências, são necessários para que os resultados sejam satisfatórios e confiáveis (HUANG, 2015).

Para a realização deste trabalho, foram utilizados os dados disponíveis para a cidade de Maceió, sendo eles as informações de precipitações registradas pelo CEMADEN e INMET, e de ocorrências registradas pela defesa civil do município de Maceió.

As ocorrências de deslizamentos de terra noticiadas e registradas na cidade de Maceió durante a quadra chuvosa do município, que ocorre no período de Abril a Julho, evidenciam a ligação direta entre precipitações e ocorrências de deslizamentos. O histórico de acontecimentos mostra o grande impacto que os deslizamentos de terra causam ao município e a vida das pessoas.

No período de 1991 a 2012, foram registradas várias enxurradas no município, conforme registro do Ministério da Integração Nacional.

**Figura 4.1 – Mapa de Enxurradas em Alagoas de 1991 a 2012 (Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2013)**



As enxurradas acontecidas no ano de 2004 atingiram quase todo o estado de Alagoas, o município de Maceió foi um dos mais afetados e registrou o maior número de mortos com o acontecimento do desastre (BRASIL, 2013).

Após visitas e reuniões realizadas junto a Defesa Civil do município de Maceió, e avaliando as informações disponíveis para realização do trabalho, foram obtidos os dados de registros de ocorrências para o período de 2015 a 2017 (ver modelo na tabela 4.1). Os períodos anteriores a 2015, apesar de já estarem compreendidos após a criação do órgão da Defesa Civil do município não estavam disponíveis para a realização do trabalho.

**Tabela 4.1 – Modelo de relatório de Ocorrências da Defesa Civil (Fonte: Macció-AL)**

Title	Start Time	Bairro	Descrição da Ocorrência
0034/2015	20/01/2015	BENEDITO BENTES - CJ. BENEDITO BENTES II	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0011/2015	02/02/2015	BEBEDOURO	ODC.06 - AMEAÇA DE DESLIZAMENTO DE BARREIRA
0004/2015	22/01/2015	FERNÃO VELHO	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0005/2015	22/01/2015	PESCARIA	ODC.11 - AMEAÇA DE QUEDA DE ÁRVORE SOBRE EDIFICAÇÃO
0013/2015	02/02/2015	CHÃ DE BEBEDOURO	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0006/2015	22/01/2015	CHÃ DA JAQUEIRA	ODC.20 - PROBLEMA EM ESCADARIA
0014/2015	03/02/2015	CHÃ DE BEBEDOURO	ODC.28 - INCÊNDIOS
0016/2015	11/02/2015	BOM PARTO - GROTA DO PADRE	ODC.15 - PROBLEMAS EM GALERIAS PLUVIAIS OU DE ESGOTO
0007/2015	23/01/2015	CHÃ DA JAQUEIRA	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0017/2015	11/02/2015	BOM PARTO	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0008/2015	26/01/2015	BENEDITO BENTES - CJ. BENEDITO BENTES I	ODC.18 - CRATERA
0019/2015	18/02/2015	BENEDITO BENTES - GROTA DA ALEGRIA	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0020/2015	18/02/2015	CHÃ DA JAQUEIRA	ODC.09 - DESLIZAMENTO DE BARREIRA COM DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0021/2015	18/02/2015	JACINTINHO	ODC.15 - PROBLEMAS EM GALERIAS PLUVIAIS OU DE ESGOTO
0022/2015	18/02/2015	MANGABEIRAS	ODC.02 - DESABAMENTO PARCIAL DE EDIFICAÇÃO
0307/2015	03/09/2015	FEITOSA	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0023/2015	18/02/2015	BENEDITO BENTES - CJ. FREI DAMIÃO	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0009/2015	26/01/2015	BEBEDOURO	ODC.10 - AMEAÇA DE QUEDA DE ÁRVORE
0010/2015	27/01/2015	PONTAL DA BARRA	ODC.19 - PROBLEMAS NA VIA PÚBLICA
0024/2015	18/02/2015	POÇO - CJ. SANTO EDUARDO	ODC.04 - EDIFICAÇÃO COM PROBLEMA DE ESTRUTURA
0025/2015	18/02/2015	SERRARIA	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
0026/2015	18/02/2015	JACINTINHO	ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO

As ocorrências, independente das origens, são registradas no órgão diariamente durante o horário de 08:00 as 13:00h. As ocorrências são registradas em protocolo, através de formulário de registro, e são abertas para que sejam realizadas as visitas técnicas para avaliação dos locais informados. Os registros são lançados em sistema eletrônico específico.

A DC disponibilizou os dados e registrados em seu sistema do período de Janeiro de 2015 a Agosto de 2017. De posse dos dados, os mesmos foram organizados em planilhas de Excel, de acordo com as datas de ocorrências.

Os dados fornecidos pelo órgão compreendem a todos os registros de ocorrências registrados para o período informado, tais como queda de árvores, entupimento de galerias, desabamento de residências, deslizamentos de terra, no entanto, houve a necessidade de uma filtragem das informações para separar as ocorrências de deslizamentos de terra que efetivamente estariam ligadas as precipitações atmosféricas.

Na tabela 4.2 seguem os tipos de ocorrências que foram registradas no período do estudo. Pode-se observar que nem todos os tipos de ocorrências são consequentes chuvas. Na tabela, estão destacadas as ocorrências que estão relacionadas com as chuvas que geram deslizamentos de terra.

Tabela 4.2 – Tipos de Ocorrências (Fonte : Relatório da Defesa Civil)

Descrição da Ocorrência
ODC.01 - AMEAÇA DE DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
ODC.06 - AMEAÇA DE DESLIZAMENTO DE BARREIRA
ODC.11 - AMEAÇA DE QUEDA DE ÁRVORE SOBRE EDIFICAÇÃO
ODC.20 - PROBLEMA EM ESCADARIA
ODC.28 - INCÊNDIOS
ODC.15 - PROBLEMAS EM GALERIAS PLUVIAIS OU DE ESGOTO
ODC.18 - CRATERA
ODC.03 - DESABAMENTO TOTAL DE EDIFICAÇÃO
<b>ODC.09 - DESLIZAMENTO DE BARREIRA COM DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO</b>
ODC.02 - DESABAMENTO PARCIAL DE EDIFICAÇÃO
ODC.10 - AMEAÇA DE QUEDA DE ÁRVORE
ODC.19 - PROBLEMAS NA VIA PÚBLICA
ODC.04 - EDIFICAÇÃO COM PROBLEMA DE ESTRUTURA
<b>ODC.07 - DESLIZAMENTO DE BARREIRA</b>
ODC.13 - QUEDA DE ÁRVORE COM DESABAMENTO DE EDIFICAÇÃO
ODC.25 - OCUPAÇÃO DE ÁREA DE RISCO
ODC.99 - OUTROS
<b>ODC.08 - DESLIZAMENTO DE BARREIRA COM DANO À EDIFICAÇÃO</b>
ODC.12 - QUEDA DE ÁRVORE
ODC.16 - DEFICIÊNCIA DE ESCOAMENTO OU DRENAGEM
ODC.05 - INFILTRAÇÃO EM EDIFICAÇÃO
ODC.17 - PROBLEMAS COM A REDE ELÉTRICA OCASIONANDO RISCOS
ODC.24 - INVASÕES
ODC.21 - DOENÇAS
ODC.23 - INUNDAÇÕES
ODC.22 - EROSÃO

Após a filtragem das ocorrências, foi realizada a classificação dos registros de acordo com cada complexo de risco correspondente. Os complexos de risco são agrupamentos de áreas de risco. Os complexos de risco a serem estudados neste trabalho compreendem um total de 06 complexos.

Tabela 4.3 –Complexos de Riscos (Fonte: Autor)

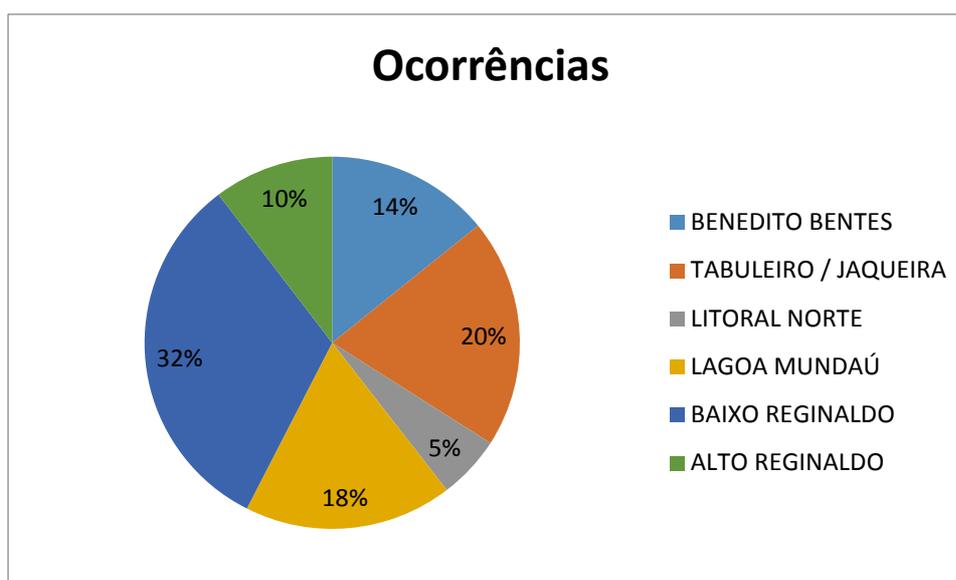
COMPLEXOS DE RISCO
BENEDITO BENTES
TABULEIRO / JAQUEIRA
LITORAL NORTE
LAGOA MUNDAÚ
BAIXO REGINALDO
ALTO REGINALDO

A separação das ocorrências por complexo, se deu basicamente pela localização da ocorrência de acordo com o mapa dos bairros de Maceió, disponível no site da prefeitura municipal de Maceió.

Após filtragem e separação dos dados de ocorrências que efetivamente estavam relacionadas com deslizamentos de terra, foram encontradas 315 ocorrências no período de 2015 a 2017, sendo que no ano de 2017 foram registradas 266 ocorrências, aproximadamente 84% do total das ocorrências registradas. De acordo com o relato do engenheiro responsável pelo setor de registro de ocorrências, no dia 27/05/2017 o número de ocorrências foi tão elevado que não havia efetivo suficiente para realização dos registros de todas as ocorrências que realmente existiram.

A separação das ocorrências por complexos de riscos apontou o complexo do baixo reginaldo com o maior número de registros de ocorrências.

**Figura 4.2 – Ocorrências x Complexos de Riscos (Fonte : Autor)**



#### **4.2 Obtenção e tratamento dos dados de chuva**

O Município de Maceió apresenta uma Normal Climatológica com precipitação anual acumulada de 2.070,7 mm (BRASIL, 2017).

A Normal Climatológica é calculada baseada em dados acumulados de chuvas. Para a quadra chuvosa, que compreende o período de Abril a Maio do ano calendário, o acumulado de chuvas esperado é de 1.256,6 mm o que corresponde a 60,68% do total de precipitação previsto para o ano.

**Tabela 4.4 – Normal Climatológica de Maceió (Fonte : INMET)**

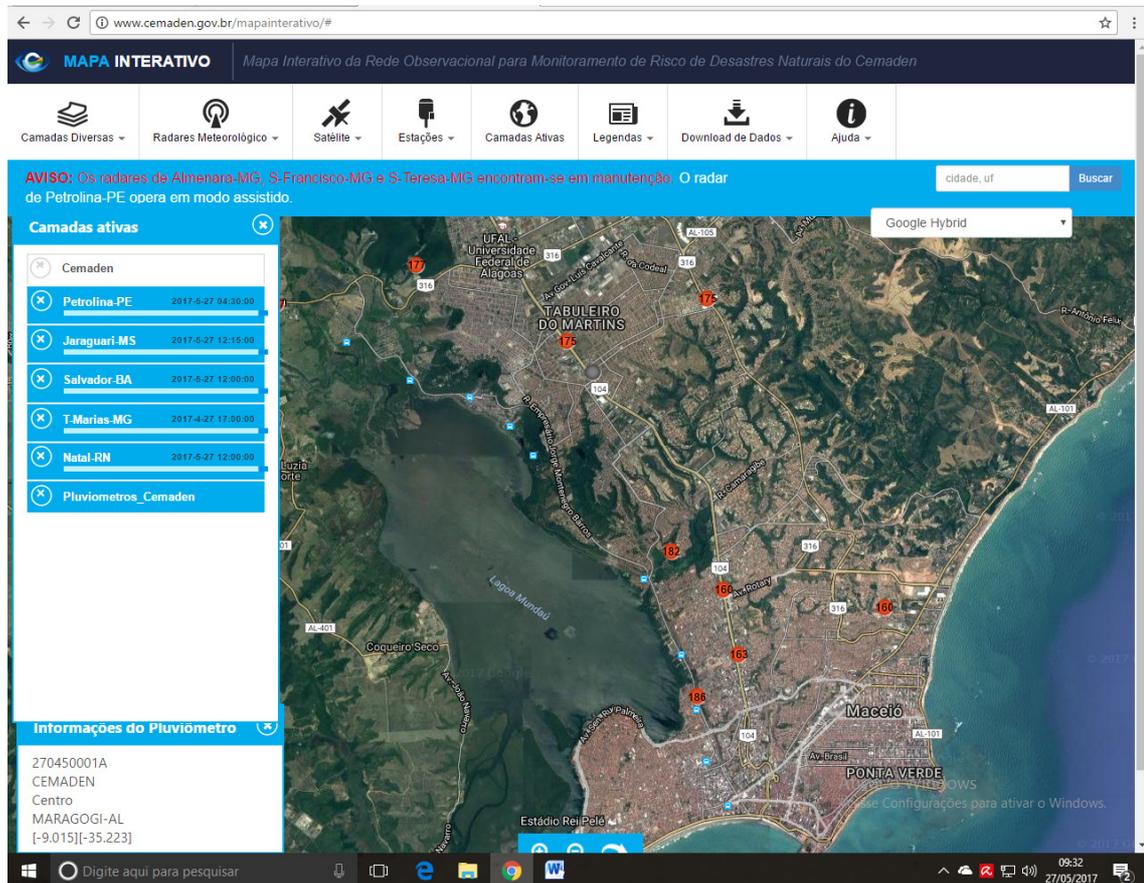
<b>NC (mm)</b>	
Janeiro	78,1
Fevereiro	88,3
Março	194,5
Abril	268,8
Maio	382,2
Junho	331,9
Julho	273,7
Agosto	155,2
Setembro	130,3
Outubro	73,5
Novembro	31,7
Dezembro	62,5
<b>Acumulado</b>	<b>2070,7</b>

O período de informações de ocorrências disponibilizados (Janeiro de 2015 a Agosto de 2017), definiu o período de chuvas à ser coletado para a realização deste estudo.

As informações pluviométricas utilizadas para este trabalho foram obtidas através do CEMADEN, que desde ano de 2012 implantou o sistema de monitoramento em tempo real de estações pluviométricas na cidade de Maceió. O acompanhamento pode ser realizado através do Site do CEMADEN.

As informações disponíveis no site possibilitam também o acompanhamento em tempo real da situação pluviométrica no município, assim como a obtenção dos acumulados de chuva.

**Figura 4.3 – Imagem do Site do CEMADEN (Pluviômetros de Maceió) em 27/05/2017 (Fonte : CEMADEN)**



Após a solicitação ao CEMADEN, foram obtidos os dados de Janeiro de 2015 a Agosto de 2017. Durante a verificação das informações enviadas, foi constatado que para os meses de Março de 2015 a Agosto de 2015, as informações do CEMADEN não estavam disponíveis. Desta forma, foi necessário a utilização de uma outra fonte de informações de dados pluviométricos. Foram então utilizadas as informações de pluviometria para Maceió, disponibilizadas pelo INMET.

Os dados foram então baixados e organizados em planilha de Excel. Como o estudo tem o objetivo de apresentar os limiares de precipitação para Maceió e seus respectivos complexos de riscos, foi necessário a determinação da chuva média para Maceió, assim como a chuva média para cada complexo de risco. O método utilizado para obtenção das chuvas médias e por complexo foi a utilização do polígono de thiessen, onde foram consideradas as áreas de influências de cada pluviômetro em relação aos complexos de riscos.

As estações utilizadas para o trabalho estão apresentadas na figura 4.4.

**Figura 4.4 – Estações pluviométricas de Maceió (Fonte – CEMADEN, 2017)**

ESTAÇÕES - MACEIÓ	
270430202A	Tabuleiro do Martins2
270430216A	Cidade Universitária
270430205A	Tabuleiro do Martins
270430217A	Chã da Jaqueira
270430203A	Farol
270430212A	Cruz das Almas
270430207A	Farol2
270430209A	Trapiche da Barra
270430218A	Cambona
270430210A	Benedito Bentes I
270430213A	Antares
270430211A	Ipioca
270430214A	Ipioca

### 4.3 Relação entre chuvas e ocorrências de deslizamentos

A verificação da relação entre os dados de precipitações e ocorrências de deslizamentos foi realizada através de gráficos de dispersão. Estando de posse dos dados de precipitações e ocorrências já refinados, foram montadas planilhas em excel para a plotagem dos gráficos de dispersão.

Como apresentado na revisão bibliográfica, as variáveis chuva e número de ocorrências tem uma relação entre si (MOLINA, 2015; PARIZZI, 2010). Com os exemplos já publicados, sabe-se que para cada região a ser estudada, pela grande variação que se tem entre as áreas de risco, sejam por questões físicas, sociais, climáticas, entre outras características que são típicas de cada localidade, tem-se que verificar qual tipo de metodologia a ser aplicada, conforme os dados disponíveis.

Os dados de chuva utilizados para o trabalho, foram as precipitações diárias e acumuladas. No entanto, outros trabalhos podem ser realizados também com a precipitação horária correlacionada com as precipitações acumuladas. Apesar da literatura apresentar estudos de relação entre precipitações diárias e acumulados de chuvas de até 4 dias, este estudo fará uma relação entre chuvas diárias e acumulados de chuva de até 15 dias.

Os gráficos de dispersão devem ser criados a partir dos dados disponíveis de precipitação e deslizamentos de terra. Algumas regiões estão mais propensas a sofrerem danos que as outras. Isso se deve ao fato de que os complexos de risco, apesar de estarem na mesma cidade, têm características físicas diferentes.

Aplicando-se a metodologia de verificar a correlação entre precipitação e ocorrências, pôde-se perceber que mesmo após a cuidadosa verificação dos dados de ocorrências, quando se compara os dados com as informações de chuvas, ainda é possível que os dados de ocorrências apresentem alguma distorção. No presente estudo, quando da comparação das informações de chuvas e ocorrências, foram verificadas ainda, registros de ocorrências de deslizamentos em dias em que não houveram precipitações e também não haviam chuvas acumuladas significativas em dias anteriores. Para estes casos, as ocorrências foram consideradas de origem não proveniente de chuvas e foram descartadas para a realização do estudo de correlação. Desta forma, sempre que essa metodologia for aplicada, faz-se necessário uma verificação posterior dos dados de ocorrências, afim de não haverem distorções nos resultados a serem apresentados.

**Figura 4.5 - Área de Encosta – Complexo Lagunar (Fonte : Autor)**



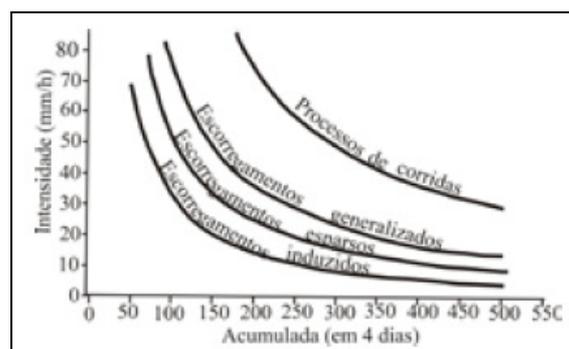
#### 4.4 Definição dos Limiares de Precipitação

Após a avaliação dos dados disponíveis para o trabalho, deverão ser plotados os gráficos de dispersão, afim de verificar a correlação entre as variáveis chuva e número de ocorrências. Estudos realizados no Brasil e exterior, como exemplo, (MOLINA et al, 2015); (CASTRO, 2006); (MENDES et al, 2015), apresentaram uma correlação positiva entre as variáveis, ou seja, quando o número de uma variável cresce, a outra também cresce. Diante dos estudos já realizados e da literatura disponível, cabe avaliar o comportamento das variáveis registro de ocorrências e as precipitações.

Após a verificação das correlações, foram estudados os comportamentos das chuvas e ocorrências em conjunto, para estabelecer os limiares de chuvas para a Cidade de Maceió.

A metodologia de determinação dos limiares será baseada nas análises das variáveis para se entender sobre a possibilidade de conseguir equações que estimem as ocorrências de acordo com as chuvas registradas ou se a apresentação dos limiares pode ser feita de forma alternativa as equações. Abaixo segue correlação de Tatizana (1987a e 1987b), que avaliou eventos de alta pluviosidade, e acumulados de chuvas de 03 dias. Eventos estes que geraram efetivamente deslizamentos.

Figura 4.6 - Correlação entre chuva e deslizamentos Fonte - (TATIZANA, 1987a); (TATIZANA, 1987b).

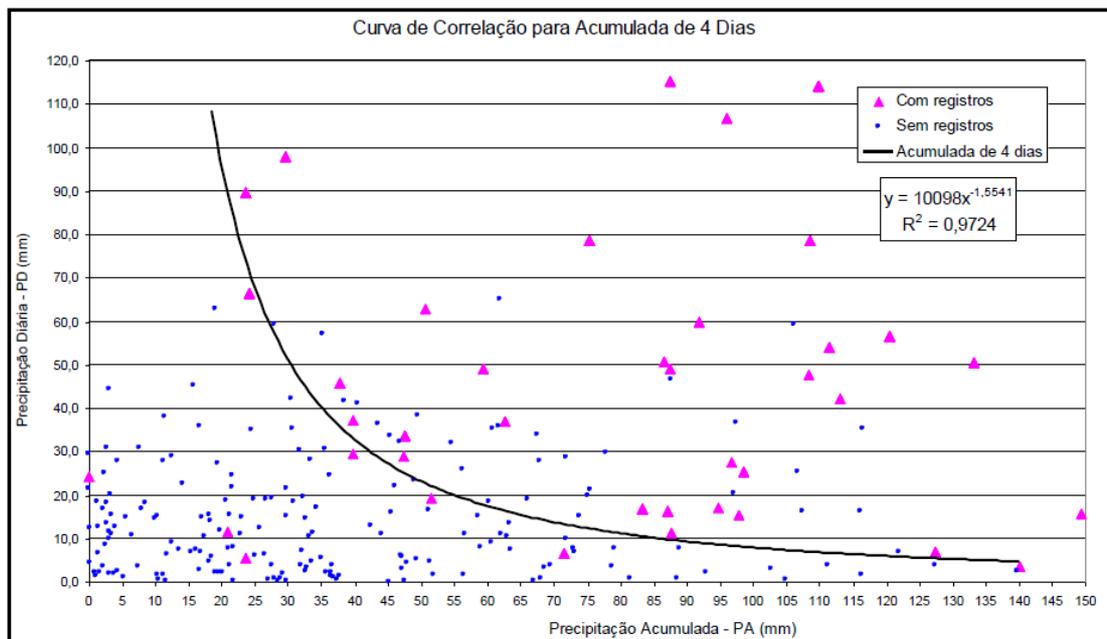


Diante das informações dos locais das áreas de risco e das precipitações que geram a situação de risco, através das análises de comportamento das variáveis, será realizada a construção de uma quadrante de visualização, que será disponibilizado a DC para apoio nas ações de prevenções, planejamento de ações e revisão de documentos.

A tabela de quadrantes terá como principal informação, os limiares para a cidade de Maceió, que serão obtidos das análises de relação entre chuvas diárias e acumulados que

ocasionaram ou não deslizamentos. O Número de dias acumulados a ser considerado, dependerá das avaliações, interpretações realizadas. Para exemplificar, a figura 4.7 apresenta a forma como geralmente se comportam os dados de ocorrências e os limites estimados para acontecimentos ou não de deslizamentos.

**Figura 4.7 - Curva de Correlação (Fonte : CASTRO, 2006)**



## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

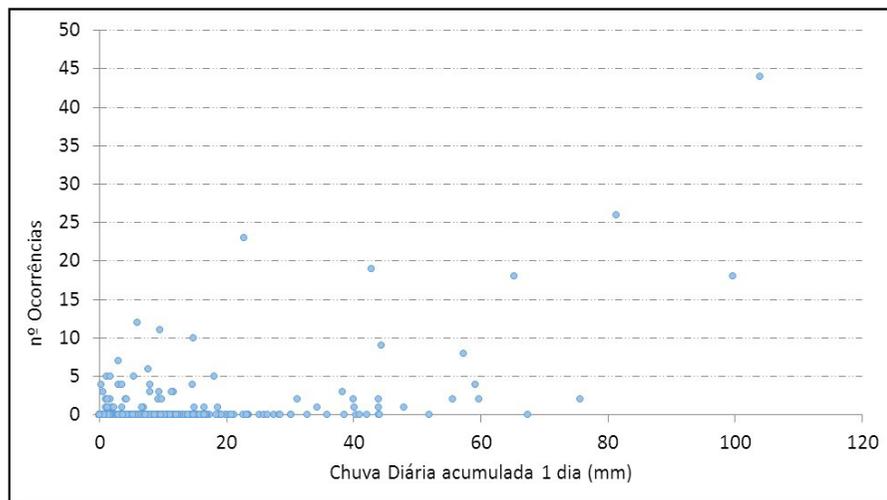
### **5.1 Relação entre ocorrências de deslizamentos de terra e chuvas**

Diante dos dados de pluviometria e de ocorrências registradas para a cidade de Maceió, foram plotados os gráficos de dispersão entre ocorrências e acumulados de chuvas. Alguns autores iniciam as análises através de simplificações já realizadas em outros estudos, como por exemplo o de MOLINA et al (2015), que criou critérios mínimos para acumulados de chuvas para 1, 2, 3 e 4 dias.

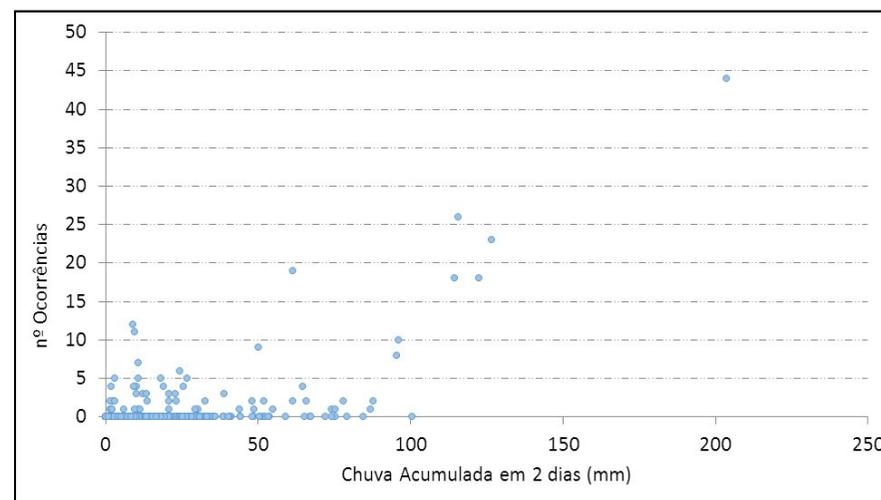
Para este trabalho, foram verificadas as correlações entre as variáveis ocorrências e precipitação acumulada para 1 d, 2 d, 3 d, 4 d, 5 d, 6 d, 7 d e 15 d. Sendo o que se apresenta nas figuras a seguir para a cidade de Maceió, reunindo ocorrências de todos os complexos de risco e sem filtrar nenhuma ocorrência, independente da precipitação diária registrada no dia de registro da ocorrência.

Os resultados e discussões a serem apresentados são voltados para a cidade de Maceió. Para a obtenção de resultados e discussões por complexos de risco há a necessidade de informações mais precisas quanto a chuvas e locais referenciados de registros de ocorrências de deslizamentos.

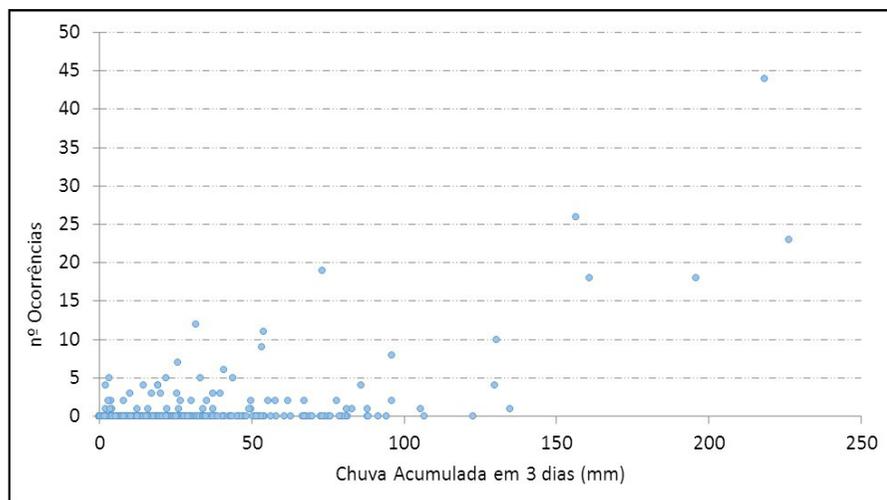
**Figura 5.1 – Dispersão para acumulado de 1 dia (Fonte: Autor)**



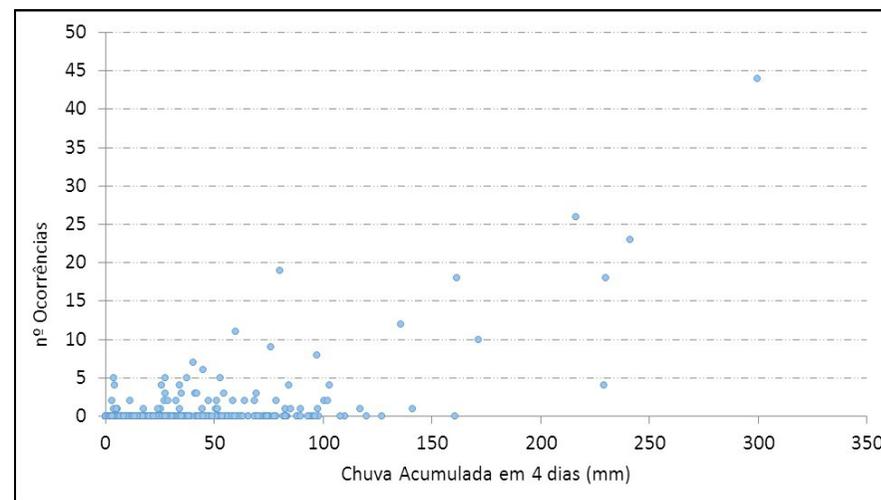
**Figura 5.2 – Dispersão para acumulado de chuva de 2 dias (Fonte: Autor)**



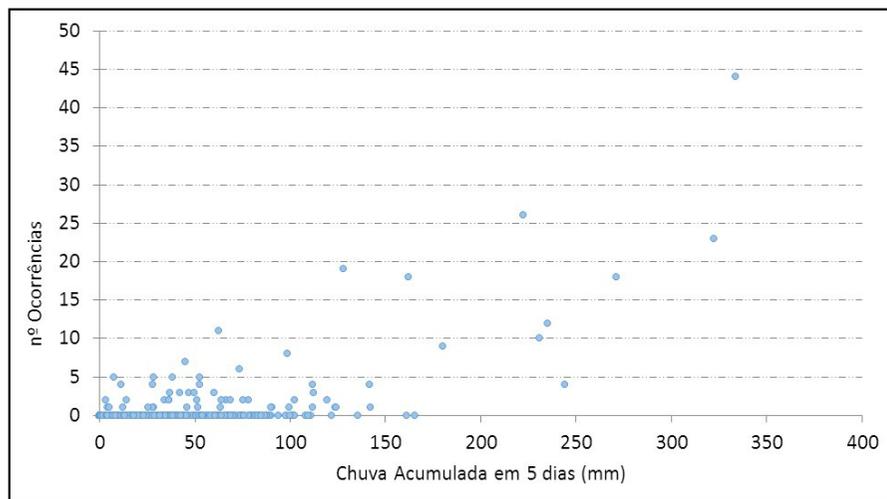
**Figura 5.3 – Dispersão para acumulado de chuva de 3 dias (Fonte: Autor)**



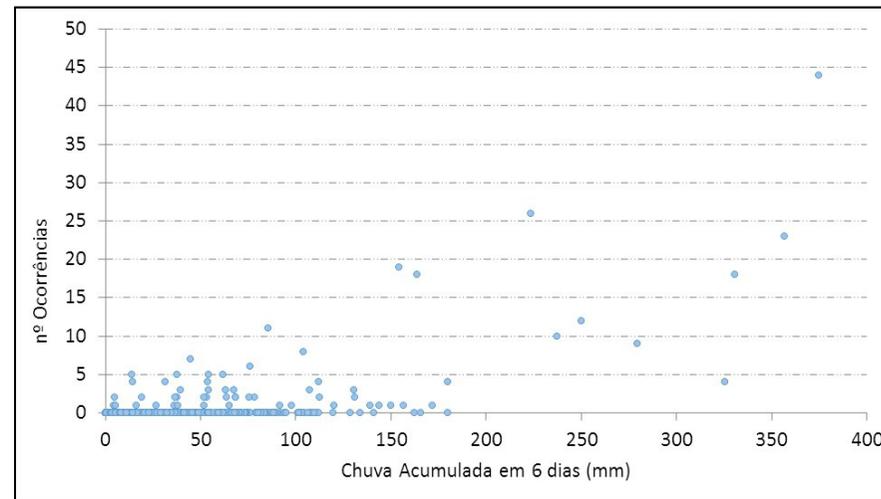
**Figura 5.4 – Dispersão para acumulado de chuva de 4 dias (Fonte: Autor)**



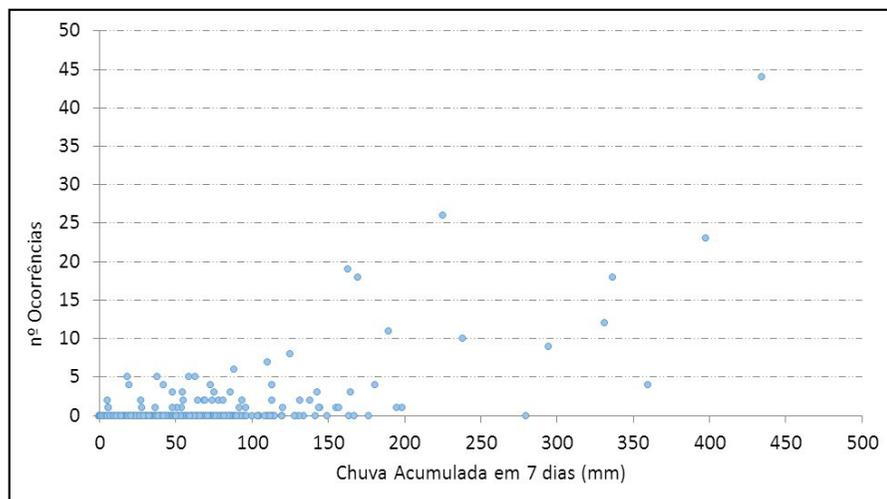
**Figura 5.5 – Dispersão para acumulado de chuva de 5 dias (Fonte: Autor)**



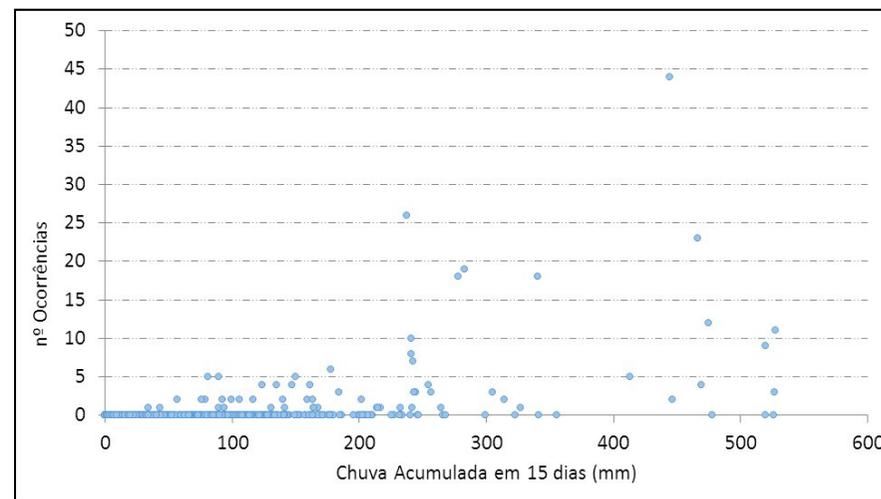
**Figura 5.6 – Dispersão para acumulado de chuva de 6 dias (Fonte: Autor)**



**Figura 5.7 – Dispersão para acumulado de chuva de 7 dias (Fonte: Autor)**



**Figura 5.8 – Dispersão para acumulado de chuva de 15 dias (Fonte: Autor)**



Os gráficos apresentam a distribuição das ocorrências de acordo com os acumulados de chuvas. Pode-se verificar que existe uma correlação positiva, entendendo que a medida que os acumulados de chuva aumentam, os registros de ocorrências também aumentam, mesmo para acumulados de 15 dias.

Na figura 5.2, podemos ver informações bem diferentes, como por exemplo a existência de grandes números de ocorrências com precipitações diárias pequenas e pequenos números de ocorrências com precipitações diárias elevadas.

A Defesa Civil de Maceió, dividiu às áreas de risco da cidade em 06 complexos de risco, conforme já apresentado no capítulo 4 deste trabalho. Os dados fornecidos pela defesa civil são gerais, no entanto podem ser separados por complexos. Alguns registros de ocorrências não estão com o local identificado, impossibilitando assim a classificação do dado para um complexo A ou B. No entanto, a informação pode ser trabalhado para a cidade de Maceió.

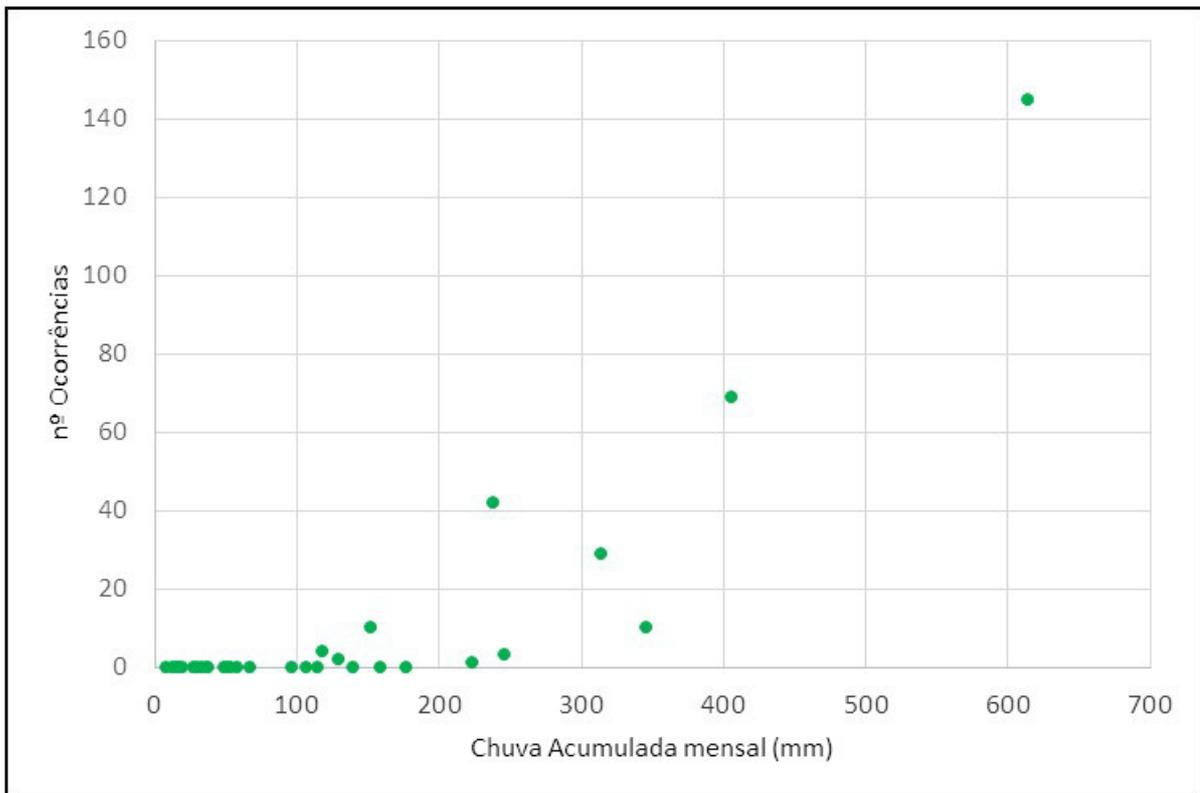
A seguir estão apresentados os dados referentes as pluviometrias mensais registradas de Janeiro de 2015 à Agosto de 2017, e as respectivas ocorrências. Vale observar, que em relação a Normal Climatológica (Período de 1961 a 1990), as chuvas de 2015, para o período chuvoso (quadra chuvosa), ficaram mais próximas das médias, as chuvas de 2016 ficaram abaixo da média e as chuvas de 2017 ficaram acima da média.

**Tabela 5.1 – Acumulados mensais de chuva e ocorrências x normal climatológica (Fonte: Autor)**

NC (mm)		2015		2016		2017	
		Chuva	Ocorrências	Chuva	Ocorrências	Chuva	Ocorrências
Janeiro	78,1	29,81	0	106,75	0	37,32	0
Fevereiro	88,3	117,95	4	67,07	0	13,34	0
Março	194,5	58,6	0	177,38	0	54,15	0
Abril	268,8	17,6	0	129,51	2	139,41	0
Maio	382,2	223,6	1	245,82	3	613,87	145
Junho	331,9	345,7	10	115,21	0	405,81	69
Julho	273,7	313,8	29	97,2	0	238,48	42
Agosto	155,2	159,4	0	51,5	0	152,07	10
Setembro	130,3	33,7	0	27,92	0		
Outubro	73,5	37,04	0	19,69	0		
Novembro	31,7	7,95	0	15,8	0		
Dezembro	62,5	49,68	0	14,32	0		
<b>Acumulado</b>	<b>2070,7</b>	<b>1394,8</b>	<b>44,0</b>	<b>1068,2</b>	<b>5,0</b>	<b>1654,5</b>	<b>266,0</b>

Avaliando o gráfico de dispersão, pode-se verificar que a correlação das variáveis é positiva, à medida que os acumulados mensais aumentam, os números de ocorrências registradas também aumentam.

**Figura 5.9 – Relação entre acumulados mensais de chuva e acumulados mensais de ocorrências (Fonte: Autor)**

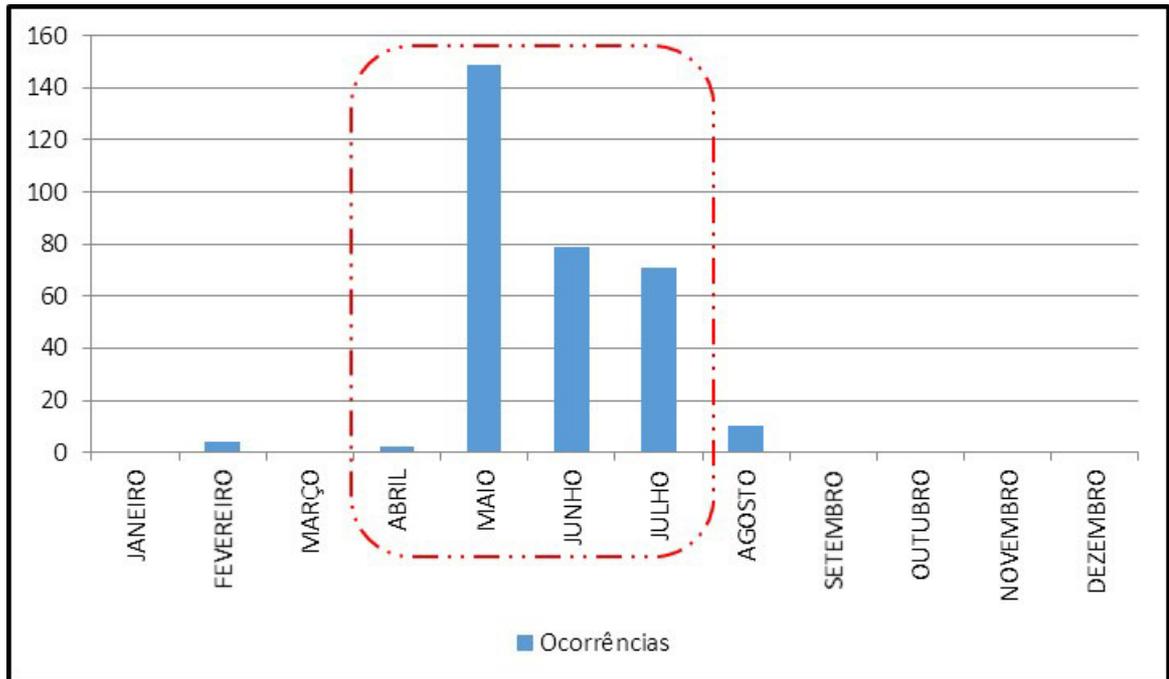


As informações obtidas mostram que existe uma correlação grande entre as variáveis ocorrências acumuladas / Pluviometria acumulada mensal. Os dados obtidos, podem sugerir que para precipitações acumuladas mensais menores que 100 mm, a chance de ocorrências é nula. No entanto, quando verificamos as informações de chuvas acumuladas para 24 horas (Figura 5.1), conforme apresentado para os gráficos de dispersão de Maceió, fica nítido que a intensidade das chuvas também tem grande influência na geração dos deslizamentos / ocorrências, não sendo o fator chuva acumulada o fator determinante para deslizamentos, quando avaliado a variável precipitação.

As informações apresentadas na figura 5.2, indicam o registro de várias ocorrências com intensidades acumuladas de chuvas para 2 dias, menores que 100 mm. Portanto, faz-se necessário uma investigação mais detalhada do comportamento das precipitações que geraram essas ocorrências.

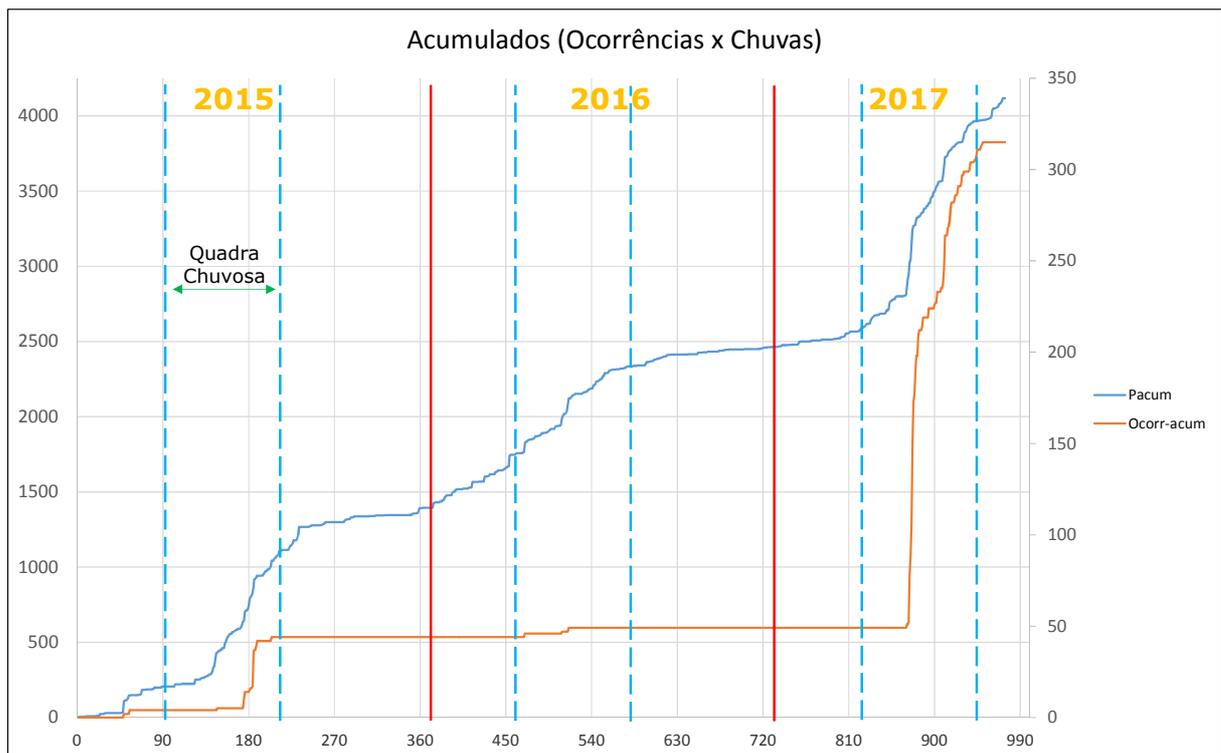
Ao avaliarmos as ocorrências agrupadas pelo calendário anual, pode-se observar que quase todas as ocorrências estão concentradas dentro da quadra chuvosa, que vai de Abril a Julho.

**Figura 5.10 – Ocorrências por período do ano (Janeiro de 2015 a Agosto de 2017) - (Fonte: Autor)**



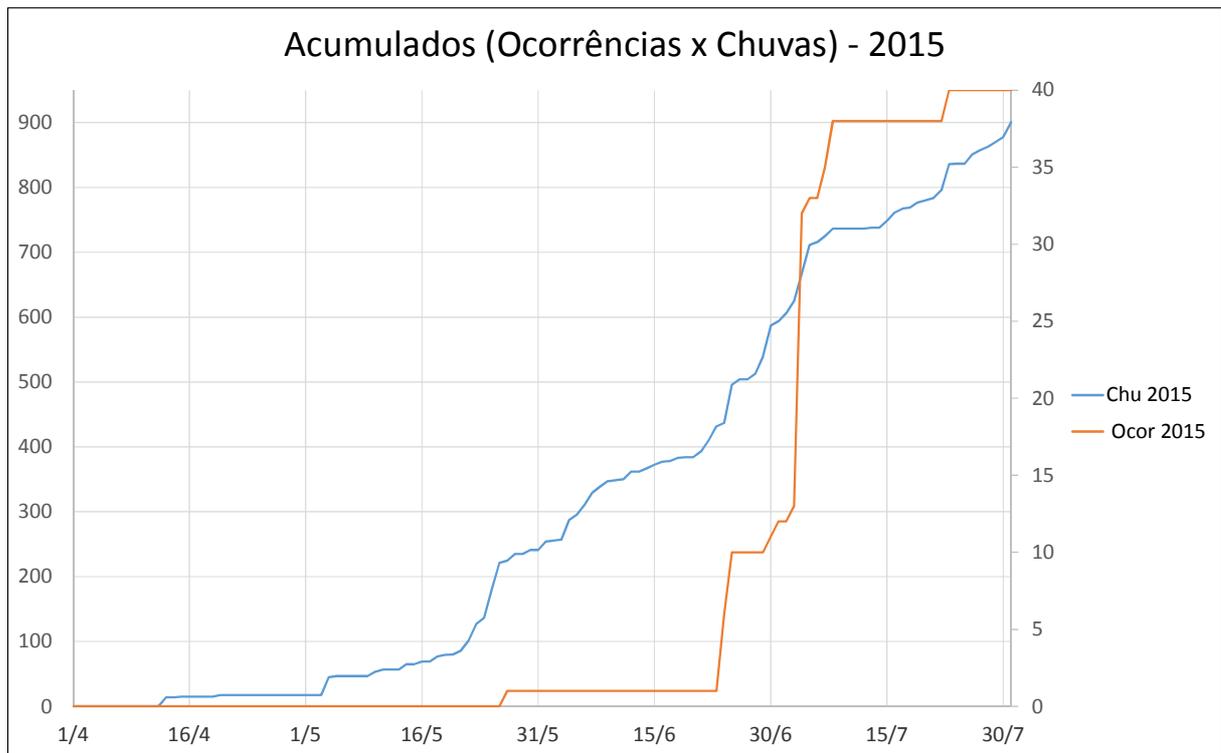
Analisando ainda os dados para a cidade de Maceió, podemos avaliar os gráficos de acumulados de chuvas e ocorrências, considerando dias corridos, a partir de 01 de janeiro de 2015.

**Figura 5.11 – Acumulados de Ocorrências e Chuvas – Dias Corridos (01/01/2015 a 31/08/2017) - (Fonte: Autor)**

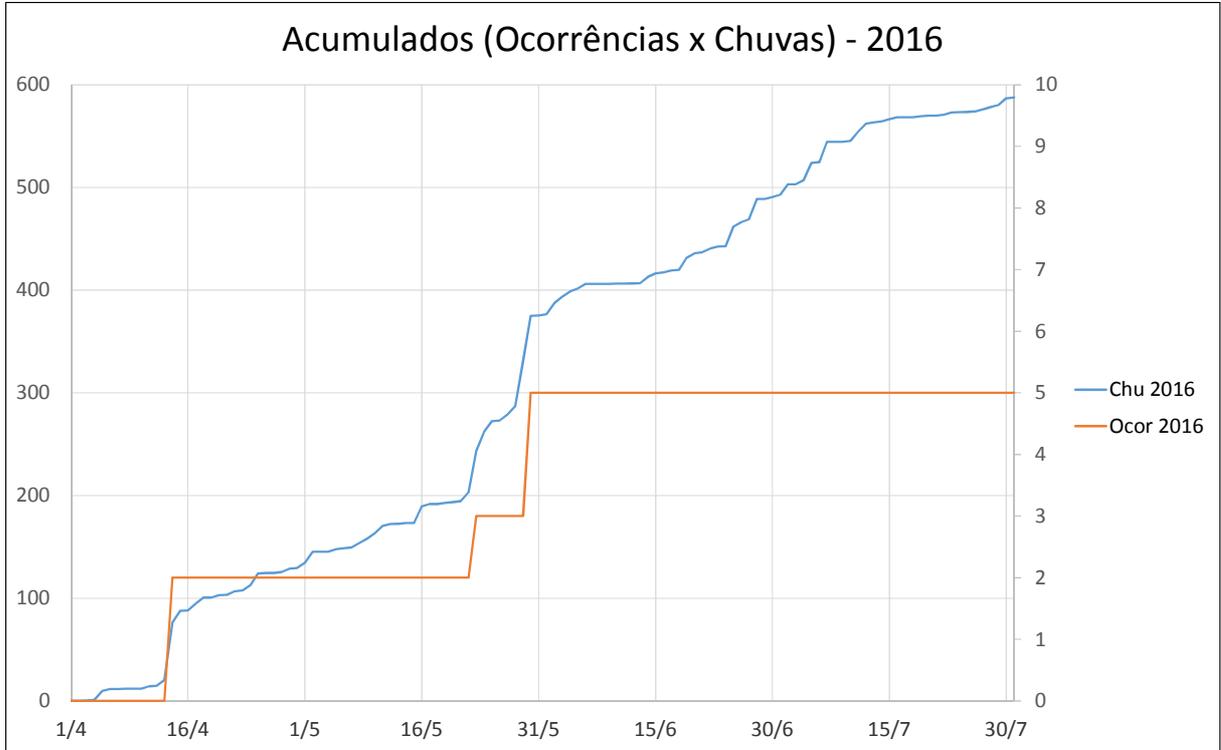


Ao avaliarmos a Figura 5.12, podemos observar os períodos chuvosos (quadra chuvosa), são os períodos em que se tem a maior variação das ocorrências registradas. Os saltos apresentados no gráfico, mostram que para variações bruscas, grande volume em curto intervalo de tempo, tem-se grandes variações no número de ocorrências. Isso fica evidenciado de forma mais clara quando observados os períodos chuvosos para cada ano.

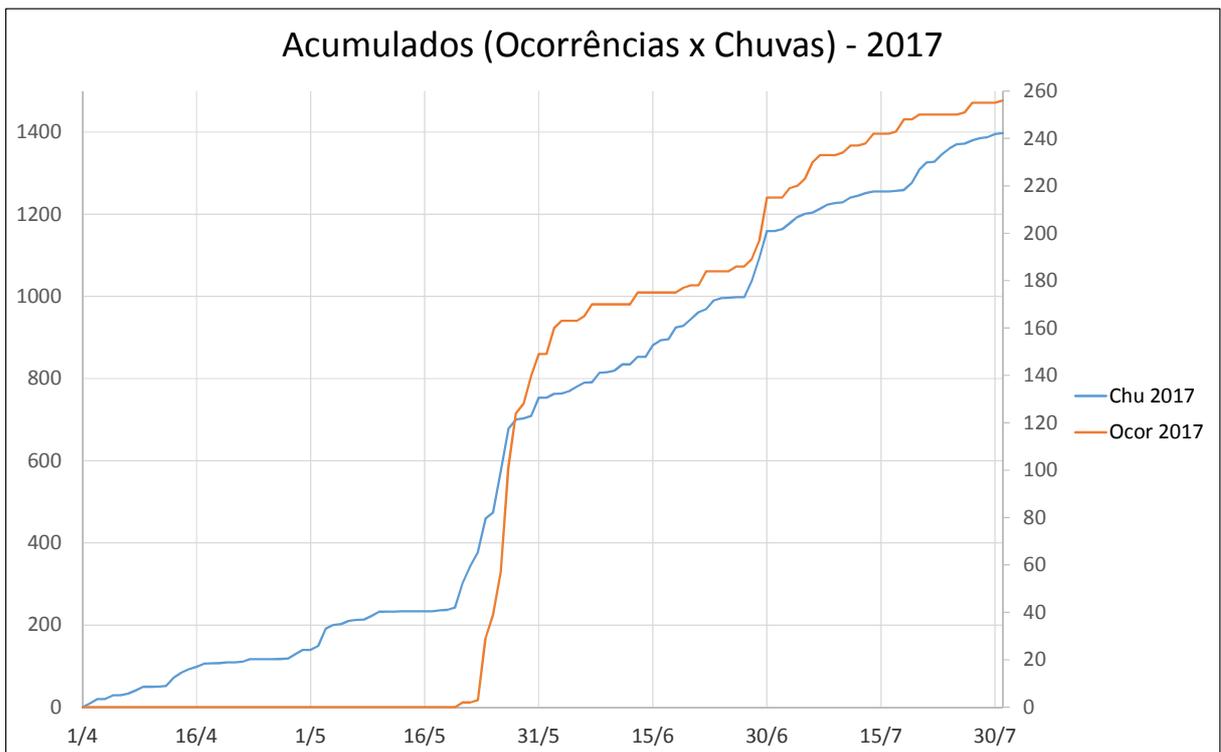
**Figura 5.12 – Acumulados de Ocorrências e Chuvas – Dias Corridos (2015) / Quadra Chuvosa - (Fonte: Autor)**



**Figura 5.13 – Acumulados de Ocorrências e Chuvas – Dias Corridos (2016) / Quadra Chuvosa - (Fonte: Autor)**

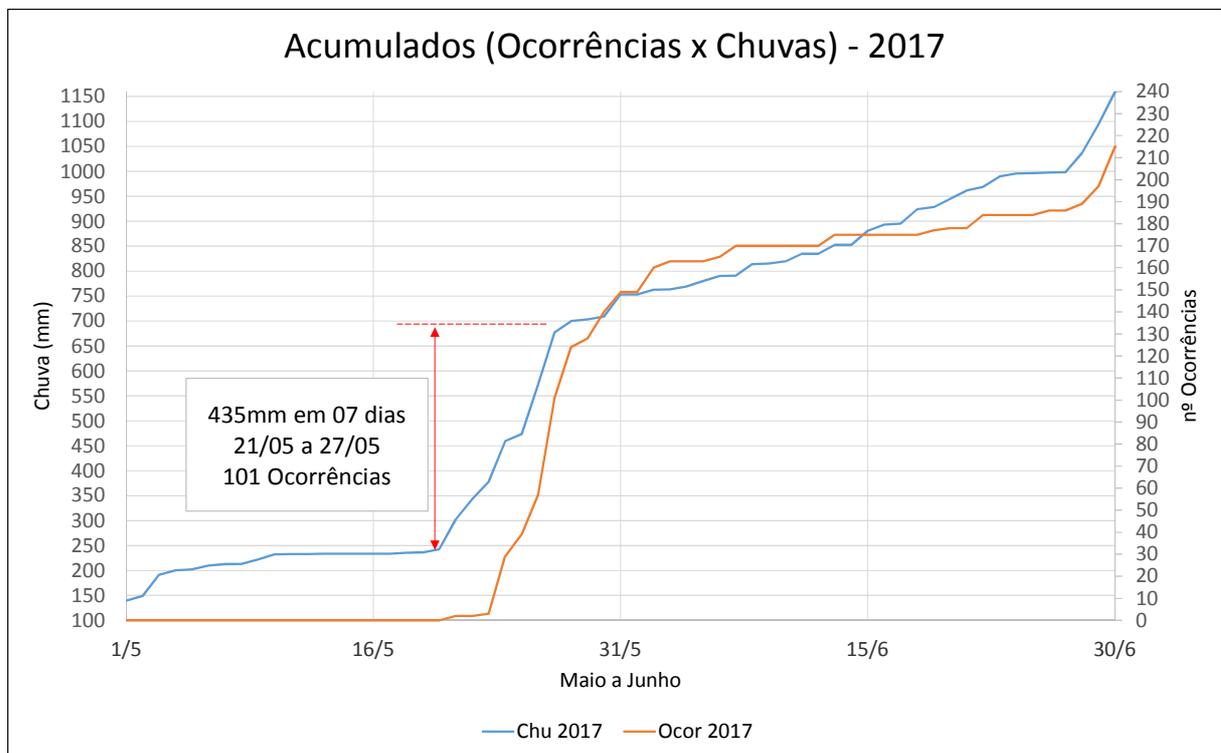


**Figura 5.14 – Acumulados de Ocorrências e Chuvas – Dias Corridos (2017) / Quadra Chuvosa - (Fonte: Autor)**

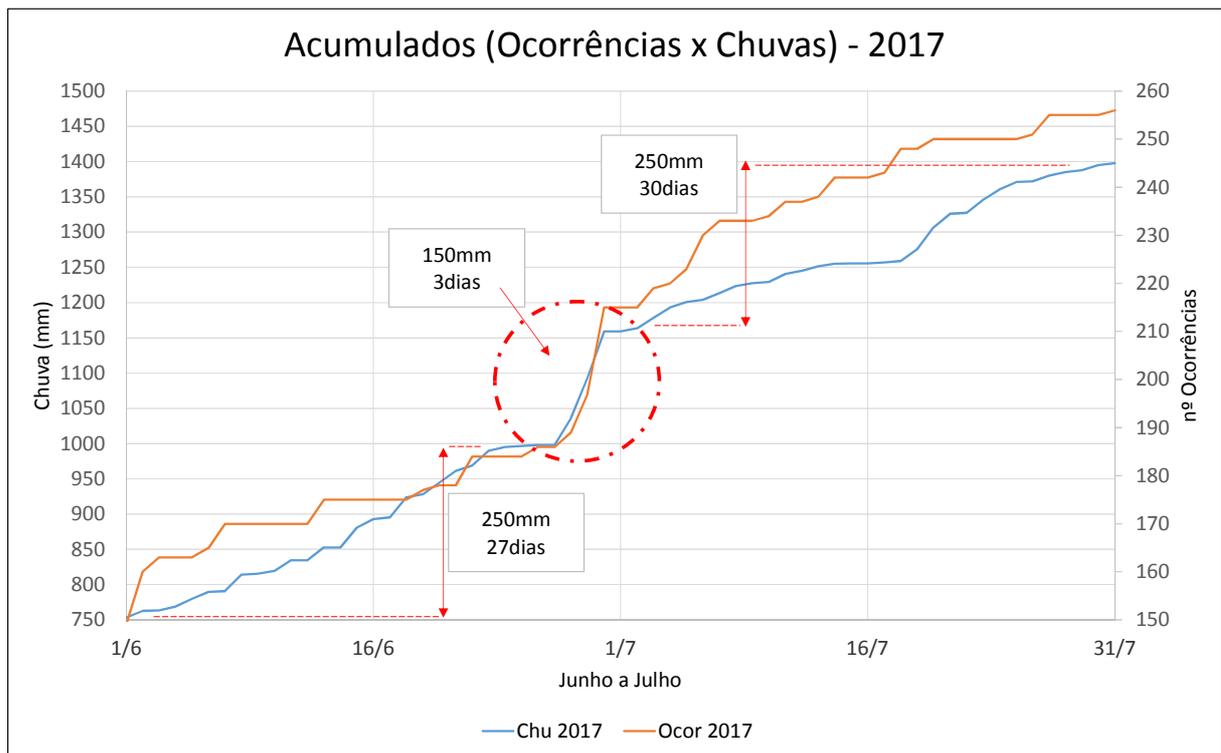


As Figuras 5.13 e 5.14 (2015 e 2016), apresentam registros de ocorrências praticamente juntos com as ocorrências das chuvas, pressupondo-se que as chuvas mais intensas são preponderantes para o início dos deslizamentos. Quando verificada a figura 5.15, nota-se que, mesmo com o registro de chuvas menos intensas, os números de ocorrências ainda aumentaram durante o período chuvoso de 2017. Vale lembrar que no ano de 2017 as chuvas do período chuvoso foram superiores a Normal Climatológica, e que as ocorrências que foram registradas com chuvas diárias pequenas, foram registradas após um grande acumulado de chuva nos dias anteriores. (Ver figura 5.16)

**Figura 5.15 – Acumulados de Ocorrências e Chuvas – 60 Dias Corridos (2017) / Quadra Chuvosa - (Fonte: Autor)**



**Figura 5.16 – Acumulados de Ocorrências e Chuvas – 60 Dias Corridos (2017) / Quadra Chuvosa - (Fonte: Autor)**



Avaliando a figura 5.17, podemos observar que entre 01/06/2017 e 31/07/2017 as chuvas mantiveram uma constância, com exceção do período de 28 a 30/06, onde choveu o acumulado de 150 mm para os 3 dias. Os registros apresentam 250 mm em 27 dias de Junho e 250 mm em 30 dias de Julho. No gráfico, é evidente que os eventos de 28/06 a 30/06 tiveram grande influência no aumento dos registros de ocorrências.

Ao avaliar as ocorrências registradas para os períodos (01/06 a 28/06, 01/07 a 30/07), coincidentemente, a média de ocorrências para os períodos de Junho e Julho que tiveram média de chuvas parecidas, ficaram entre 35 e 40 ocorrências.

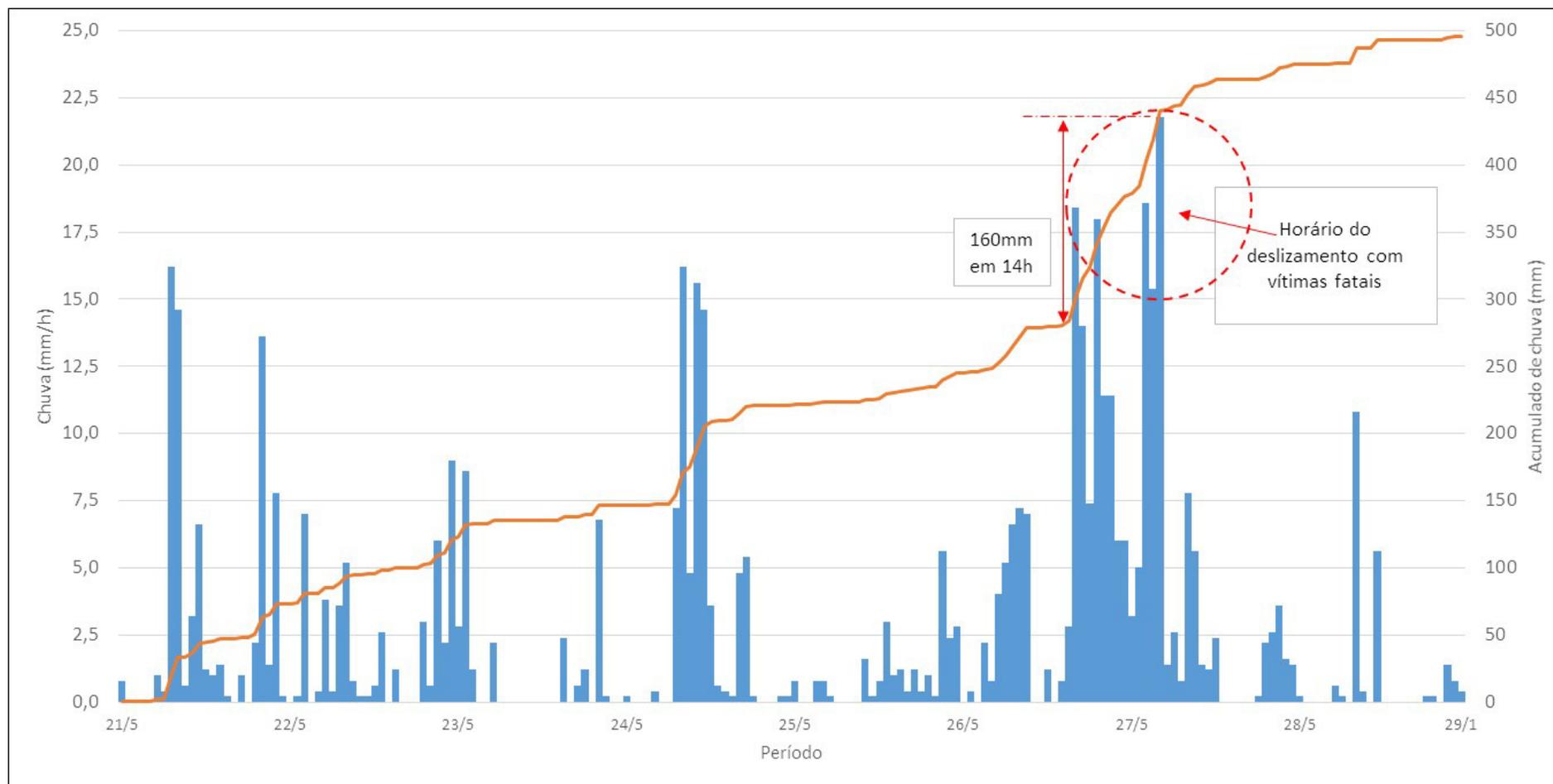
As chuvas diárias registradas entre Junho e Julho de 2017, com exceção do período de 28/06 a 30/06, ficaram em média, abaixo dos 40 mm/dia, no entanto, geraram ocorrências durante todo o mês de Junho e Julho. Quando verificamos os acumulados de chuva no solo para 15 dias, praticamente para todos os dias do período, os acumulados ficam acima dos 150

mm. A percepção que se apresenta é de que as chuvas que ocorreram entre 28/06 e 30/06 serviram para saturar novamente o solo que já estava muito molhado desde o mês de Maio.

No período de 21/05 a 28/05 foram registrados os maiores acumulados de chuvas, e praticamente todas as estações pluviométricas da cidade de Maceió, registraram acumulados de chuva superiores a 450 mm neste período. A estação Antares (270430213A – Fonte CEMADEN), registrou para este período, acumulado de chuva maior que 500 mm.

Na área de risco onde foi registrado o maior número de mortes, (Grota do Santo Amaro), no pluviômetro mais próximo, estação Chã da Jaqueira (270430217A), foi registrado para o período, o acumulado aproximado de 500 mm. O comportamento da chuva para este período está apresentado logo a seguir.

Figura 5.17 – Chuvas de 21 a 28/05/2017 que causaram 7 fatalidades na cidade de Maceió - (Fonte: Autor)

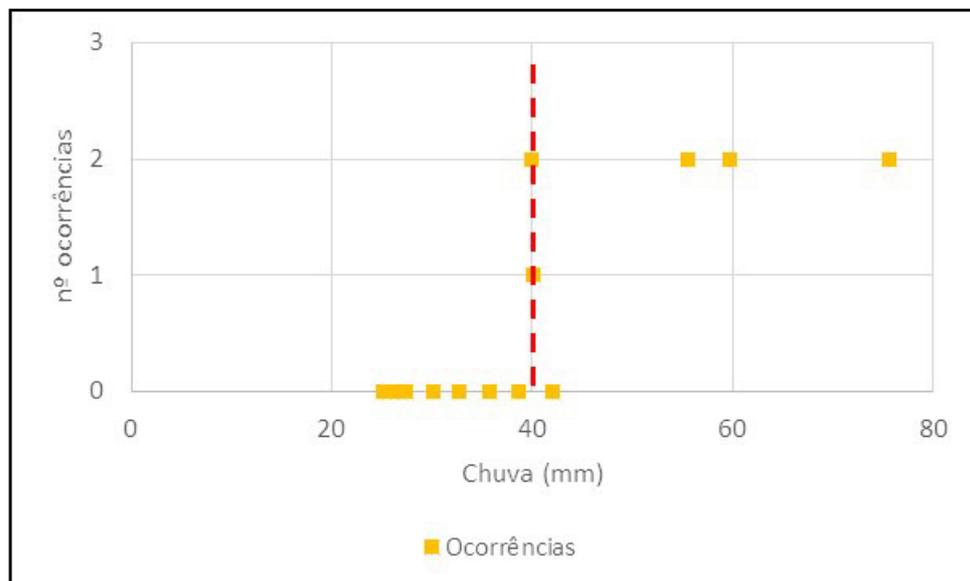


## 5.2 Análises das Intensidades das Chuvas que geram ocorrências

Para a realização dos estudos de limiares de precipitação, é comum o estabelecimento de premissas, pois os fatores envolvidos na ocorrência de um deslizamento variam muito, podendo estes, estarem associados com variáveis como as características geológicas, ocupação da área, sistemas de drenagem, densidade populacional, entre outros. A principal premissa adotada para este trabalho será com relação a precipitação considerada como significativa.

De acordo HUANG et al (2015), estudos realizados com eventos chuvosos com duração mínima de 6 h e intensidade média de 4 mm/h apresentaram bons resultados para a utilização deste parâmetro como identificador de chuvas mais significativas. Para este trabalho, estamos adotando a mesma premissa para realizar as análises iniciais dos eventos de chuva que geraram ocorrências de deslizamentos. Abaixo segue plotagem de dados com chuvas superiores a 24 mm em 1 dia, e sem chuvas acumuladas anteriormente.

Figura 5.18 – Ocorrências para chuvas maior que 24 mm/dia - (Fonte: Autor)



Podemos observar que para chuvas diárias menores que 40 mm, com acumulados de chuvas menores que 100 mm em 2 dias, praticamente não foram registradas ocorrências. Por outro lado, para chuvas diárias maiores que 40 mm já se têm registros de ocorrências de deslizamentos.

Os dados, convergem para o entendimento de que tanto as chuvas acumuladas em curto intervalo de tempo, quanto as chuvas diárias contribuem para o acontecimento de

deslizamentos. Faz-se necessário também uma verificação das chuvas diárias de forma isolada, em comparação com as ocorrências diárias.

Plotando o gráfico de dispersão das ocorrências diárias em função da chuva diária, podemos observar que para chuvas diárias acima de 80 mm foram registrados grandes números de ocorrências. Para chuvas abaixo de 40 mm, os números de ocorrências registrados são mínimos, e para chuvas entre 40 e 60 mm, os registros são medianos.

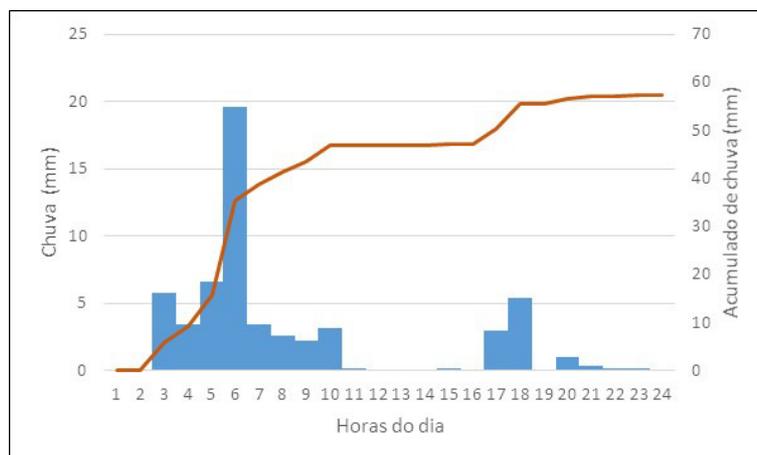
A partir da figura 5.1 pode-se verificar que para chuvas próximas de 80 mm foram registrados número de ocorrências bastante distintos.

As análises de ocorrências em função das chuvas, para a cidade de Maceió, foram realizadas através das médias das chuvas, obtidas através das médias dos postos pluviométricos instalados, e com informações disponíveis pelo CEMADEN.

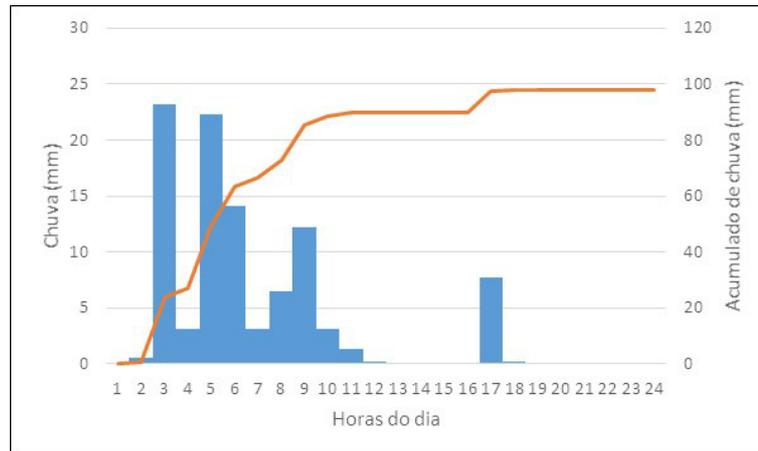
Afim de se verificar o comportamento dos eventos chuvosos que efetivamente geraram ocorrências, foram estudados eventos de chuvas com registros de ocorrências em períodos considerados dentro da quadra chuvosa e também fora da quadra chuvosa.

Para ocorrências fora da quadra chuvosa, foram investigadas 2 (duas) ocorrências que foram registradas em 18/02/2015, uma no complexo chã-tabuleiro e uma no complexo baixo reginaldo. As estações mais próximas dos complexos, registraram respectivamente 57,40 mm e 97,90 mm. O comportamento das chuvas registradas para este dia são representados nas figuras 5.20 e 5.21.

**Figura 5.19 – Chuva horária Complexo Chã-tabuleiro - (Fonte: Autor)**



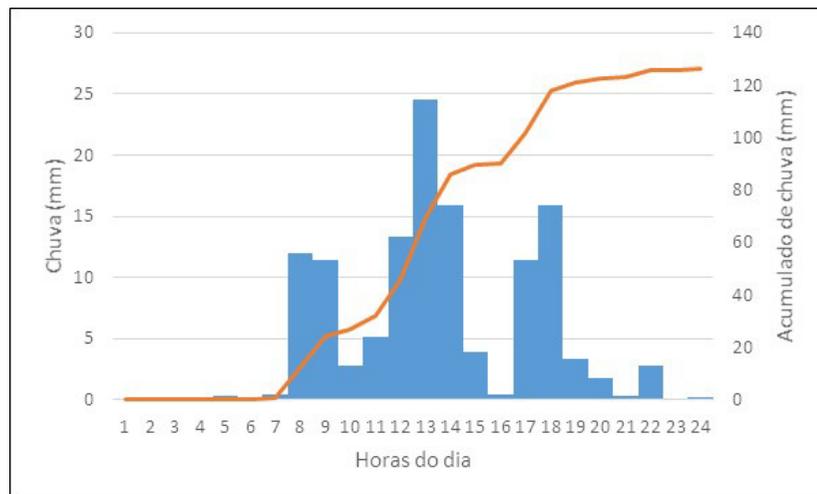
**Figura 5.20 – Chuva horária Complexo baixo Reginaldo - (Fonte: Autor)**



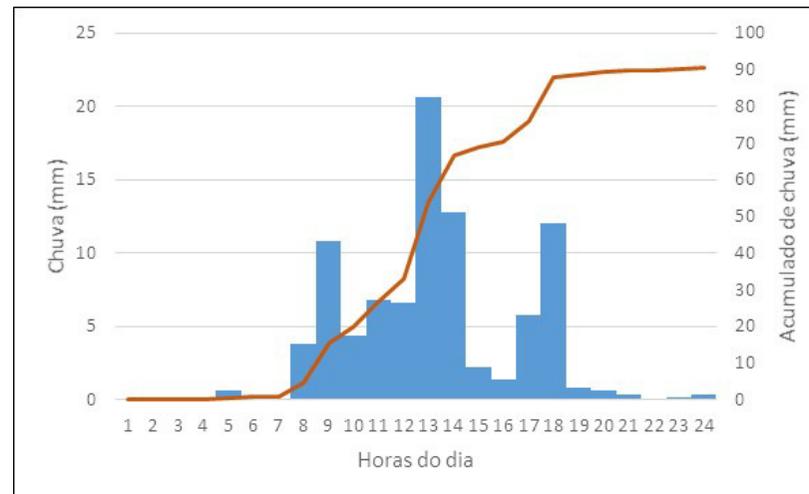
Os complexos apresentaram, para o dia analisado, eventos de chuva de 38,8 mm em 5 h (complexo chã-tabuleiro) e 87,8 mm em 8 h (complexo baixo-reginaldo). Ambos com intensidades 7,76 mm/h e 10,98 mm/h, sendo superiores ao mínimo de 4 mm/h com duração de 6 h, sugeridos por HUANG (2015).

Ao analisar os eventos de chuvas que geraram ocorrências em períodos considerados chuvosos (dentro da quadra chuvosa), foram verificados os eventos do dia 24/05/2017, onde foram registrados 5 ocorrências no complexo benedito bentes, 7 ocorrências no complexo chã-tabuleiro, 3 ocorrências no complexo litoral norte, 2 ocorrências no complexo lagoa mundaú, 5 ocorrências no complexo baixo Reginaldo e 1 ocorrência no complexo alto reginaldo. Para este dia, todos os complexos registraram ocorrências. Para isto foram verificados os registros de precipitações e considerados os postos mais próximos dos complexos listados.

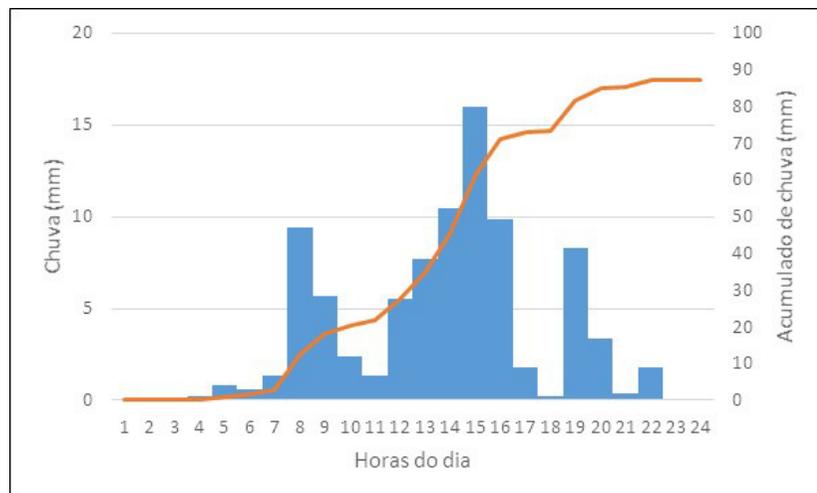
**Figura 5.21 – Chuva horária Complexo benedito bentes - (Fonte: Autor)**



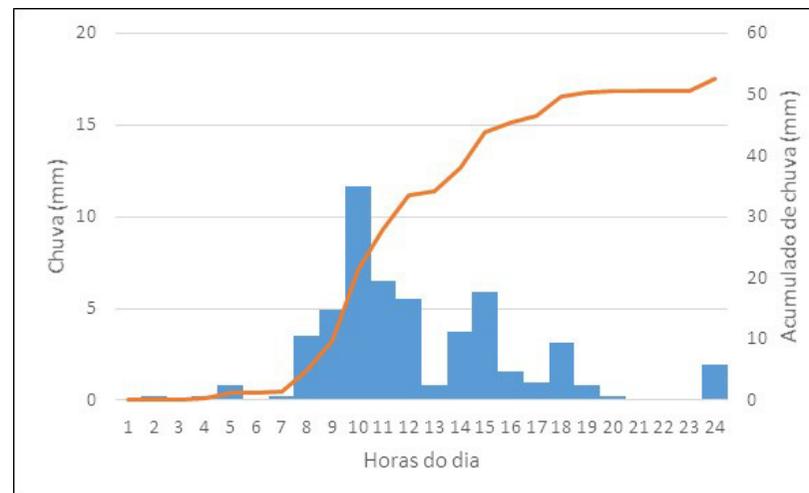
**Figura 5.22 – Chuva horária Complexo chã-tabuleiro - (Fonte: Autor)**



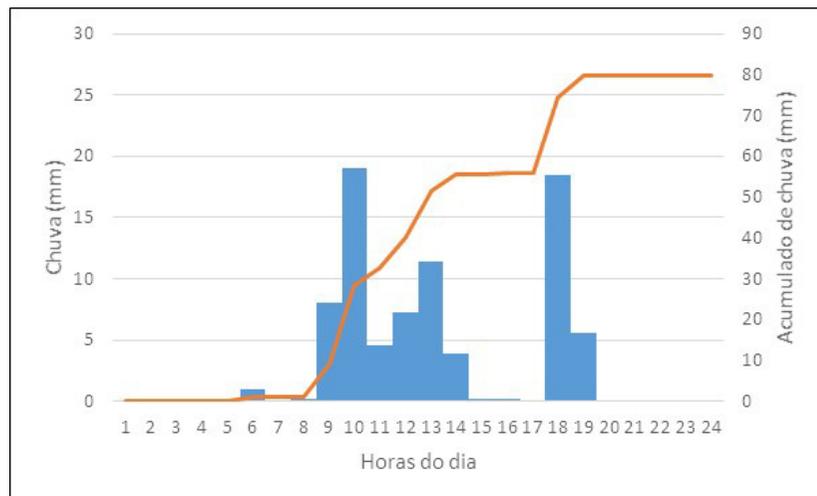
**Figura 5.23 – Chuva horária Complexo litoral norte - (Fonte: Autor)**



**Figura 5.24 – Chuva horária Complexo lagoa mundaú - (Fonte: Autor)**



**Figura 5.25 – Chuva horária Complexo baixo Reginaldo - (Fonte: Autor)** **Figura 5.26 – Chuva horária Complexo alto Reginaldo - (Fonte: Autor)**



Os complexos apresentaram, para o dia 24/05/2017, eventos de chuva com durações variadas com períodos de 5 h a 9 h, cujas as intensidades dos eventos estão apresentados na tabela 5.2.

**Tabela 5.2 – Intensidade de Chuva (mm/h) – 24/05/2017 - (Fonte: Autor)**

<b>Complexo</b>	<b>Total acumulado do evento (mm)</b>	<b>Duração (h)</b>	<b>Intensidade (mm/h)</b>	<b>Ocorrências</b>
Benedito Bentes	89,92	8,00	11,24	5
Chã-Tabuleiro	66,60	7,00	9,51	7
Litoral Norte	43,97	5,00	8,79	3
Lagoa Mundaú	32,07	5,00	6,41	2
Baixo Reginaldo	54,32	6,00	9,05	5
Alto Reginaldo	60,17	6,00	10,03	1

Ao avaliar as informações dos conjuntos de eventos de chuvas diárias dos eventos de 18/02/2015 e de 24/05/2017, pode-se verificar que as intensidades dos eventos para chuvas dentro ou fora do período chuvoso, que geraram ocorrências, não são tão distintas entre si. Pode-se verificar também que para eventos com duração de 5 h já se tem registros de ocorrências, independentemente da inserção dentro do período da quadra chuvosa.

**Tabela 5.3 – Intensidade de Chuva (mm/h) – 18/02/2015 - (Fonte: Autor)**

<b>Complexo</b>	<b>Total acumulado do evento (mm)</b>	<b>Duração (h)</b>	<b>Intensidade (mm/h)</b>	<b>Ocorrências</b>
Chã-Tabuleiro	38,80	5,00	7,76	1
Baixo Reginaldo	87,80	8,00	10,98	1

Cabe observar que mesmo com intensidades semelhantes e distribuição de chuva durante o dia semelhante, os períodos em que ocorreram as chuvas são distintos, sendo o período de fevereiro não pertencente ao período chuvoso, e o período de maio, inserido no período chuvoso. Desta forma, pode-se entender que os acumulados de chuva potencializam os números de ocorrências, por deixarem o solo saturado, e que independente do acumulado de chuva no solo, as precipitações intensas geram deslizamentos na cidade de Maceió. Sendo assim, podem existir ocorrências para qualquer que seja o período do ano, dependendo estas das combinações de precipitações diárias com acumulados de chuvas, o que nos leva a entender que para a cidade de Maceió, faz-se necessária a apresentação de sugestões de limiares com informações conjuntas, que apresentem informações de chuva diária com chuva acumulada, além de observada a intensidade do evento.

Os dados disponibilizados para este trabalho, apresentam para os dados de chuva, informações de chuvas diárias para alguns períodos e informações de chuvas horárias para outros períodos. Desta forma as análises de chuva, afim de se trabalhar com a maior quantidade de dados possível dentro do período de análise, serão, para a determinação dos limiares, com informações de chuvas diárias. As informações de ocorrências disponíveis, também são diárias e não horárias.

### **5.3 Análises dos acumulados de chuvas e número de ocorrências**

As análises já apresentadas, demonstram que tanto as chuvas diárias quanto os acumulados de chuvas, são fatores que estão diretamente ligados aos registros de ocorrências. Para a análise dos acumulados de chuvas, foram plotados gráficos para os mesmo acumulados que foram feitos para os gráficos de dispersão. Acumulados para 2 d, 3 d, 4 d, 5 d, 6 d, 7 d e 15 d.

Ao analisar os dados pode-se perceber que para o acumulado de 100 mm em 2 dias (figura 5.2) as chances de se ter registro de ocorrências são enormes. Avaliando o gráfico para o acumulado de 15 dias de chuva (figura 5.8), entende-se que para chuvas diárias acima de 40 mm e onde o acumulado de chuva está acima do 200 mm em 15 dias, também se tem enormes chances de se ter registros de ocorrências.

Ao olharmos as informações dos acumulados de 2 dias de chuvas em conjunto com as informações dos acumulados de 15 dias, pode-se verificar que também foram registradas ocorrências para chuvas diárias inferiores a 10 mm com acumulados de 15 dias menores que 100 mm.

Figura 5.27 – Zoom no Acumulado de 02dias - (Fonte: Autor)

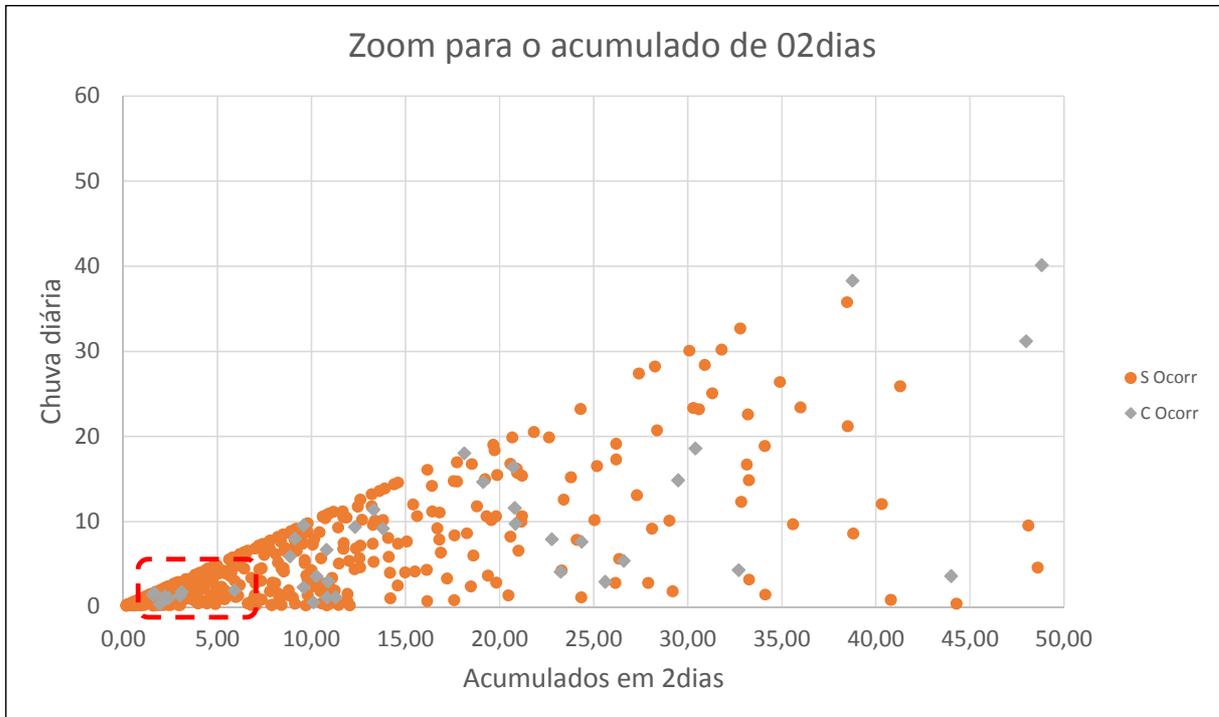
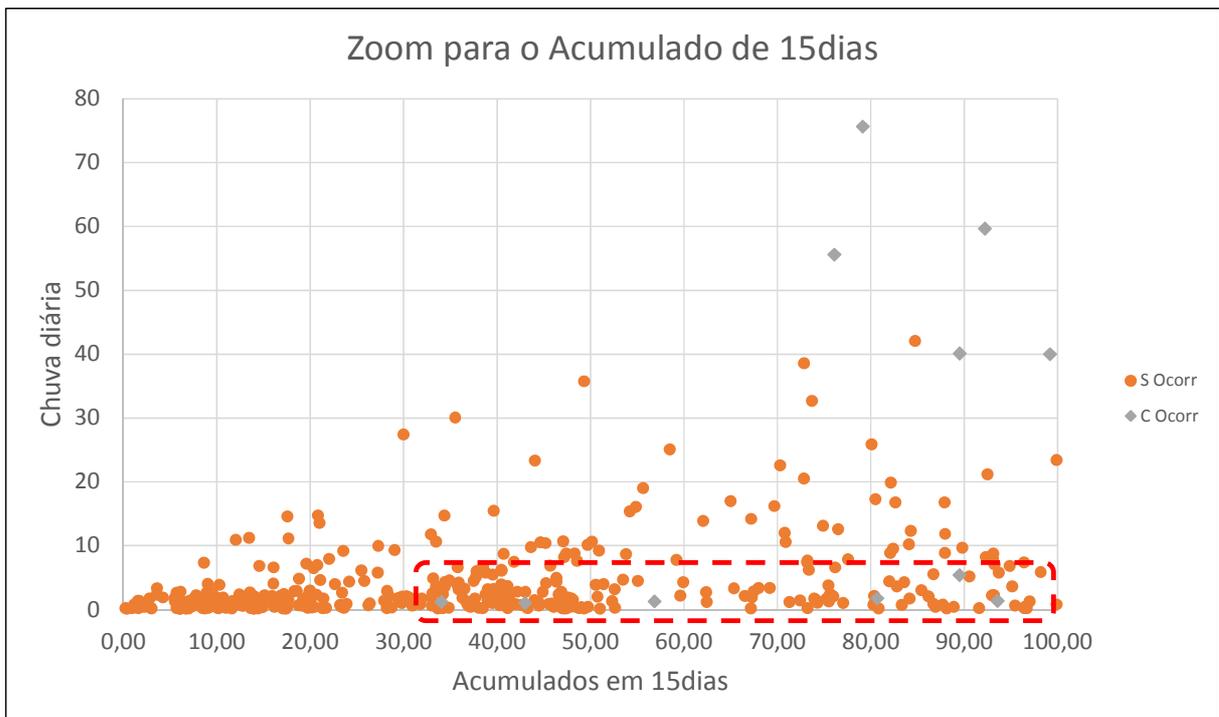


Figura 5.28 – Zoom no Acumulado de 15dias - (Fonte: Autor)



As informações apresentadas indicam que mesmo existindo registros de ocorrências para chuvas menores que 10 mm e acumulados de 15 dias menores que 100 mm, as ocorrências de deslizamento de terra não devem ter sido causadas pelas chuvas, e sim por outros fatores, que para este momento são desconhecidos.

Ao analisar as figuras 5.37 a 5.43, pode-se verificar os registros de ocorrências classificados de acordo com a quantidade registrada no dia, sendo estas separadas em 4 grupos.

- Grupo 1 – Chuvas sem ocorrências
- Grupo 2 – Chuvas com registros de 1 a 5 ocorrências
- Grupo 3 – Chuvas com registros de 6 a 15 ocorrências
- Grupo 4 – Chuvas com registros acima de 15 ocorrências

Figura 5.29 – Acumulado de 2 dias e ocorrências por grupos - (Fonte: Autor)

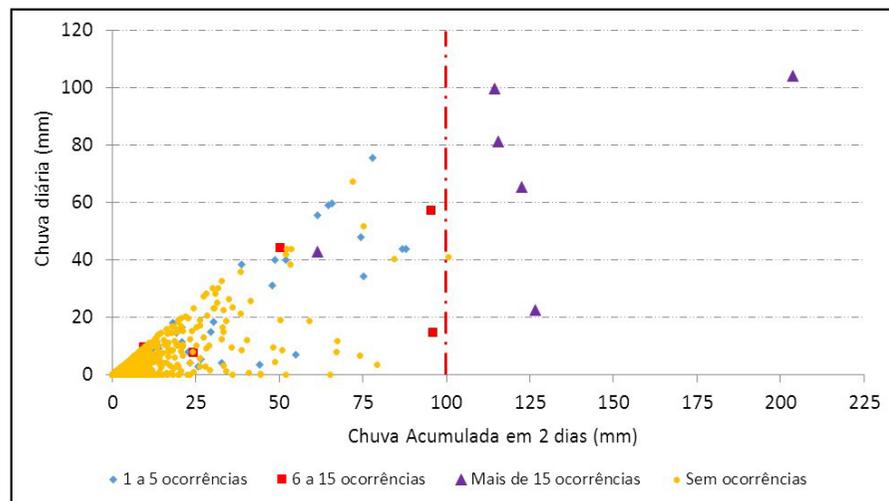


Figura 5.30 – Acumulado de 3 dias e ocorrências por grupos - (Fonte: Autor)

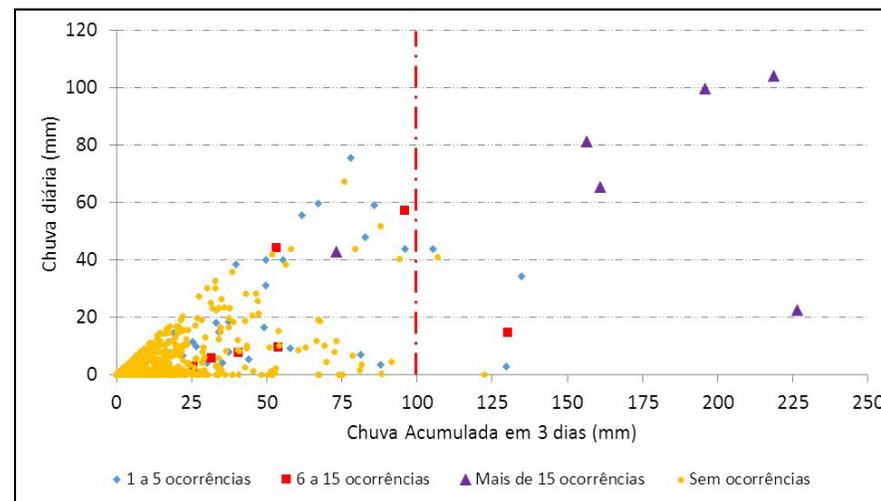


Figura 5.31 – Acumulado de 4 dias e ocorrências por grupos - (Fonte: Autor)

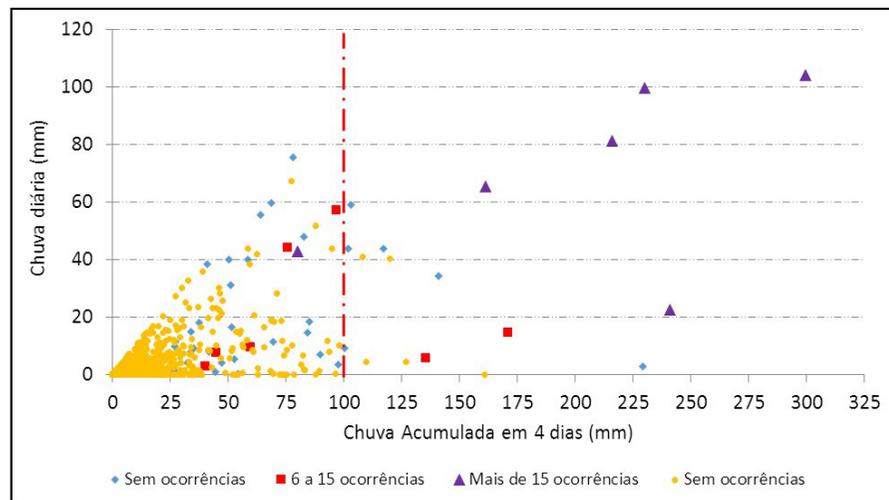


Figura 5.32 – Acumulado de 5 dias e ocorrências por grupos - (Fonte: Autor)

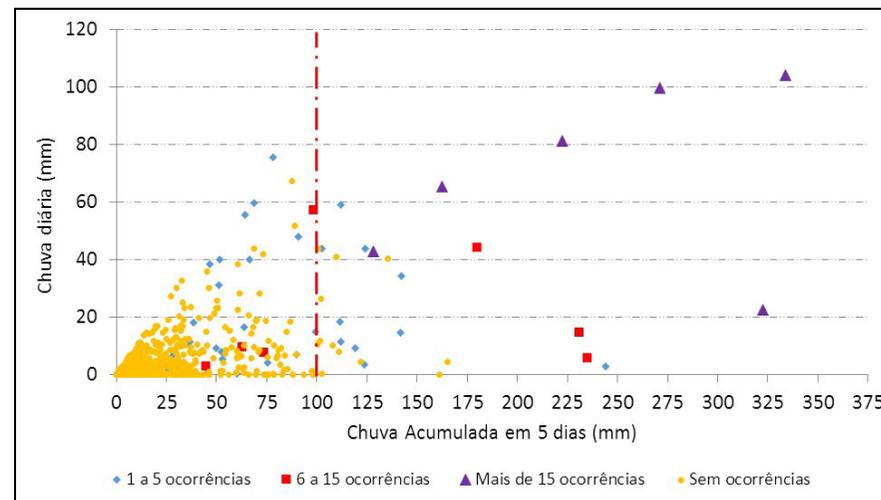


Figura 5.33 – Acumulado de 6 dias e ocorrências por grupos - (Fonte: Autor)

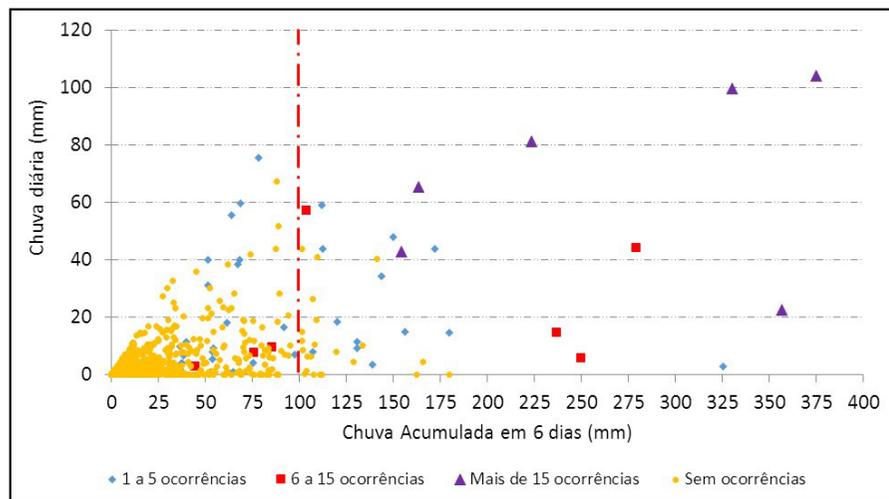


Figura 5.34 – Acumulado de 7 dias e ocorrências por grupos – (Fonte: Autor)

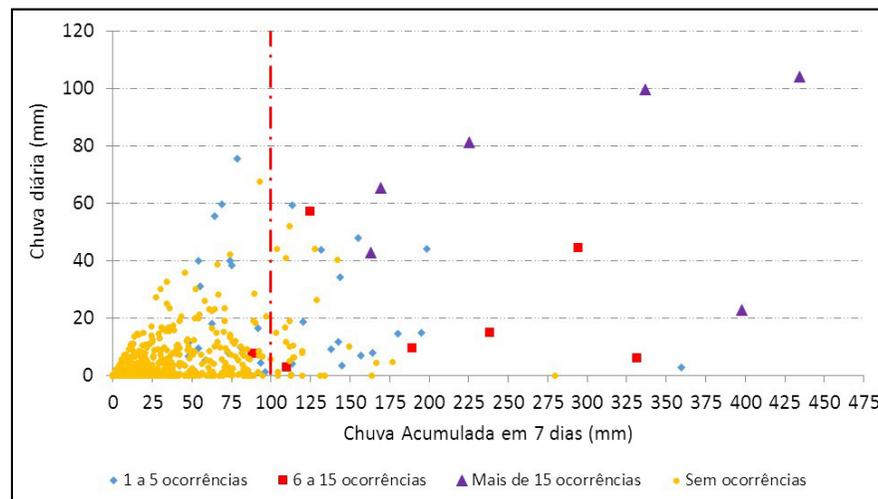
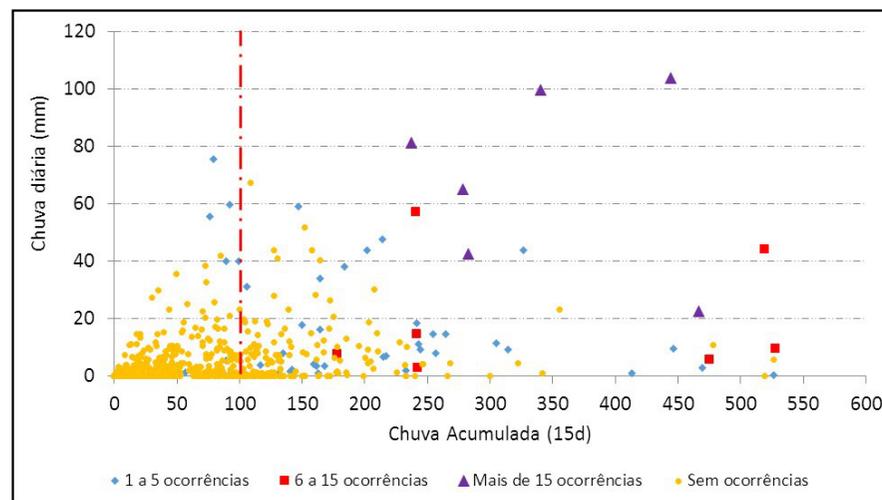


Figura 5.35 – Chuva acumulada de 15 dias e ocorrências por grupos - (Fonte: Autor)



Avaliando a evolução dos acumulados de chuvas e as ocorrências registradas, verifica-se que os registros com maiores números de ocorrências acontecem em períodos em que se tem acumulados de chuvas superiores a 100 mm para 15 dias.

A situação fica mais evidenciada quando avaliados apenas os dados de chuvas em que ocorreram registros de ocorrências. Pode-se verificar que para acumulados menores de chuva, as precipitações diárias são mais determinantes para o registro de ocorrências, da mesma forma que para acumulados de chuva maiores, os acumulados são mais determinantes para o registro de maiores números de ocorrências.

#### **5.4 Limiares de Precipitação para Maceió**

As análises apresentadas mostram que a precipitação, além dos fatores antrópicos, condições geológicas e geotécnicas, declividade, é um fator relevante e que pode ocasionar um deslizamento de terra na cidade de Maceió. No entanto, de acordo também com as informações que já foram apresentadas, podem haver outros fatores que também podem influenciar nos deslizamentos de terra, registro de ocorrências, tais como superfície de drenagem, número de habitantes e tipologia das edificações.

Os Limiares apresentados a seguir, não são referenciados por equações de relação entre as variáveis precipitação e ocorrências, e sim, pelas análises que aqui foram apresentadas quanto ao comportamento das chuvas em relação aos registros de ocorrências na cidade.

Desta forma, entende-se que a melhor forma de apresentar os Limiares para este trabalho, diante das informações disponíveis, é avaliar como está o acumulado de chuvas de acordo com a situação em que se esteja presente. E quando não houverem acumulados, levar em consideração apenas a chuva diária para entender em que nível de atenção deve-se estar.

Em conformidade com as análises apresentadas, foram separados os Limiares, de acordo com os acumulados de 2 d, 3 d, 4 d, 5 d, 6 d, 7 d e 15 dias.

Limiar de Chuva para precipitações (maior que 24 mm/dia)

Considerando as chuvas diárias maior que 24 mm/dia e chuva do dia anterior <24 mm, e considerando ainda o acumulado de chuva em 15 dias menor que 100mm, temos o limiar de

40 mm, com duração menor ou igual a 5 h, de precipitação para gerar início de situação de risco para a cidade de Maceió.

Limiar de Chuva para Acumulados de 2d/3d/4d/5d/6d/7d e 15dias

Ao verificarmos as plotagens dos gráficos dos acumulados de chuvas x ocorrências para os acúmulos de 2 a 15 dias, pode-se verificar que para o acumulado de 100 mm, independente dos dias acumulados, sempre podem acontecer ocorrências, sendo elas de menor ou maior impacto, tornando-se o acumulado de 100 mm em 2 d o de maior impacto nas áreas de risco da cidade de Maceió, sendo praticamente certo a probabilidade do registro de ocorrências.

Fazendo a verificação dos acumulados de 3 d, 4 d, 5 d, 6 d, 7 d e 15 d, podemos chegar à conclusão que a medida que o volume de água acumulado aumenta, as ocorrências também aumentam em proporção, sendo que para todos as durações de acumulados estudadas, a partir de 100 mm o limiar de 40 mm previsto para gerar início de situação de risco, torna-se cada vez menor, derrubando a barreira dos 40 mm já para acumulado de 2 d.

Entende-se então que para acumulados a partir de 100 mm, aparentemente, há uma certa instabilidade no solo, fazendo com que volumes de chuva considerados não expressivos (menor que 24mm), sejam causadores de deslizamentos de terra na cidade de Maceió.

As figuras 5.51 e 5.52, mostram 4 quadrantes que podem ser utilizados para o acompanhamento das chuvas e suas prováveis consequências. O período de 15 dias de acumulado de chuvas foi escolhido pois separa bem as interferências das chuvas diárias das chuvas acumuladas.

Para o quadrante A, pode-se perceber a influência das chuvas diárias, a partir do Limiar de 40mm.

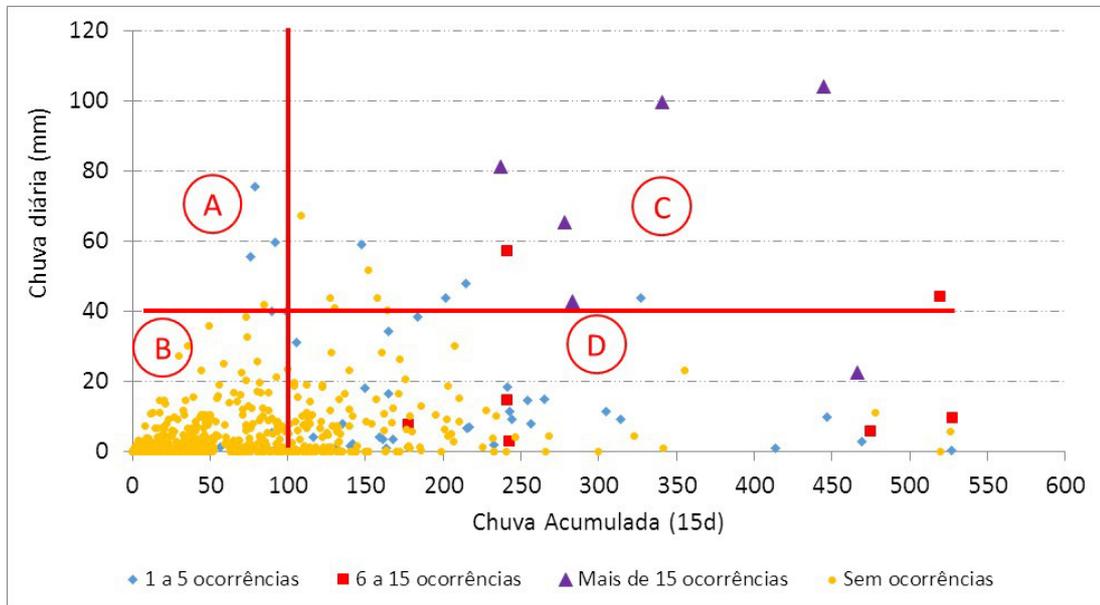
No quadrante B, podemos perceber que para acumulados de chuvas de 15d menores que 100mm e chuvas diárias menores que 40mm, as chances de se registrar uma ocorrência na cidade de Maceió é praticamente nula.

Na região C, estão as circunstâncias mais desfavoráveis, onde estão combinadas chuvas significativas com acumulados de chuvas maiores que 100mm. Para estas condições, é praticamente inevitável a ocorrências de deslizamentos de terra.

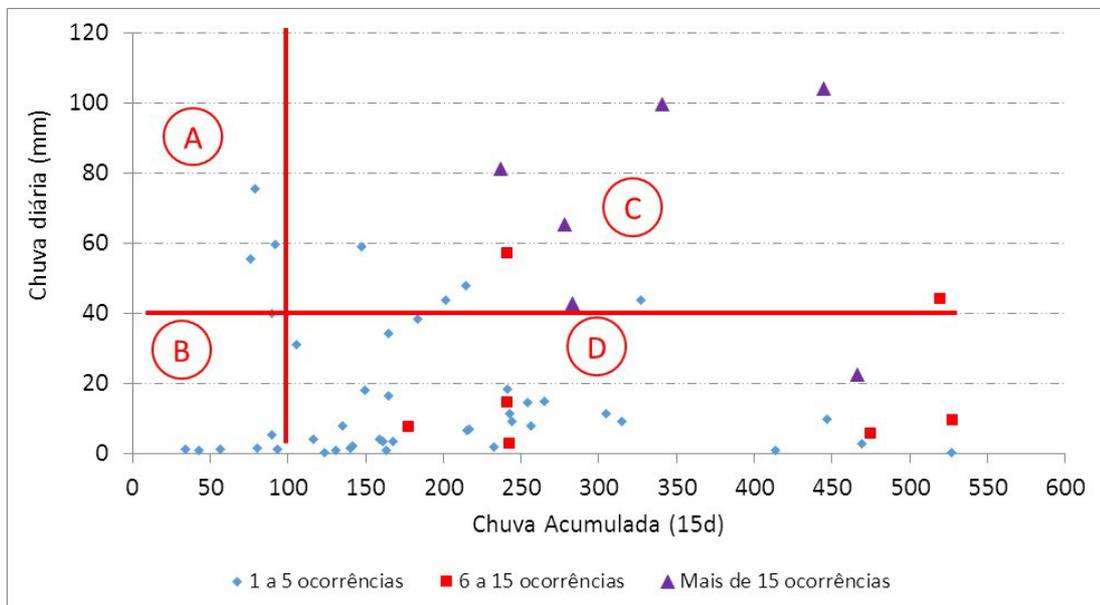
Na região D, pode-se perceber a grande influência dos acumulados de chuvas, pois para acumulados maiores que 100mm, apesar de não ocorrerem chuvas significativas, há uma

certa instabilidade no solo, ocorrendo também grandes possibilidades de serem registradas ocorrências de deslizamentos de terra. A partir de 200mm de chuva acumulados em 15 dias, as consequências já se tornam bem catastróficas.

**Figura 5.36 – Gráfico de quadrantes com chuvas totais registradas - (Fonte: Autor)**



**Figura 5.37 – Gráfico de quadrantes com chuvas que registraram ocorrências- (Fonte: Autor)**



## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O período chuvoso em Maceió, é definido como “quadra chuvosa”, e está enquadrado pela defesa civil no quadrimestre de Abril a Julho do calendário. Cabe ressaltar, que pela avaliação dos dados obtidos, mesmo para períodos não considerados dentro da quadra chuvosa, deve-se ter uma atenção voltada para o acompanhamento das chuvas. Os resultados apresentados mostram que para chuvas diárias, sugere-se o limiar de 40 mm de precipitação como fator desencadeador de deslizamentos de terra, isto para um evento com duração de 5 h ou menos, e o acumulado de 100 mm em 2 dias como indicador de alerta para chuvas contínuas acumuladas.

O acompanhamento diário das chuvas através de monitoramento em tempo real disponibilizado pelo CEMADEN pode ser utilizado como alternativa para o órgão se antecipar aos avisos de alertas, quando estes forem avaliados em conjunto com estudos que relacionam precipitações e deslizamentos de terra.

As verificações realizadas para este trabalho reforçam as evidências de que o fator chuva é um dos principais desencadeadores de ocorrências no município de Maceió. Outros fatores como o estudo minucioso do solo, tipo de drenagem da região, densidade populacional e geologia, também podem influenciar diretamente no surgimento dos registros de ocorrências, e devem ser estudados nos complexos de risco para que se possa estimar de forma mais precisa os limiares de chuvas que geram ocorrências de acordo com cada área de risco específica. Este trabalho buscou sugerir limiares que podem gerar deslizamentos de terra em Maceió, avaliando apenas a variável precipitação.

Os resultados de acumulados de chuva apresentados, sugerem uma instabilidade no solo das áreas de risco, aparentemente após sua saturação. Sendo assim, se faz necessário uma avaliação do solo dos complexos de riscos estudados, afim de se definir formas de proteção, objetivando aumentar o limiar crítico sugerido para acumulados de chuva.

A avaliação do estado atual da região, acumulados anteriores de chuvas, além das previsões de chuvas, são requisitos essenciais para a avaliação de emissão de alertas, tendo em vista que o acumulado de chuva em dias anteriores a eventos significativos de precipitações, aumentam o número de ocorrências registradas.

A realização, atualização dos estudos de relação entre precipitações e registros de ocorrências de deslizamentos deve ser continuada e melhorada. Sugere-se que a defesa civil

efetue um detalhamento das ocorrências com incrementos de informações tais como referências locais e horário, e postos pluviométricos mais próximos dos locais onde ocorreram os deslizamentos de terra. Essas informações facilitarão o tratamento dos dados de ocorrências e possibilitarão a definição de limiares de precipitações para complexo de risco, de forma individual.

O presente trabalho, após análise dos resultados e sugestão dos limiares para cidade de Maceió, evidencia ainda, que independente da área em que for realizado os estudos dos limiares de precipitações, deve-se avaliar as informações de precipitações diárias e acumuladas para períodos de chuvas acumulados de acordo com o comportamentos dos dados, e não com um período pré-determinado, pois as informações variam de região para região, mesmo que estas regiões sejam próximas. Desde forma, entende-se que não cabe uma regra geral para obtenção desses limiares, e sim um estudo do comportamento das ocorrências em função das características das chuvas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS; **Estudos hidrogeológicos para subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos subterrâneos na região metropolitana de Maceió.**

<<http://www3.ana.gov.br/>>. Acesso em: 8 de Jan. 2018.

CASTRO, J. M. G.; **Pluviosidade e Momentos de massa nas encostas de Ouro Preto.** Ouro Preto, 2006. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Geotecnia. Universidade Federal de Ouro Preto.

DENARIDIN, E. J; FREITAS, L. P.; **Características fundamentais da chuva no Brasil.**

Pesq, Agropec. Bras., Brasília. 17(10): 1409-1416, out. 1982.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Consulta de área, população e dados básicos dos municípios.** <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 9 de Jan. 2018.

MARTINS, F. T.; **Pluviometria crítica de escorregamentos na cidade do Rio de Janeiro: Comparação entre períodos.** Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil COOPE – UFRJ)

MICHAEL, G. P.; **Modelagem de estabilidade de encostas com consideração do efeito da vegetação.** Florianópolis, 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina).

MICHAEL, G. P.; KOBİYAMA, M.; GOERL, F. B.; **Comparative analysis of SHALSTAB and SINMAP for landslide susceptibility mapping in the cunha river basin, southern Brazil.** J Soils Sediments (2014) 14:1266–1277.

MICHAEL, G. P.; GOERL, F. B.; KOBİYAMA, M.; **Critical rainfall to trigger landslides in cunha riverbasin, southern Brazil.** J Soils Sediments (2014) 14:1266–1277.

HUANG, J. et al.; Determination of rainfall thresholds for shallow landslides by a probabilistic and empirical method. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.**, **15**, 2715–2723, 2015

HOLZ, J.; **Levantamento e mapeamento do índice de risco de alagamento da bacia do reginaldo.** Maceió, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). CTEC (PPGRHS). Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

KOBİYAMA, M. et al.; Historical analyses of debris flow disaster occurrences and of their scientific investigation in Brazil. **Labor & Engenho.** Out. / Dez. 2015. v 9, n 4, p. 76-89.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Anuário brasileiro de desastres naturais.** <<http://www.integracao.gov.br/web/guest/defesacivil/publicacoes>>. Acesso em: 10 de Jan. 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Atlas de desastres naturais do Brasil – volume Alagoas 2013.** <<http://www.integracao.gov.br/web/guest/defesacivil/publicacoes>>. Acesso em: 15 de Jan. 2018.

MOLINA, E. A. N. et al; Relação Precipitação – Deslizamento no Município de São Bernardo do Campo – SP. **Ciência e Natura – Revista do centro de ciências naturais e exatas - UFSM**. Santa Maria, v. 37, 2015, p. 46-54.

MENDES, R. M. et al.; Estudos de Limiares Críticos Deflagradores de Deslizamentos no Município de São José dos Campos – SP (Brasil). **Associação portuguesa de riscos, Prevenção e segurança, imprensa da universidade de Coimbra**. Territorium, 22. 2015, p. 119 – 129.

NETO, A. R. et al; Methodologies for generation of hazard indicator maps and flood prone areas: municipality of Ipojuca/PE. **Revista brasileira de recursos hídricos**. Porto Alegre, v. 21, n 2, Abril – Junho 2016, p. 377-390.

PARIZZI, M. G. et al.; Correlações entre chuvas e movimentos de massa no Município de Belo Horizonte – MG. Artigos Científicos, **Geografias**. Belo Horizonte, 2010, v. 06 Julho a Dezembro, p. 49-68.

PEDROSA, V. A.: FRAGOSO JR, C. R.; SOUZA, V. C. B; **Reflexões sobre a cheia de 2010 nas bacias do rio mundaú e Paraíba**. Maceió, 2010. CTEC – Centro de Tecnologia. UFAL – Universidade Federal de Alagoas.

\_\_\_\_\_. **Plano de contingência**. Prefeitura municipal de Maceió, COMDEC. 2017.

SANTORO, J. et al; **Correlação entre chuvas e deslizamentos ocorridos durante a operação do plano preventivo de defesa civil em São Paulo**. 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, São Paulo, 2010.

S2ID, BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Atlas brasileiro de desastres naturais – 1991 a 2012**. Volume Alagoas. 2013.

TATIZANA, C. et. al; (1987a) **Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos, serra do mar, mun. de Cubatão**. 5o Congr. Bras. Geol. Eng., ABGE, São Paulo: 225-236.

TATIZANA, C. et. al; (1987b) **Modelamento numérico da análise de correlação entre chuvas e escorregamentos aplicado às encostas da serra do mar, município de Cubatão**. 5o Congr. Bras. Geol. Eng., ABGE, São Paulo: 237-248.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.; Desastres naturais. In: **Escorregamentos. Inundações e Enchentes**. São Paulo, 2009, p. 25-37, 39-52.

TUCCI, M. E. C.: **Hidrologia – Ciência e aplicação**. 4.ed. 5ª reimp. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2013.

UNISDR. **Disasters statistics 2005 – 2014**, <[www.unisdr.org/we/inform/disaster-statistics](http://www.unisdr.org/we/inform/disaster-statistics)>. Acesso em: 8 de Fev. 2018.

UNISDR. **Strategic framework 2016-2021**, Switzerland, 2015, p.4

ZAHIRI, E. P. et al; Mesoscale extreme rainfall events in West Africa: The cases of Niamey (Niger) and the Upper Ouémé Valley (Benin). **Elsevier**. v. 13 ,2016, p. 15-34