

## Análise da precipitação e das mudanças de estágio de alerta entre 2015 e 2017 em Blumenau-SC

MARTINS, T.R.<sup>1</sup>; SACCO, Francine Gomes<sup>2</sup>; MUNHOZ, Marco A.R.<sup>3</sup>; WEBER, T. M.<sup>4</sup>; RODRIGUES, E.J.F.<sup>5</sup>

**ABSTRACT**– The city of Blumenau is located within the valley surrounding the Itajai River. The town's history is often marked by natural disasters associated with extreme precipitation events, resulting in dire direct impacts to the population. The present work presents a brief study of precipitation patterns within the town's limits, as well as its impacts shown by the issuing of official storm alerts, rising of the Itajai River and landslide probability between 2015 and 2017. To provide this data the information was obtained by the pluviometric automatic stations from Blumenau's rain monitoring and alert system (AlertaBlu). Preliminary results indicate different rain patterns throughout the seasons, with irregular rain patterns in the warmer periods of the year, and an uniform pattern in the colder periods. It was also possible to estimate the pattern of effects associated with each precipitation pattern, showing a larger tendency to the occurrence of gradual flood events within autumn, winter and spring, as well as a higher probability of flash floods in the spring and in the summer. The evidence also indicates a high risk of landslides and other land mass movement throughout the year.

**Palavras-Chave** – Precipitação, desastres naturais, estágios de alerta.

---

1) Squitter Meteorologia e Hidrologia, tatiene.martins@squitter.com.br

2) Squitter Meteorologia e Hidrologia, francine.sacco@squitter.com.br

3) Squitter Meteorologia e Hidrologia, marco.munhoz@squitter.com.br

4) Squitter Meteorologia e Hidrologia, taciaana.weber@squitter.com.br

5) Defesa Civil de Blumenau, eduardorodrigues@blumenau.sc.gov.br

## 1. INTRODUÇÃO:

A cidade de Blumenau é frequentemente atingida por desastres naturais associados a eventos extremos de precipitação. Um dos casos mais significativos ocorreu em novembro de 2008, quando chuvas intensas atingiram a bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açu, causando o maior desastre natural já registrado no município. Na ocasião um sistema de alta pressão em superfície associado a um vórtice ciclônico em níveis médios da atmosfera favoreceu a formação de nuvens, gerando grandes volumes de chuva em todo o Vale do Itajaí (Lima, 2009). Como consequência o nível do Itajaí-Açu atingiu 11,52m, foram registradas inundações, enxurradas e cerca de 08 mil casos de escorregamentos (Severo, 2009). Além disso, foram registradas 21 mortes, 08 desaparecimentos e mais de 5mil pessoas ficaram desabrigadas.

Partindo desta evidente a suscetibilidade aos eventos meteorológicos extremos, no ano de 2013 foi implementado pela prefeitura de Blumenau o Sistema de Monitoramento e Alerta de Chuvas Intensas de Blumenau (AlertaBlu), passando a operar efetivamente a partir de maio de 2014. Atualmente o AlertaBlu opera como uma gerência da Defesa Civil Municipal e conta com uma rede de estações pluviométricas, uma estação meteorológica, sistema informatizado para gerenciamento de dados e modelagem numérica e uma equipe de meteorologistas e técnicos em meteorologia e eletrônica. A principal atividade desenvolvida pelo AlertaBlu é a geração de informações para a Defesa Civil, que consiste em confeccionar previsões de tempo de curtíssimo, médio e longo prazos, monitoramento das condições atmosféricas e emissão de alertas de tempo com o máximo de antecedência possível.

A partir do desenvolvimento de um banco de dados com observações meteorológicas consistentes, surge a necessidade de análise destas informações, bem como favorece o desenvolvimento de estudos meteorológicos e climatológicos que visem o melhor entendimento do papel das condições de tempo e clima locais na ocorrência dos desastres naturais. Desta forma, o objetivo deste trabalho é analisar as características da precipitação em Blumenau e, ainda, avaliar a relação entre a chuva e as mudanças de estágio de alerta.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DADOS UTILIZADOS

O clima de Blumenau é bastante úmido com temperaturas elevadas no verão e amenas no inverno. Em virtude de suas características orográficas Blumenau apresenta umidade relativa do ar elevada em todas as épocas do ano. O ritmo climático é baseado nos sistemas causadores de chuva que resulta em tipos de tempo bem definidos de acordo com a estação do ano. Os volumes pluviométricos mensais são mais elevados no verão e na primavera (variando entre 128 e 187 mm), no outono apresenta uma redução (102 a 146 mm) e o mínimo esperado para o município

ocorre no inverno, em especial nos meses de junho e agosto, quando os volumes normais são de 91 e 95 mm respectivamente.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados de precipitação com intervalo de 15min de 16 estações pluviométricas que integram a rede de monitoramento e alerta de chuvas intensas de Blumenau (AlertaBlu). Foram também usadas observações de precipitação a cada 15 minutos da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), localizada na região central do município. Posteriormente, foram calculados os acumulados mensais de cada um dos postos pluviométricos, bem como acumulados anuais, anomalias mensais e ciclos anuais.

O período que vai de janeiro de 2015 a dezembro de 2017 foi escolhido por representar um período completo de observações desde o início das atividades do AlertaBlu e, ainda, por não apresentar falhas significativas de dados, que foram preenchidas seguindo metodologia apropriada para tal.

## 2.2. MUDANÇAS DE ESTÁGIO DE ALERTA

O monitoramento do risco de desastres naturais provocados por eventos extremos de chuva é efetuado em Blumenau através de estágios de alerta. São monitorados o nível do Rio Itajaí-Açú, o risco e/ou ocorrência de chuva intensa e temporais além da probabilidade de ocorrência de movimentos de massa ou escorregamentos. A operação do AlertaBlu segue protocolos e critérios pré-definidos para as mudanças de estágio de alerta. Com relação à chuva, os estágios são: vigilância, pré-atenção, atenção, alerta e alerta máximo. A probabilidade de escorregamentos conta com os estágios de baixa, média, alta e muito alta probabilidade. Vigilância, atenção, alerta e prontidão são os estágios relacionados às leituras limimétricas. Sob condição de tempo estável e com rio em sua calha normal, o município permanece em estágio de vigilância com relação à chuva e nível de rio e baixa probabilidade de escorregamento, conforme as precipitações ocorrem estes estágios vão sendo alterados.

O monitoramento da situação atual do município é efetuado através de regiões, formuladas pelo agrupamento de bairros, com intuito de permitir a emissão de alertas e mudanças de estágio de forma mais pontual, evitando assim a mobilização de toda a população no caso da ocorrência de chuvas mais localizadas, conforme está disposto na tabela 01. Desta forma, quando metade das estações pertencentes a uma dada região apresenta volumes de chuva que satisfaçam os critérios, é efetuada pelos meteorologistas a modificação do estágio de alerta toda a região. Vale ressaltar que as mudanças de estágio com relação à chuva podem ser realizadas tanto por critérios de observação como por previsão de *nowcasting*.

A fim de comparar com dados de precipitação, foi contabilizado o total mensal de mudanças de estágio de alerta para cada um dos itens monitorados. Cada troca de estágio é contabilizada toda vez que ao menos uma região é elevada de estágio. Para assegurar que todas as mudanças de estágio com relação à precipitação resultaram da ocorrência real de chuva (evitando falsos

positivos), foram levados em conta apenas mudanças a partir do estágio de atenção. Os retornos de estágio (descida) foram desconsiderados.

Tabela 01: Regiões de monitoramento de Blumenau e estações pluviométricas

Região	Estações Pluviométricas
<i>Itoupavas / Badenfurt</i>	Itoupava Central, Itoupavazinha e Tatutiba
<i>Velha / Vila Nova</i>	Velha Central, Velha Grande, Parque Ramiro Ruediger, Passo Manso e Coripós
<i>Fortaleza</i>	Nova Esperança e Fidélis
<i>Garcia</i>	Araranguá, Jordão, Rui Barbosa, Nova Rússia e Glória
<i>Central</i>	Vorstad*
<i>Vila Itoupava</i>	Vila Itoupava

\* a estação Vorstad, devido à falhas nos dados, não foi utilizada neste estudo.

### 3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A figura 01 apresenta o ciclo anual médio, calculado entre os anos de 2015 e 2017, para cada uma das estações pluviométricas. Observa-se que todas as estações pluviométricas apresentam comportamento semelhante entre os meses de março a dezembro. O período entre outubro e março apresentam os maiores acumulados mensais de chuva, com volumes que em geral superam os 150mm ao mês. Os menores volumes de chuva são registrados no período de abril a setembro, sendo os meses de julho e agosto os mais secos, com acumulados que ficam abaixo dos 100mm no mês.

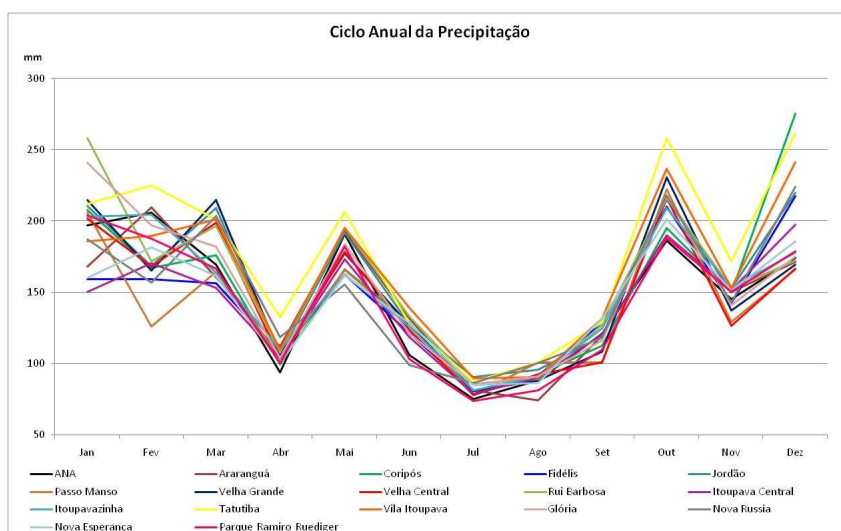
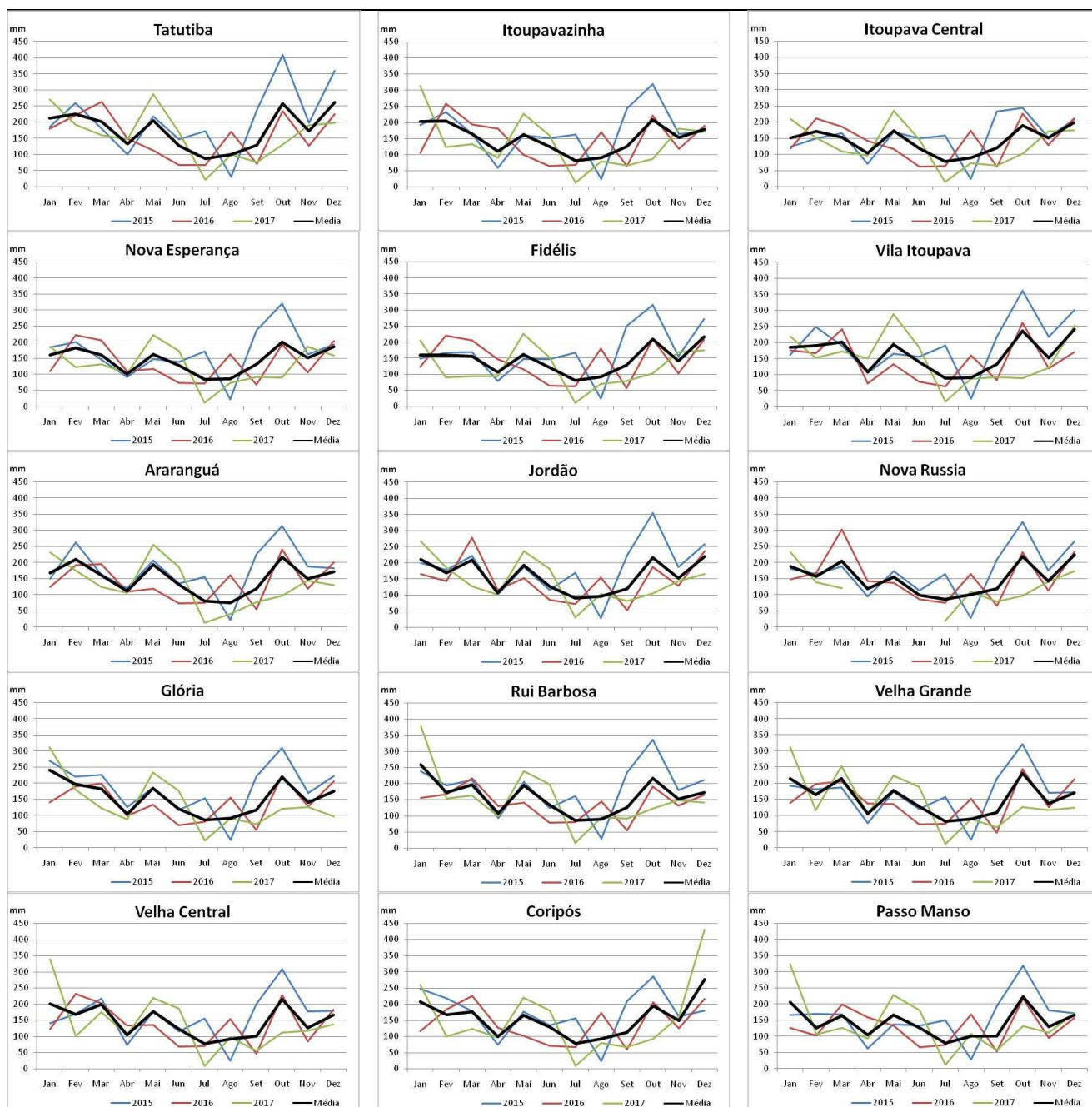


Figura 01: Ciclo anual da precipitação nas estações pluviométricas.

Por outro lado, o comportamento da chuva em cada estação difere significativamente nos meses de janeiro e fevereiro. Esta diferença de comportamento do ciclo anual da precipitação das estações, entre os períodos Jan-Fev e Mar-Dez, ocorre muito em função do tipo de chuva

observada no município. Entre abril e setembro, frentes frias, ciclones extratropicais e vórtices ciclônicos são os principais responsáveis pela chuva na região. A precipitação associada a tais sistemas, em geral, são espacialmente mais abrangentes (resultando em volumes bem distribuídos de chuva) e são mais duradouras (estratiforme). Já entre dezembro e fevereiro, a precipitação na região está associada principalmente à convecção diurna, disparada pelo aquecimento diferencial da superfície, e apresentam como principais características a ocorrência de grande volume de chuva em curto espaço de tempo e por concentrarem-se em pequenas áreas (volumes mal distribuídos).



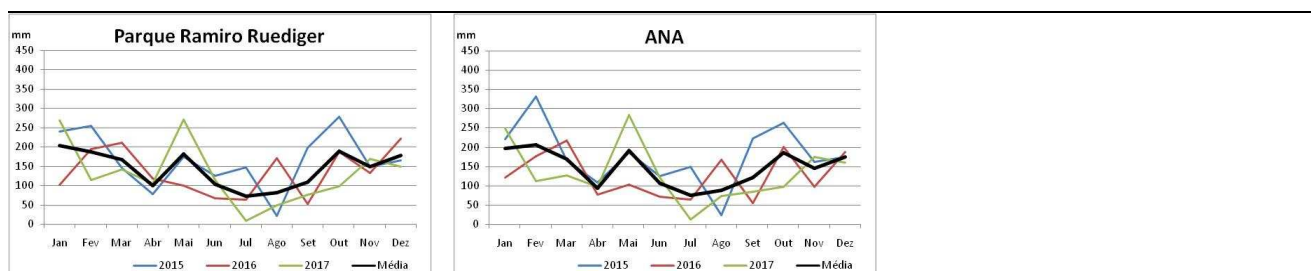


Figura 02 - Variação anual da precipitação nas estações pluviométricas entre 2015 e 2017.

A figura 02 apresenta as variações anuais de precipitação em cada uma das estações pluviométricas. Nos gráficos, as linhas azuis se referem ao ano de 2015, as vermelhas à 2016, as verdes ao ano de 2017 e já a média dos três anos é representada pelas linhas pretas. Os meses de julho e agosto se mostram os mais secos do ano em todas as estações pluviométricas nos anos analisados. A transição dos tipos de chuva fica explícita através da tendência de redução dos volumes de chuva do mês de abril nos três anos analisados.

No sentido inverso ao de abril, há uma tendência evidente do aumento de chuva a partir do mês de setembro, quando além dos sistemas sinóticos transientes, passam a ocorrer precipitações associadas ao calor. É possível notar que todas as estações apresentam um pico de chuva no mês de outubro, registrados nos anos de 2015 e 2016. Já no ano de 2017 para o mesmo mês observa-se um aumento gradual do volume de chuvas em relação à setembro na maioria das estações.

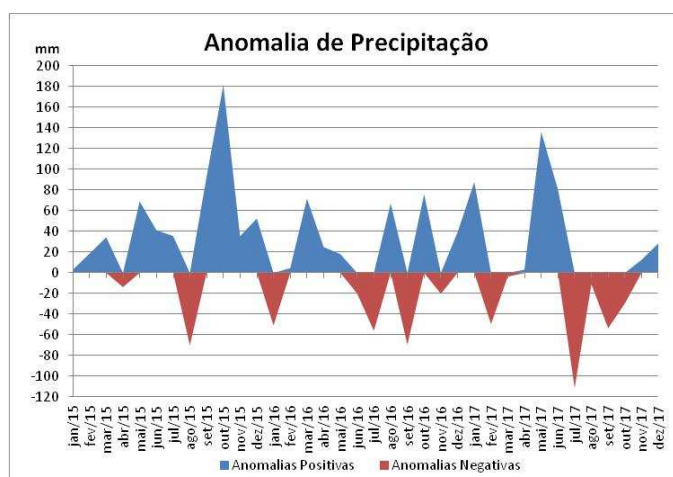


Figura 03: Anomalias da precipitação média entre 2015 e 2017 em Blumenau.

As anomalias mensais de chuva foram calculadas para o período analisado e podem ser vistas na Figura 03. Dos 36 meses analisados 17 apresentaram anomalias positivas de chuva, 10 ficaram com precipitação abaixo da média e em 09 meses o volume de chuva ficou dentro da média. Dentre os três anos estudados, o ano de 2015 mostrou-se como o mais chuvoso, com chuva acima da média durante 08 meses do ano, sendo que no mês outubro superou em duas vezes a média mensal, e somente os meses de abril e agosto com anomalias negativas de

precipitação. Já os anos de 2016 e 2017 apresentaram igual distribuição entre meses secos, chuvosos e na média. Os meses de março e outubro de 2016 apresentaram chuva acima da média, com anomalias positivas de mais de 70mm. No ano de 2017, as anomalias positivas de chuva mais significativas foram registradas nos meses de maio e junho.

A quantificação das mudanças de estágio de alerta, com relação à chuva, escorregamento e nível do rio são apresentadas na Tabela 02. As mudanças de estágio de chuva e escorregamento são alterados com maior frequência nos meses de janeiro e fevereiro dos três anos de estudo. Contudo, é preciso notar que apesar da ocorrência de casos mudanças de estágio para alerta e alerta máximo de chuva e muita alta probabilidade de escorregamento, as chuvas acumuladas não são suficientemente altas para gerar alterações do nível do Itajaí-Açu. Ressaltando o fato de que as chuvas típicas de verão (convecção) pouco contribuem para a ocorrência de enchentes. Por seu aspecto básico, este tipo de precipitação está associado principalmente às enxurradas e alagamentos, registrados quando um grande volume de chuva precipita em curto espaço de tempo.

Tabela 02 – Quantificação mensal das mudanças de estágio de alerta

Ano	Ocorrências	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
2015	Chuva	Atenção	8	14	9	2	4	2	3	1	5	6	3	12
		Alerta	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
		Alerta Máximo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Escorrega- mento	Médio	2	3	3	2	2	2	2	0	6	4	1	8
		Alto	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4
		Muito Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Nível do Rio	Médio	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0
		Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
		Muito Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2016	Chuva	Atenção	5	12	5	3	2	0	2	4	1	6	1	7
		Alerta	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Alerta Máximo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Escorrega- mento	Médio	6	7	6	3	3	1	1	2	2	4	3	5
		Alto	1	1	3	1	1	0	0	0	0	0	1	3
		Muito Alto	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nível do Rio	Médio	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
		Alto	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		Muito Alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	Chuva	Atenção	10	3	6	2	2	1	0	2	0	4	5	5
		Alerta	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
		Alerta Máximo	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Escorrega- mento	Médio	7	3	4	2	3	1	0	2	1	3	4	6
		Alto	6	3	2	0	1	0	0	0	0	1	2	2
		Muito Alto	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nível do Rio	Médio	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
		Alto	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
		Muito Alto	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0

Em contrapartida, analisando os meses de setembro e outubro de 2015, outubro de 2016 e maio e junho de 2017, quando ocorreram enchentes em Blumenau, observa-se que a chuva

registrada é menos intensa, disparando principalmente o estágio de atenção e pouquíssimas vezes estágio de alerta. Porém, para tais episódios, além das mudanças de estágio do nível de rio, são registrados números significativos de estágio de escorregamento, principalmente no mês do pico máximo da enchente. Portanto, eventos chuvosos frequentes, abrangentes e duradouros, mesmo que não tão intensos, geram um impacto mais significativo no nível do rio, favorecendo a ocorrência de enchentes.

## 4. CONCLUSÃO

Primeiramente, é preciso ressaltar que devido ao curto período de dados utilizados neste trabalho, todos os resultados obtidos são preliminares, sendo necessários estudos mais profundos e detalhados que serão desenvolvidos na sequência.

Com estas análises, conclui-se que eventos adversos de chuva no período do verão são mais frequentes e geram mais transtornos para a população. Em geral são impactos relacionados a alagamentos, inundações bruscas e deslizamentos. Os eventos adversos de tempo de outono, inverno e primavera são menos frequentes, porém atingem áreas mais abrangentes, geralmente relacionadas a enchentes e deslizamentos.

Dentre o período analisado o ano de 2015 chama a atenção pela grande frequência de chuva e volumes acumulados bastante expressivos. Já os anos de 2016 e 2017 são marcados pela irregularidade da chuva, onde meses secos se alternam com meses com chuva acima da média.

Além disso, esta análise preliminar ressalta a importância da previsão e monitoramento constante da chuva em Blumenau, tendo em vista a predisposição à ocorrência de movimentos de massa, já que se observou tal aumento da probabilidade de ocorrência ao longo de todo o ano.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIMA, M, et al. Análise da configuração atmosférica associada a eventos extremos de chuva no Litoral do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. In: 3º Simpósio Internacional de Climatologia (III SIC) - Mudanças de Clima e Extremos e Avaliação de riscos futuros, planejamento e desenvolvimento sustentável, 2009, Canela/RS, Brasil.

SEVERO, D. L. A meteorologia do desastre. In: B. Frank, & L. Sevegnani (Orgs.). Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política (p. 72-77). Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Prefeitura de Blumenau, via Defesa Civil, que cedeu os dados utilizados no presente trabalho.