

# **Estudo da relação entre precipitações e deslizamentos em áreas de risco em Blumenau – SC**

Riekmann, C. G.<sup>1</sup>; Pinheiro, A.<sup>2</sup>; Tachini, M.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Bolsista do PIBIC-CNPq, estudante do Curso de Engenharia Civil da Universidade Regional de Blumenau.

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Regional de Blumenau

**Resumo** - Este trabalho apresenta um estudo da distribuição e intensidade de precipitações e sua relação com deslizamentos em áreas de risco no município de Blumenau – SC. Foram coletados os eventos com registros de ocorrências de deslizamentos, no período compreendido entre 1990 e 2003, junto à Superintendência de Defesa Civil do município. A partir desses registros, foram coletadas as séries pluviométricas, das estações existentes na região de interesse. Foram estudadas as frequências temporais e espaciais, assim como as correlações entre as precipitações acumuladas até sete dias anteriores à ocorrência, e a precipitação do dia da ocorrência. Com estas correlações foram encontrados modelos que permitem a previsão da ocorrência de deslizamento em áreas de risco associadas à ocorrência de precipitações intensas e prolongadas.

**Palavras-Chave** - Deslizamentos de terra, áreas de risco.

**Abstract** - This work presents a study of the distribution and intensity of precipitation and its relation with landslides in areas of risk in the city of Blumenau, SC. With the participation of the Superintendent of Civil Defense, reports of landslide events for the years of 1990 to 2003 were collected. Starting with these registered events, rainfall records from the area under study were collected as well. Temporal and spatial frequencies were studied, as well as correlations between the accumulated precipitation up to seven days prior to occurrence and the precipitation on day of occurrence. Through these correlations, models were found that allow the prediction of landslide occurrence in areas of risk associated with the occurrence of intense and prolonged precipitation.

Keywords: Landslides, areas of risk.

## INTRODUÇÃO

Deslizamentos de terra são fenômenos naturais, objeto de estudo de vários profissionais, sendo uma das principais causas de desastres naturais relacionados a danos materiais e sociais. A precipitação sem dúvida alguma tem um papel importante nos deslizamentos, podendo ser considerada como a principal causa de escorregamentos.

Os limites de precipitação causadores de deslizamento variam de região para região da cidade, devido a vários fatores, como geológico, topográfico, intensidade pluviométrica, ocupação e interferência antrópica, dentre outros (Tatizana et al., 1987).

A ocupação dos morros de Blumenau não é um caso recente, assim como na maioria dos municípios brasileiros. Desde o início da colonização a ocupação vem sendo realizada, mas um fator que acelerou a taxa de crescimento nessas áreas foram as grandes enchentes, o que levou a população à procura de lugares altos. O crescimento da população de baixa renda e a falta de planejamento levou a um crescimento desordenado, permitindo que a população ocupasse as regiões mais altas e íngremes da cidade, incluindo áreas de florestas e de preservação. O não conhecimento técnico na construção das casas, muros e ruas em áreas consideradas de risco tiveram graves conseqüências, como a morte de 21 pessoas e 764 feridos em outubro de 1990. O resultado foi considerado catastrófico (Blumenau, 2004).

Este estudo tem o objetivo principal de relacionar precipitações e deslizamentos de terra no município de Blumenau, mostrando os limites de precipitações necessários para que ocorra um deslizamento. Esta variável poderá ser considerada como um fator natural, de modo que a partir do seu conhecimento possam ser evitadas as conseqüências observadas em alguns eventos.

## **METODOLOGIA**

### **Coleta de Dados**

Os dados usados neste estudo foram selecionados com base nas séries históricas de precipitação das estações pluviométricas de Blumenau, obtido do banco de dados da ANA (Agência Nacional de Águas) e EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina); e nos registros de deslizamentos, obtidos na Superintendência de Defesa Civil da Prefeitura Municipal de Blumenau.

As séries de precipitações estudadas foram das estações: Itoupava Central (Cód. 02649010, latitude -26:47:35, longitude -49:5:0, altitude 65m), Centro (Cód. 02649007, latitude -26:55:5, longitude -49:3:55, altitude 12 m) e Garcia (Cód. 02649009, latitude -26:58:6, longitude -49:4:27, altitude 40 m).

Todos os dados de registro de deslizamentos foram relacionados com suas respectivas datas, e com base nessas datas, foi obtido o histórico de precipitações acumuladas nos dias

anteriores, para cada caso de deslizamento registrado, obtendo-se um total de 586 casos. Este somatório refere-se a apenas aos dias diferentes em que se têm dados de deslizamentos, pois, em diversos casos, há mais de um registro de deslizamento no mesmo dia. Conseqüentemente foram agrupados em um único dado, somando-se a quantidade de casos. Os dados coletados estão separados em vários casos diferentes, que são deslizamentos em casas, deslizamentos com quedas de muro, deslizamentos com queda de muro atingindo residência e deslizamentos sem residência.

Os registros de escorregamentos foram selecionados no período compreendido entre janeiro de 1990 e dezembro de 2003.

### **Regiões Estudadas**

A região estudada é o município de Blumenau, subdividida em três regiões, delimitadas por bairros (Figura 1). O critério considerado para divisão das regiões foi baseado nas áreas de influência das três estações pluviométricas. Portanto, os bairros em que ocorreram os deslizamentos estão relacionados com a estação pluviométrica mais próxima, conforme a Figura 1.

De acordo com Silva e Severo (2004), a região de Blumenau apresenta clima subtropical úmido, com períodos de precipitações bem distribuídos. Os períodos mais chuvosos geralmente são registrados nos meses mais quentes, próximos ou durante o verão, com fortes precipitações convectivas, mas comumente frentes frias de passagem pelo sul do país são responsáveis por grandes períodos chuvosos.

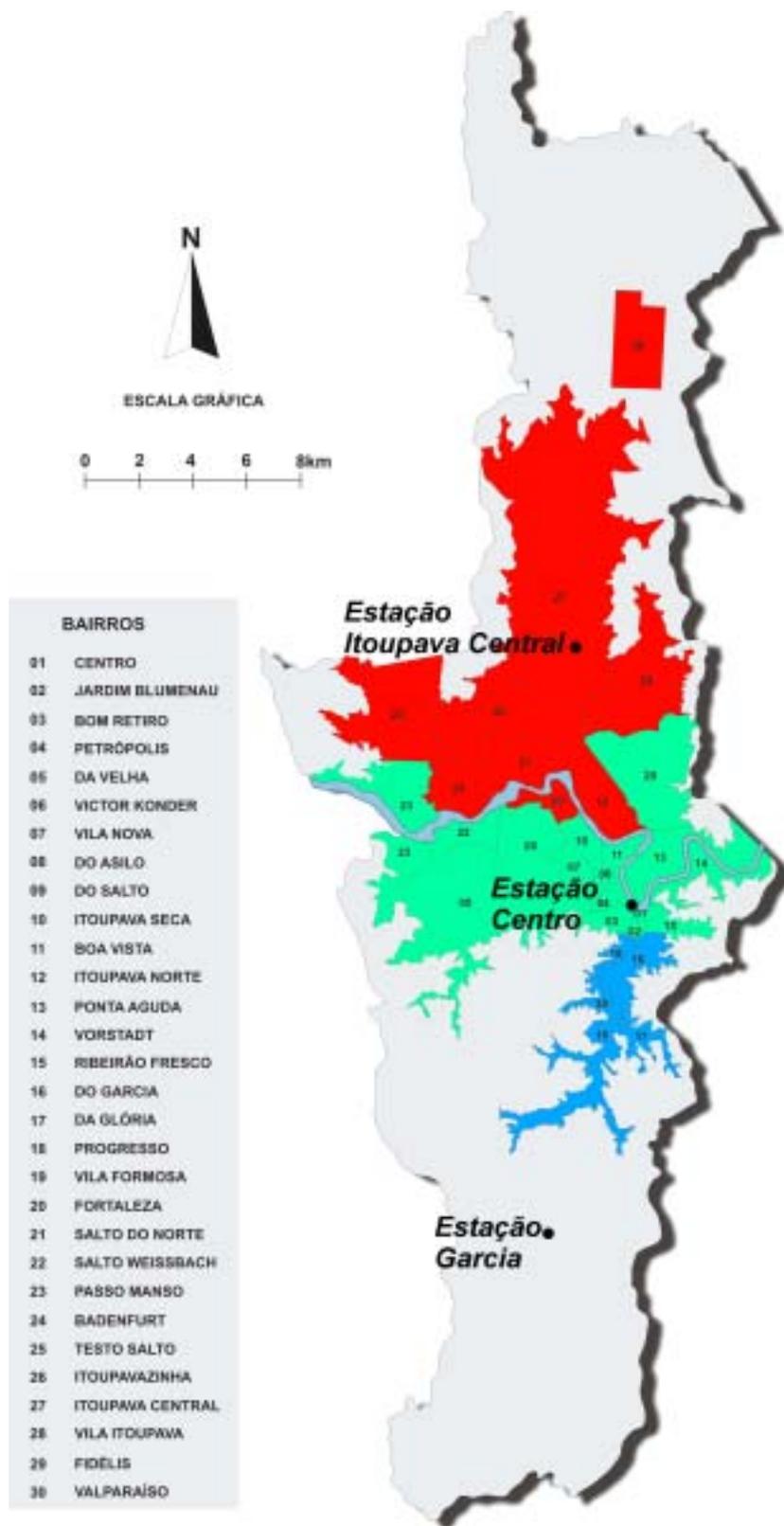


Figura 1. Identificação de Bairros e Estações Pluviométricas de Blumenau.

## RESULTADOS

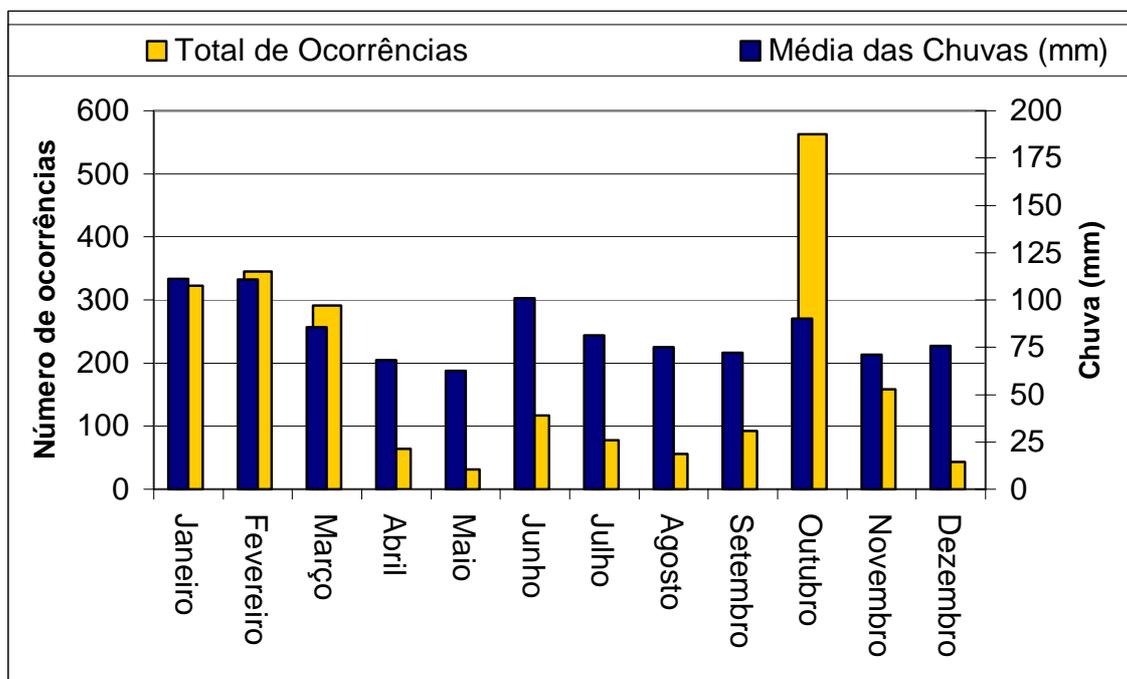
A partir dos dados coletados, foi possível fazer uma relação entre os meses e o somatório das ocorrências de todos os anos estudados relativo àquele mês, conforme a Tabela 1. No Gráfico 1 são apresentadas as variações mensais do número de ocorrência e a precipitação média associada a estes eventos. Observa-se que o mês de outubro apresenta o maior número de ocorrências. No período de estudo, o mês de outubro, por exemplo, representa cerca de 26% das ocorrências registradas. Ressalta-se que o maior número de ocorrências foi registrado em outubro de 1990, cujo valor foi da ordem de 200 registros. Na seqüência têm-se os meses de fevereiro (16%) e janeiro (15%). Os meses com as menores ocorrências são os meses de maio e dezembro, com 31 e 43 registros, respectivamente.

Tabela 1. Registros mensais de ocorrências de deslizamentos em Blumenau (Período 1990 – 2003)

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Ocorrências	323	345	291	64	31	117	78	56	92	563	158	43

Fonte: Superintendência de Defesa Civil - Blumenau

Gráfico 1. Registros mensais de ocorrências de deslizamentos



Verificou-se também a distribuição espacial das ocorrências ao longo do município, tomando-se como referências as regiões de influência da estação pluviométrica. Os valores são apresentados na Tabela 2.

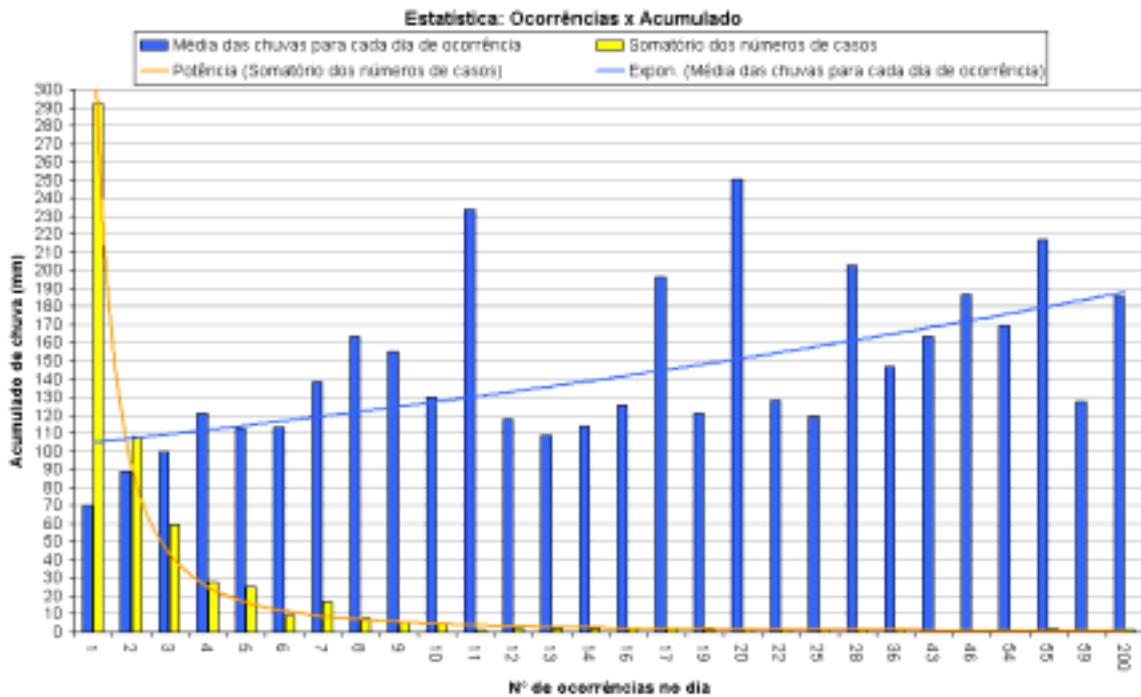
Tabela 2. Distribuição espacial das ocorrências de deslizamentos

Bairro	Ocorrências	Nº de bairros	(%) ocorrência
Centro	968	14	44,79
Garcia	950	5	43,96
Itoupava Central	243	10	11,24
Total	2161	29	100

Observa-se que a região central, que é a mais habitada do município, é também onde ocorrem os maiores números de registros relacionados a deslizamentos.

A relação do número de registros de deslizamentos na mesma data com a precipitação acumulada é fundamental para o entendimento do processo. Para isso, todas as ocorrências que apresentaram um único deslizamento foram reunidas e somadas. O acumulado de precipitação foi feito a partir da média do somatório semanal de todos os dados com um único registro de deslizamento em determinada data. Desta maneira foi feita para todos os dados que tiveram dois deslizamentos em um único dia, para três e assim, sucessivamente. O resultado é apresentado no Gráfico 2. Também são apresentadas a precipitações médias nos dias de ocorrências dos deslizamentos. Constata-se que em 292 vezes foram registradas apenas uma ocorrência no dia. A precipitação média destes dias foi de 69,7 mm. Por outro lado, em uma data foram registradas 200 ocorrência. A precipitação média neste dia foi de 185,4 mm.

Gráfico 2. Distribuição do número de ocorrências em um dia e a precipitação média nestes eventos.

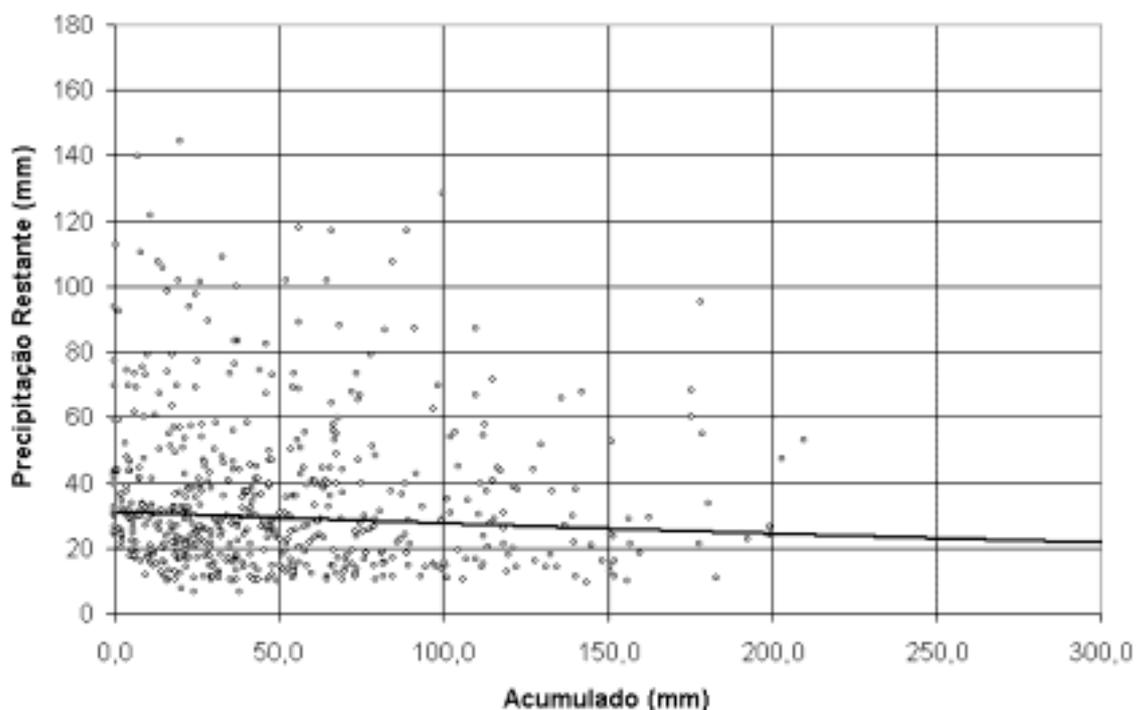


Nota-se a existência de um crescimento natural do acumulado de precipitação junto com o aumento do número de casos em um único dia. No entanto, verifica-se a diminuição gradativa da freqüência, sendo que o número de casos aumenta em um único dia.

### Curva de Correlação

As curvas de correlações são linhas tendências representando a precipitação acumulada de sete dias versus a precipitação diária ocorrida no dia dos deslizamentos. De todos os 589 dias, muitos aparentemente não apresentam altura de precipitação suficiente para causar deslizamentos. Se todos os dados fossem agrupados em uma única curva de correção a dispersão seria muito grande, gerando valores não confiáveis. Isto pode ser observado no Gráfico 3.

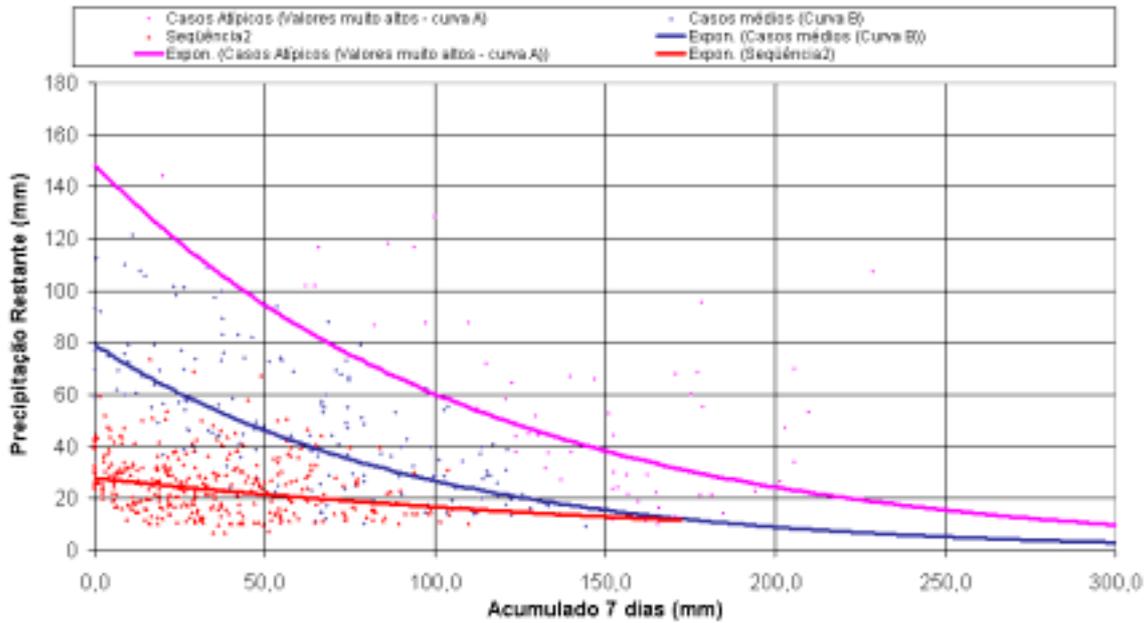
Gráfico 3. Curva de correlação com todos os valores



Verifica-se uma dispersão elevada, sendo que o coeficiente de correlação foi da ordem de 0,07, ou seja, praticamente zero. Com este resultado, seria praticamente impossível determinar um limite de precipitação gerador de deslizamento.

Para corrigir esta correlação, os dados foram divididos em três grupos distintos, que geram uma melhor distribuição dos diferentes limites. A definição de cada grupo foi feita a partir do somatório total de precipitação de todos os dados. Cada uma das ocorrências apresenta um histórico acumulado de “n” dias (n varia de 0 a 7 dias de precipitação acumulada). Os dados foram separados a partir do número “n”, e para cada grupo diferente de “n”, feito uma média que definiu a separação dos dados com valores abaixo da média, e os valores que ficaram na média. A outra curva foi definida adotando-se valores que fugiram muito ao restante do gráfico por possuir valores muito altos, ou seja, valores atípicos que não ocorrem com frequência.

Gráfico 4. Deslizamentos com todos os dados



Para os valores elevados, o coeficiente de correlação é da ordem de 0,26, com sua curva representada pela expressão:

$$Pd=148,57e^{-0,009Pc} \quad (1)$$

onde Pd a precipitação de um dia para que ocorra deslizamento (mm) e Pc é precipitação acumulada em sete dias antecedentes (mm).

Para os valores médios, o coeficiente de correlação é da ordem de 0,44, com sua curva representada pela expressão:

$$Pd=79,326e^{-0,0108Pc} \quad (2)$$

Para os valores mínimos, o coeficiente de correlação é da ordem de 0,8, com sua curva representada pela expressão:

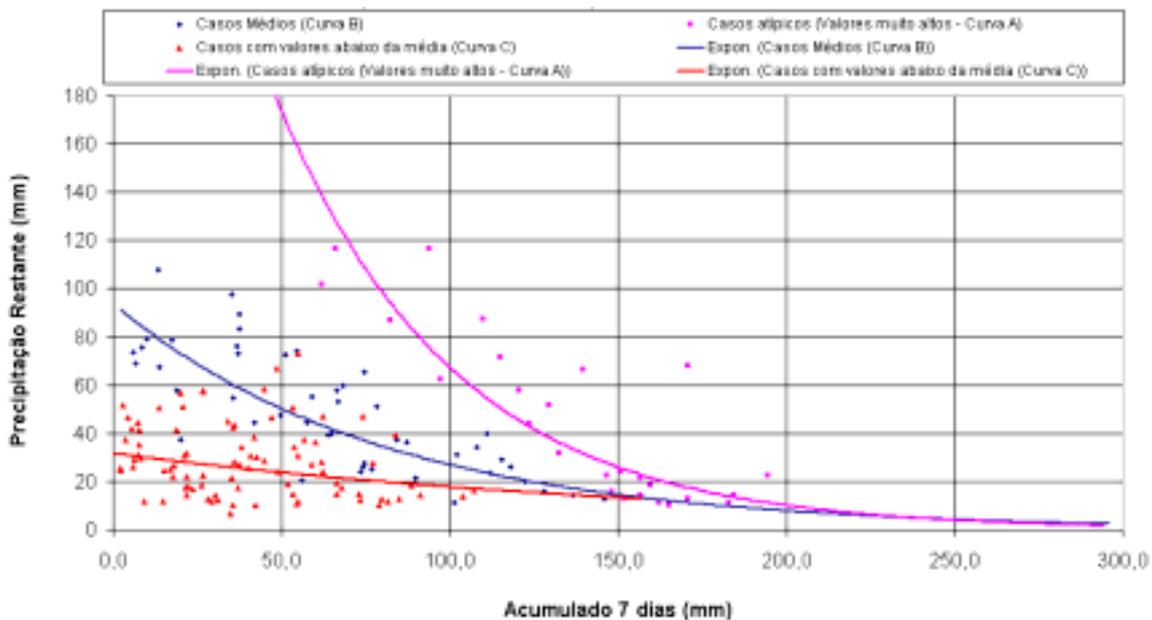
$$Pd=27,879e^{-0,0051Pc} \quad (3)$$

Analisando-se precipitações recentes, ocorridas no ano de 2004, que estão relacionadas a diversos casos de deslizamentos, chegou-se a conclusão que a curva média é a que melhor

representa a quantidade de chuva necessária para que ocorra deslizamento na região de Blumenau. Para o evento ocorrido em 24 de outubro de 2004, foi registrada uma precipitação acumulada em 7 dias de 43,6 mm e uma precipitação no dia do evento de 81,6 mm. Nesse evento houve mais de 200 deslizamentos.

Esta curva de correlação representa todos os dados obtidos na defesa civil, no entanto, fez-se necessária a identificação do que se admite como sendo um dos casos mais graves de deslizamentos, que são os deslizamentos em residência. A curva de correlação dos casos de deslizamentos em residência apresenta curvas muito parecidas com a feita com todos os dados, conforme é apresentado no Gráfico 5.

Gráfico 5. Curva de correlação para deslizamentos em residência.



Somente a curva que representa os valores elevados apresentou uma diferença bastante perceptível. Neste caso, os dados são mais escassos, e conseqüentemente crescendo a margem de erro.

A curva com valores elevados, apresenta um coeficiente de correlação da ordem de 0,67, com sua curva representada pela expressão:

$$Pd=451,22e^{-0,019Pc} \quad (4)$$

onde Pd a precipitação geradora do deslizamento e Pc é a precipitação acumulada nos sete dias antecedentes.

A curva média apresenta um coeficiente de correlação da ordem de 0,64, representada pela expressão:

$$Pd=93,831e^{-0,0124PC} \quad (5)$$

A curva de valores mínimos, apresenta um coeficiente de correlação da ordem de 0,7, representada pela expressão:

$$Pd=31,578e^{-0,0058PC} \quad (6)$$

Analisando os Gráficos 2 e 3, constata-se que a curva média realmente é a que mais se aproxima do valor mais adequado. Ambos representam valores de precipitações para todo o município de Blumenau.

Para as regiões das estações dos bairros Centro e Garcia, foram feitas curvas de correlação específicas, obtendo-se expressões, com todos os dados, resultando valores para os dados médios muito similares em ambos os casos, conforme Gráficos 6 e 7.

Gráfico 6. Curva de correlação com todos os dados – região Centro

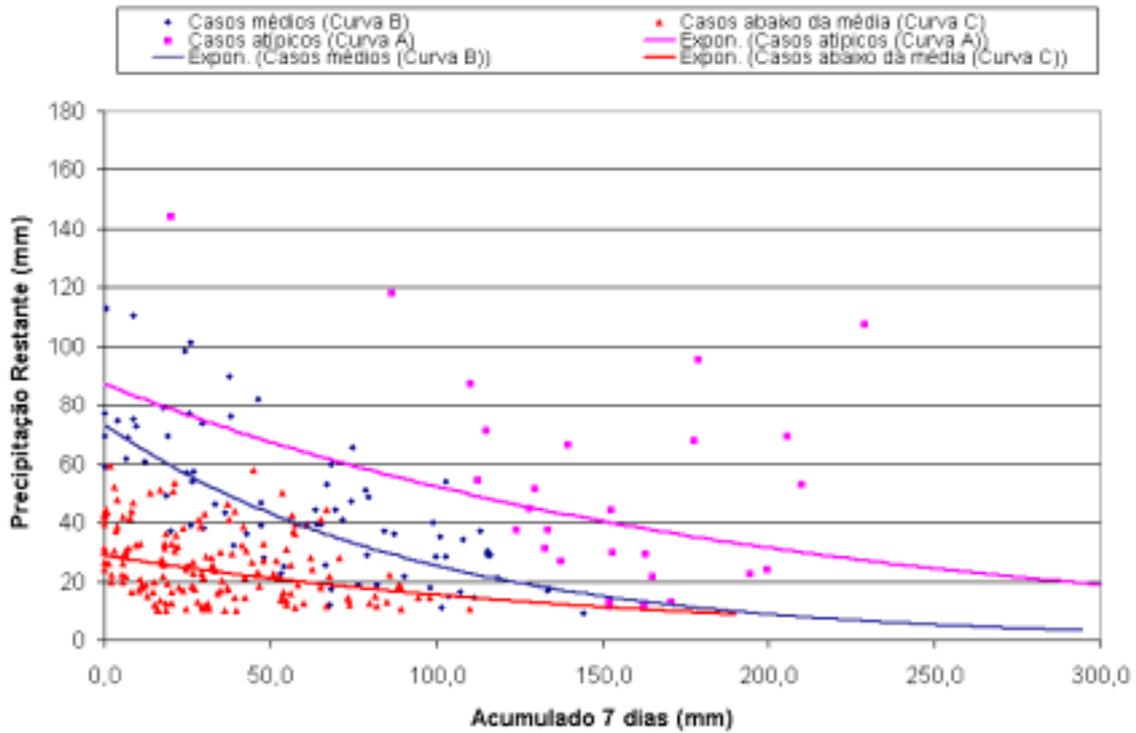
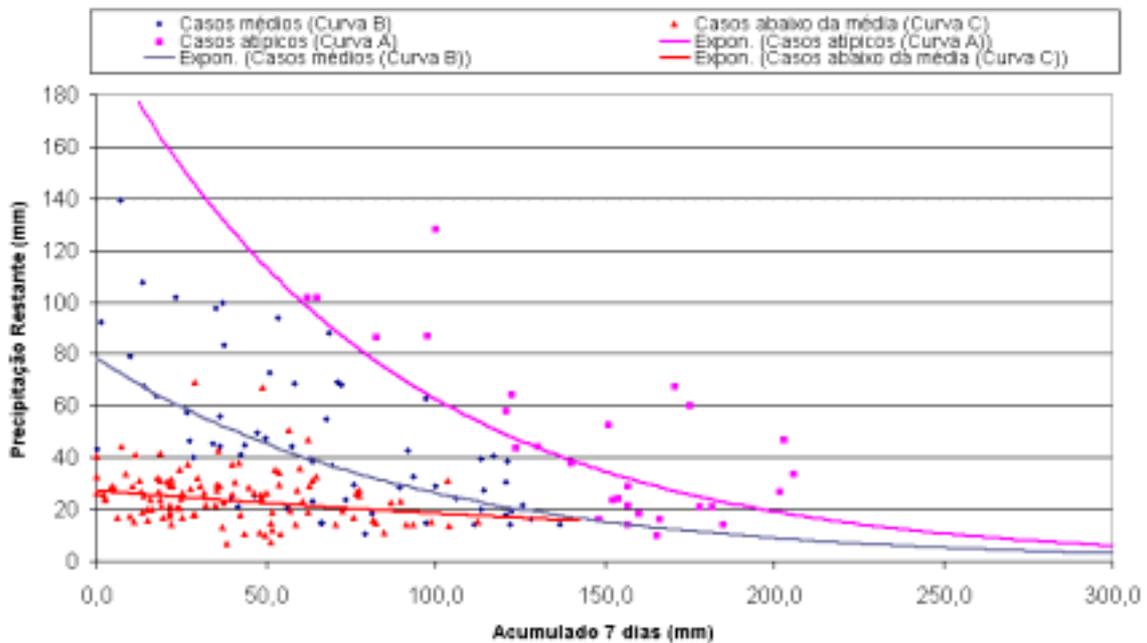


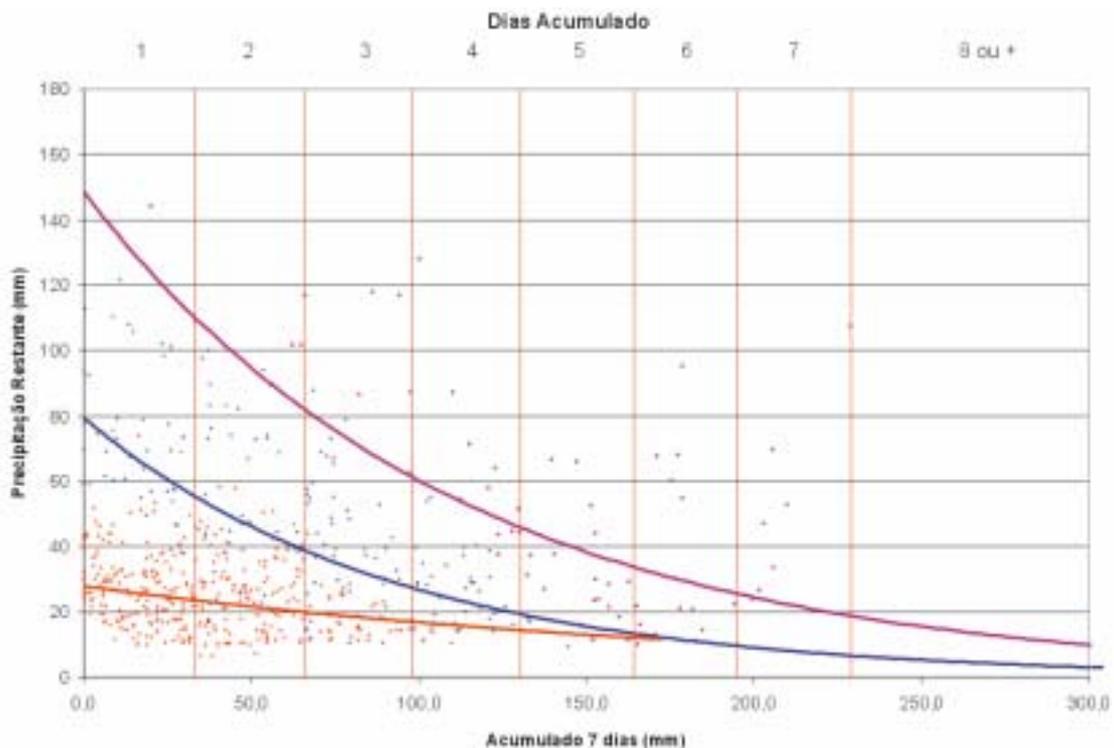
Gráfico 7. Curva de correlação com todos os dados – região Garcia



Para entender melhor o comportamento das precipitações, os pontos que representam as relações entre as precipitações acumuladas e as precipitações do dia do evento foram

relacionados cada um com seu respectivo número de dias de chuva acumulado anteriormente. Chegou-se a conclusão de que, quanto menos dias acumulados à precipitação ocorrer, maior seria a precipitação necessária para produzir um deslizamento. Dentro desta idéia, foi possível dividir o gráfico em sete partes iguais, representando os dias acumulados, conforme mostra o Gráfico 8.

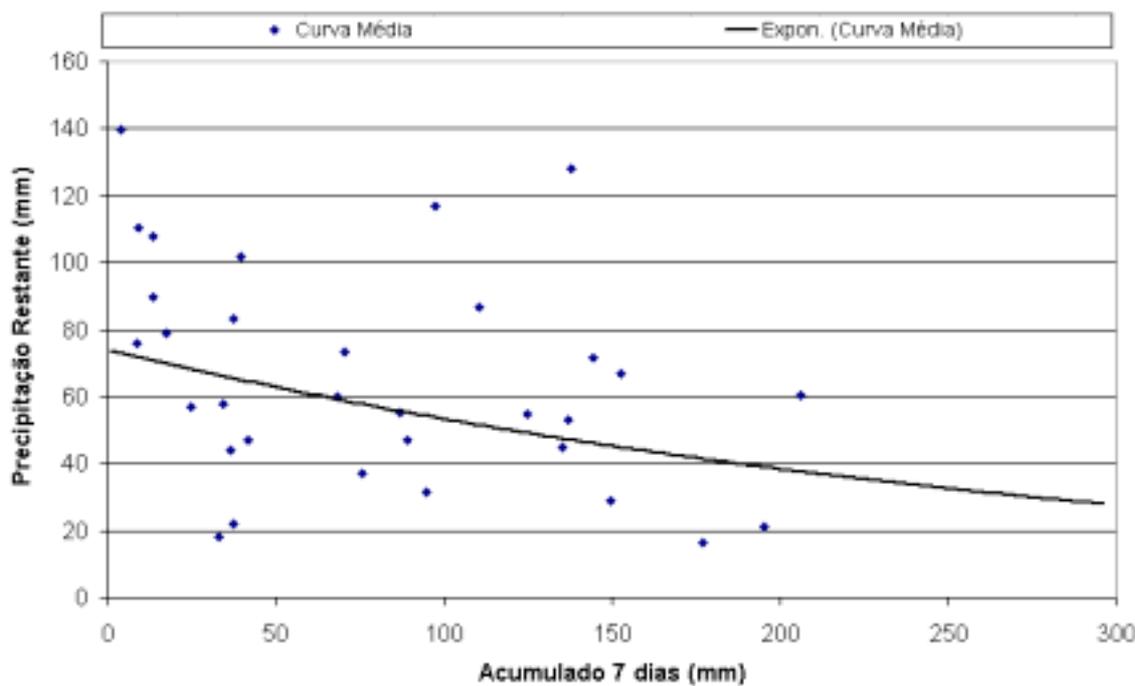
Gráfico 8. Relação entre dias acumulados e ocorrências:



Para obter-se um valor mais adequado dos dias de precipitação acumulada, é importante que se use uma faixa que varia pelo menos de “n” a “n+3”, sendo “n” o referente número de dias antecedentes.

Para verificar a adequacidade dos valores que representam a curva de correlação, foram selecionados somente os valores que tiveram mais de 10 registros em um único dia, representado pelo Gráfico 9. O motivo da obtenção dos valores com mais de 10 ocorrências se deve ao fato de que esses eventos representarem valores de precipitações elevadas, a ponto de causar deslizamento.

Gráfico 9: Linha de tendência para chuvas com mais de 10 ocorrências



Nota-se que a curva de correlação apresenta valores semelhantes aos da curva média apresentada no Gráfico 3. Portanto, podemos definir a curva média como sendo a curva que representa os valores necessários para que ocorra um deslizamento.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foram analisados os eventos de deslizamentos registrados pela Superintendência de Defesa Civil de Blumenau e as precipitações associadas a estes fenômenos naturais. Foram estudadas as correlações existentes entre as precipitações acumuladas nos sete dias antecedentes e a precipitação do dia de ocorrência do deslizamento.

Os dados que continham mais de dez registros de ocorrências de deslizamentos em Blumenau, em um único dia, foram separados e foi estabelecida a curva de correlação. A curva apresentou valores semelhantes ao da curva média feita com todos os dados. Deste modo, obteve-se um modelo que auxiliará a Defesa Civil na tomada de decisão durante a ocorrência de períodos de chuvas intensas. O modelo permite a realização de previsões da ocorrência de deslizamentos em vários pontos dos municípios.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica ao primeiro autor, a FUNCITEC pelo financiamento do projeto de pesquisa “Um olhar sobre as áreas de risco de deslizamento em encosta no município de Blumenau/SC: em busca da prevenção”, a Superintendência de Defesa Civil de Blumenau e a ANA-EPAGRI pela permissão de acesso aos seus bancos de dados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLUMENAU, Superintendência de Defesa Civil, Banco de Dados. 2004.

GUIDICINI, Guido; Iwasa, Oswaldo Yujiro, 1976. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A; Publicação nº 1080, 48 p.

PANDO, M. A; Ruiz, M. E.; Larsen; M. C., Deslizamientos en Puerto Rico producidos por lluvias: Descripción General. Rev. Int. De Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 4 (1) p. 53-66.

TATIZANA, Celso; Ogura, Agostinho Tadashi; CERRI, Lendro E. da Silva; ROCHA, Mirian Cassia Médici da, 1987. Escorregamentos – Serra do Mar, Municípios de Cubatão. Anais do 5º congresso brasileiro de geologia e engenharia. Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo S.A. – IPT, 23 p.

SILVA, H.S. e Severo, D.L., O Clima, in Aumond, J.J. et al. (org), Bacia do Itajaí: Formação, Recursos Naturais e Ecossistemas, Blumenau, Edifurb, 2004 (in press)