

ELABORAÇÃO DE LIMIARES PLUVIOMÉTRICOS PARA SISTEMAS DE ALERTA DE MOVIMENTOS DE MASSA NO GUARUJÁ/SP

Gabriel Galvanese Kuhlmann¹; Alexandro Gualarte Schafer²; Marcos Gamberini³, Jozzefer Vincov de Abreu⁴; Carlos Adolfo Silva Fernandez⁵

Resumo – O presente trabalho descreve eventos pluviométricos significativos no município de Guarujá/SP entre 2019 e 2024, com o objetivo de estabelecer limiares de alerta para movimentos de massa. Utilizou-se o “Método Compartilhado”, com base na retro análise de chuvas efetivas de curto e longo prazo, para construir gráficos que distinguem zonas seguras e de risco. Os dados foram obtidos a partir de pluviômetros automáticos integrados a um banco de dados geoespacial, permitindo análises espaço-temporais com suporte de ferramentas como PostgreSQL/PostGIS, Python, QGIS e R. Foram registradas 272 ocorrências de deslizamentos entre 2019 e 2024, relacionadas a 23 eventos de chuva intensa. A aplicação da metodologia permitiu identificar padrões críticos de precipitação, resultando na definição da linha crítica e linhas de apoio para diferentes níveis de risco. Os resultados demonstram potencial para subsidiar protocolos operacionais da Defesa Civil, contribuindo para a redução de perdas humanas e materiais. A proposta é aplicável a outros municípios com realidades geomorfológicas e sociais semelhantes.

Abstract – This study presents an analysis of significant rainfall events in the municipality of Guarujá/SP, with the objective of establishing rainfall thresholds for landslide early warning. The "Shared Method" was applied, based on the retrospective analysis of short- and long-term effective rainfall, to construct graphs that delineate safe and risk zones. Data were obtained from automatic rain gauges and integrated into a geospatial database, enabling spatiotemporal analyses using tools such as PostgreSQL/PostGIS, Python, QGIS, and R. Between 2019 and 2024, 272 landslides were recorded, associated with 23 significant rainfall events. The methodology enabled the identification of critical precipitation patterns, resulting in the definition of critical and support lines corresponding to different levels of risk. The results demonstrate the method's potential to support Civil Defense protocols, contributing to the reduction of human and material losses. The proposed approach is transferable to other municipalities with similar geomorphological and social conditions.

Palavras-Chave – Movimentos de massa; sistemas de alerta antecipado; pluviometria.

¹ Geól., Coord. Municipal de Proteção e Defesa Civil de Guarujá, (13) 3355-4976, gabriel.kuhlmann2@gmail.com

² Eng. Civil, Dr., Universidade Federal do Pampa (53) 99951-9908, alexandroschafer@unipampa.edu.br

³ Geól., Coord. Municipal de Proteção e Defesa Civil de Guarujá, (13) 3355-4976, marcosviniciusgamberini@gmail.com

⁴ Geól., Msc, Gold Mountain, (13) 99670-2959, jvincov@gmail.com

⁵ Geól., (13) 997343494, carlosadolfo64@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os desastres socioambientais causados por movimentos de massa constituem um desafio crescente na Baixada Santista, especialmente no município de Guarujá, situado no litoral do estado de São Paulo.

Estudos apontam que a intensificação dos eventos extremos está relacionada a fatores meteorológicos complexos e mudanças climáticas, que vêm tornando mais frequente a ocorrência de chuvas intensas com potencial de desencadear deslizamentos. Segundo de SOUZA *et al.* (2024), a influência antropogênica aumentou em 74% a probabilidade de chuvas acumuladas em 60 dias e em 46% a de chuvas intensas em 03 dias, contribuindo para o aumento da exposição da população a esses eventos. Além disso, o crescimento urbano acelerado e a expansão de moradias precárias em áreas de risco têm ampliado significativamente a vulnerabilidade social na região (de FREITAS *et al.*, 2022).

Diante desse contexto, esforços vêm sendo realizados no Brasil para aprimorar estratégias de monitoramento e alerta relacionado a deslizamentos de terra. Em 2018, no âmbito da cooperação entre os governos do Brasil e do Japão, foi lançado o “Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Riscos em Desastres Naturais” (GIDES), que resultou na publicação do *Manual Técnico para Elaboração, Transmissão e Uso de Alertas de Risco de Movimentos de Massa / Manual GIDES* (CEMADEN, 2018). O *Manual GIDES* propõe a ativação de alertas e alarmes com base no monitoramento pluviométrico, especialmente por meio de estações automáticas (Plataformas de Coleta de Dados – PCDs), como as operadas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Os protocolos operacionais podem ser implementados em planilhas eletrônicas, como o Excel, mas sua eficácia pode ser ampliada por meio da utilização de bancos de dados relacionais integrados a softwares de geoprocessamento.

Este trabalho adota as orientações do *Manual GIDES*, aplicando o chamado *Método Compartilhado* (CEMADEN, 2018; de ANDRADE *et al.*, 2023) para analisar eventos pluviométricos entre 2019 e 2024 no município de Guarujá. O objetivo é propor limiares críticos baseados em dados locais, que possam subsidiar de forma técnica e precisa os sistemas de alerta da Defesa Civil, contribuindo para ações preventivas e redução dos impactos de futuros eventos extremos.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A Figura 01 apresenta o município de Guarujá, localizado em território insular no litoral do estado de São Paulo. De maneira sintética, VARGAS (1999) descreve o clima da Baixada Santista como quente e úmido, influenciado tanto pela brisa marítima quanto pelos ventos quentes provenientes do interior. O autor ressalta a alternância entre um verão extremamente chuvoso e um inverno não totalmente seco, com média pluviométrica anual próxima de 2.500 mm. Ainda segundo VARGAS (1999), em anos de elevada intensidade pluviométrica, já foram registrados deslizamentos catastróficos, deflagrados por eventos de chuva superiores a 100 mm em um único dia. ABREU *et al.* (2022) apontam que 74% das ocorrências de deslizamentos atendidas pela Defesa Civil do Guarujá ocorreram durante o período do Plano Preventivo de Defesa Civil, entre dezembro e março, época das chamadas “tempestades de verão”, embora também haja registros significativos no mês de abril. Os autores apresentam um levantamento dos eventos de chuva forte, com precipitação diária superior a 70 mm, entre 1998 e 2020, registrados pelo pluviômetro manual E3-043, do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, atual SP Águas). Os dados apontam uma média de quatro ocorrências por ano.

Os indicadores municipais de Guarujá revelam alta densidade populacional e PIB per capita inferior à média estadual (IBGE, 2024). Uma parcela expressiva da população de baixa renda reside em aproximadamente 60 núcleos de ocupação irregular. Esses assentamentos, localizados em áreas de morro, apresentam condições precárias de infraestrutura urbana e ausência de saneamento básico.

A compartimentação espacial do território municipal adotada para a análise dos limiares pluviométricos utilizou a setorização da Defesa Civil municipal, com pequenas modificações. Essa regionalização considera características do meio físico e a distribuição espacial dos índices pluviométricos, sendo voltada ao gerenciamento de risco de deslizamentos. O setor 01

corresponde a uma área predominantemente plana e sem registros de deslizamentos, portanto desconsiderado nesta análise.

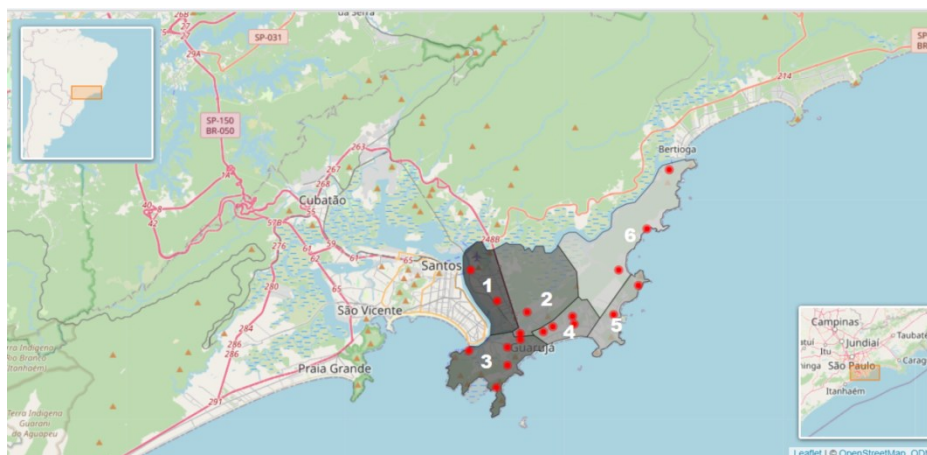


Figura 1: Localização do Guarujá, destacando os blocos para cálculo de limiar (em tons de cinza) e estações pluviométricas automáticas (em vermelho). Modificado de Abreu (2024).

A combinação entre relevo acidentado, alta pluviosidade e ocupação desordenada em áreas de encosta, contribuiu para um histórico recorrente de deslizamentos de pequeno porte em Guarujá, que resultam em danos materiais relevantes. Mas episódios extremos, como o de março de 2020, têm gerado impactos de grandes proporções. Nesse evento, foram registradas chuvas superiores a 350 mm em 48 horas em Guarujá, com 33 mortes apenas no município, além de centenas de desabrigados e prejuízos superiores a US\$ 17 milhões (de FREITAS *et al.*, 2022; de SOUZA *et al.*, 2024).

2.1. Histórico da coleta de dados pluviométricos em Guarujá

Os pluviômetros automáticos vêm evoluindo significativamente na última década, tanto do ponto de vista da confiabilidade da leitura, como de manutenção e tempo de resposta na obtenção dos dados coletados. Esta evolução é importante para os profissionais que estudam os eventos de origem meteorológica que resultam em movimentos de massa, tão essenciais para o entendimento destes fenômenos ao longo dos anos. Guarujá é um exemplo da migração do registro e manutenção de dados históricos manuais, para as mais novas ferramentas de registro de chuvas.

A coleta e registro de dados pluviométricos em Guarujá teve início nos anos 30 (1937), originalmente com dois postos pluviométricos. Estes postos se localizavam nos bairros de Santa Rosa (posto E3070) e Perequê (E3043) e eram operados por membros da comunidade residentes da região. No início dos anos noventa o Governo do Estado encerrou esta parceria e procurou parceiros para administrar a coleta e manutenção destes postos pluviométricos. A equipe técnica da Defesa Civil de Guarujá a época entendeu ser fundamental a manutenção e coleta dos índices pluviométricos, visando ações de prevenção e resposta aos eventos hidrometeorológicos e solicitou a guarda destes equipamentos, que prontamente foi aceita pelo DAEE. Durante o ano de 2013 a Defesa Civil de Guarujá se inseriu no programa do CEMADEN de instalação de pluviômetros automáticos. Foram instalados 15 pluviômetros automáticos em locais indicados pela equipe técnica à época. Hoje a rede de monitoramento pluviométrico em Guarujá, conta com mais dois pluviômetros automáticos instalados em plataformas de coleta de dados geotécnicos (PCD geotécnica), instaladas pelo CEMADEN e localizadas na Vila Baiana e Jardim Albamar.

2.2. Instalação da sirene de alerta no Guarujá

A cidade de Guarujá foi contemplada com a instalação de um sistema piloto de alerta sonoro para eventos pluviométricos extremos, no âmbito do *Sistema de Alerta Remoto/SISAR* (SÃO PAULO, 2023). O projeto, custeado pelo Governo do Estado de São Paulo e coordenado pela Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (CEPDEC/SP), visa fornecer suporte técnico-

operacional para a gestão de riscos de desastres, em especial aqueles relacionados a movimentos de massa.

No caso de Guarujá, a área selecionada para implantação do sistema foi o Morro da Barreira do João Guarda, local que concentra ocupações em áreas de risco e histórico de deslizamentos. Como parte das responsabilidades da Defesa Civil Municipal de Guarujá no âmbito dessa parceria, destacam-se: a atualização do Plano de Evacuação da comunidade, a confecção de placas de orientação e sinalização, o mapeamento atualizado de áreas de risco geológico e a articulação com lideranças comunitárias. Também foi necessária a adequação do Centro de Comando e Controle Operacional (CCCO), com a aquisição de equipamentos específicos recomendados pela CEPDEC, além da definição de locais apropriados para abrigo temporário com estrutura mínima para os abrigados.

2.3. Parâmetros de Acionamento do SISAR

O protocolo de mobilização do SISAR baseia-se em limiares pluviométricos acumulados em diferentes janelas temporais, conforme apresentado no quadro 1:

Quadro 1: Parâmetros de acionamento do programa SISAR (SÃO PAULO, 2023).

RECOMENDAÇÃO DE MOBILIZAÇÃO					
GATILHO	ACUMULADOS PLUVIOMÉTRICOS			Previsão de chuva nas próximas horas	Duração do alarme sonoro
	Na última hora	Em 24 horas	Em 72 horas		
I	45mm			Moderada a muito forte	1 hora
II	40mm	Acima de 90mm		Moderada a muito forte	1 hora
III	40mm		Acima de 100mm	Moderada a muito forte	1 hora

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado com dados de precipitação e registros de movimentos de massa em Guarujá, entre janeiro de 2019 e janeiro de 2024, abrangendo um período de 60 meses. As informações pluviométricas foram obtidas a partir da plataforma do CEMADEN, sendo estendidos até o final de 2018 para fins comparativos e de validação.

Como é comum em redes automáticas, falhas nos registros das PCDs podem ocorrer por fatores como obstruções nos sensores, perda de sinal ou falhas operacionais. No entanto, a densidade da rede pluviométrica do município permite que dados incongruentes ou ausentes sejam compensados com informações de estações vizinhas, minimizando impactos na análise.

3.1. Validação de Dados Pluviométricos

Para uma verificação expedita da confiabilidade dos dados automatizados, foi realizada uma checagem cruzada com os pluviômetros manuais E3-070 e E3-043, definidos pela Defesa Civil como Índices Oficiais. Os acumulados mensais registrados por uma estação automática são avaliados a partir do índice de registro mensal:

$$PCD_{rm} = \frac{PCD_{am}}{índice\ oficial_{am}} \Leftrightarrow 0,5 < PCD_{rm} < 1,5 \quad (1)$$

O índice de registro mensal de uma PCD (PCD_{rm}) corresponde à razão entre a altura mensal na PCD (PCD_{am}) e o índice oficial ($índice\ oficial_{am}$), observado nos pluviômetros manuais. O índice de registro mensal é considerado normal dentro de um intervalo de variação de 50%. Essa análise foi sintetizada na Figura 2, que apresenta visualmente a confiabilidade das PCDs em cada mês entre 2018 e 2024.

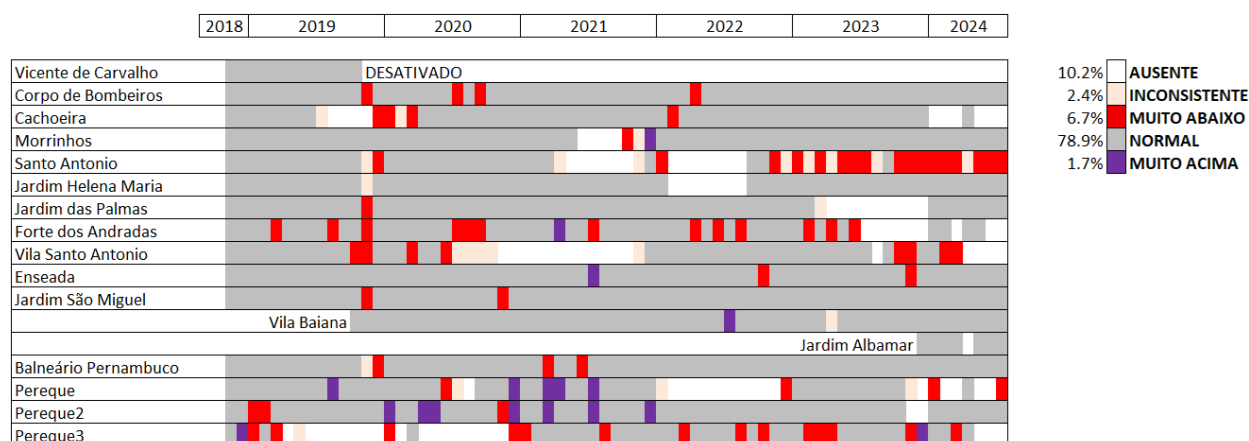


Figura 2: Checagem expedita de prováveis incongruências nos acumulados mensais. Porcentagens se referem à contagem de cada classe no período.

Ausência de dados ou valores próximos a zero foram prontamente detectados, correspondendo a 12,6% do período. Porém as classes “muito abaixo” e “muito acima”, correspondentes a 8,4% dos registros, não obtiveram parecer conclusivo.

3.2. Eventos de deslizamento

A distribuição das ocorrências de deslizamentos associadas a eventos pluviométricos intensos ao longo do período de análise pode ser visualizada na Figura 3. Durante o período analisado, verificou-se um total de 23 eventos pluviométricos com deslizamentos, em um total de 272 ocorrências. O número de ocorrências e setores atingidos em cada evento varia entre um deslizamento isolado e múltiplas ocorrências atingindo diversos setores. Destaca-se o evento de março de 2020, que impactou gravemente o município e gerou 145 ocorrências de deslizamento.

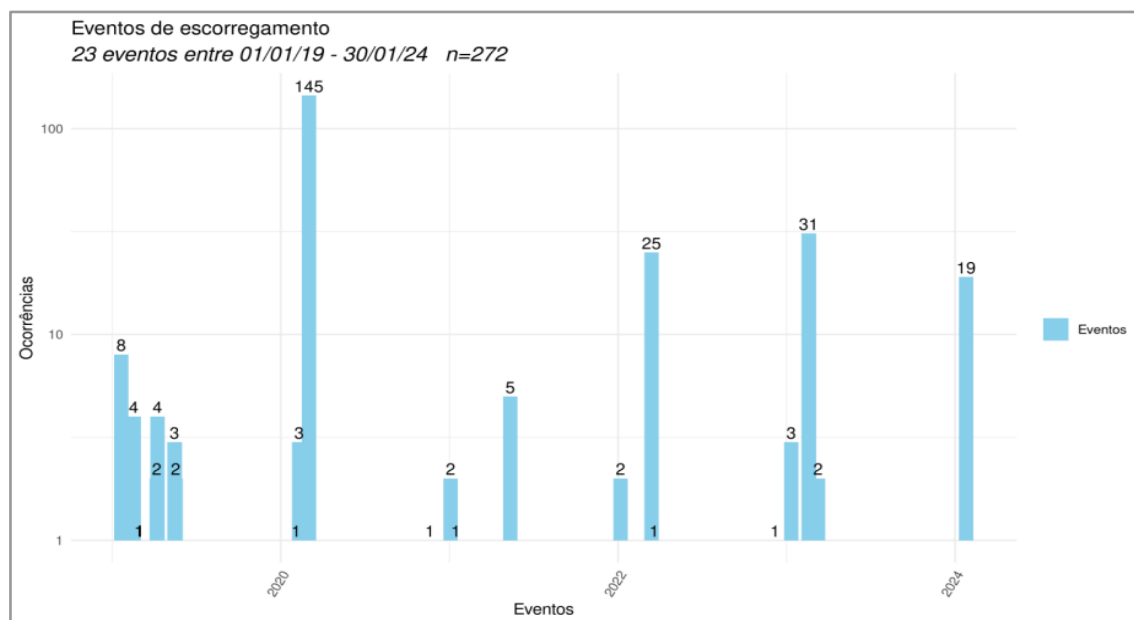


Figura 3: Número de ocorrências de deslizamentos por evento pluviométrico entre 2019 e 2024.

A dimensão dos impactos de cada evento é proporcional à grandeza pluviométrica, em termos de volume acumulado (ex. mm/72h) e períodos de forte intensidade (ex. mm/h).

3.3. Distribuição Espacial dos Deslizamentos

A distribuição espacial das ocorrências foi analisada por meio de estimativa de densidade Kernel, apresentada na Figura 4.

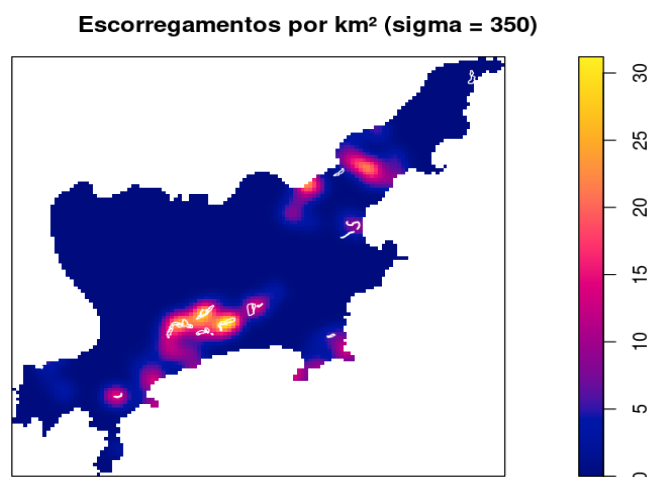


Figura 4: Estimativa de densidade de deslizamentos por km² com suavização ($\sigma = 350$). As áreas de risco geológico estão destacadas em branco.

Os resultados mostram forte correlação com as áreas de risco geológico identificadas no município, com destaque para regiões onde a intensidade estimada ultrapassa 30 ocorrências por km². As zonas críticas coincidem com setores de maior adensamento urbano em áreas de encosta e ocupações irregulares, corroborando a setorização de risco existente.

3.4 Compartimentação espacial e metodologia de análise

A metodologia utilizada para definição de limiares segue as diretrizes do *Manual GIDES*, que adota o *Método Compartilhado*, derivado da abordagem proposta por YANO (1990). Essa metodologia baseia-se na retroanálise de eventos de pluviométricos com e sem ocorrência de deslizamentos, conforme apresentado na Figura 5. A precipitação é tratada sob a forma de chuva efetiva, isto é, considera-se o efeito acumulativo da chuva ao longo do tempo, ponderado por um fator de atenuação.

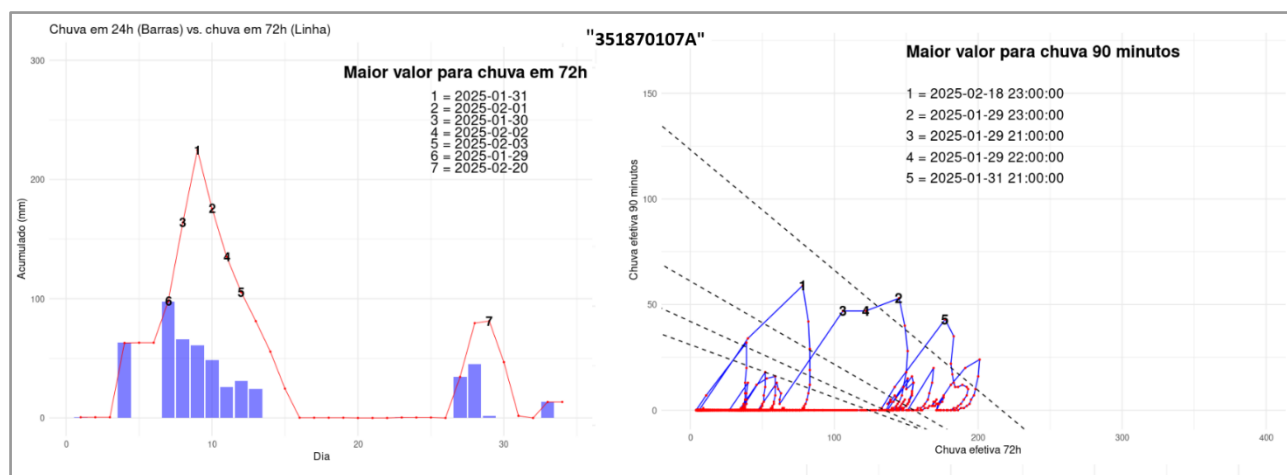


Figura 5: Monitoramento pluviométrico no domínio do tempo e no domínio de valores.

A representação dos eventos pluviométricos em função dos valores de chuva efetiva facilita o tratamento dos dados, ao gerar uma curva contínua. É possível analisar períodos de interesse de forma sintética através dos picos atingidos. Não é necessário definir limites do que seria um evento pluviométrico individualizado, isto é, um intervalo sem chuva ou com chuva fraca, conforme discutido por TATIZANA *et al.* (1987).

A chuva efetiva é calculada a partir da soma ponderada da chuva horária pelo acumulado em um período anterior pré-estabelecido (parâmetro "i"), com aplicação de um fator de decaimento (meia-vida).

$$R_w = \sum \alpha_{1i} \times R_{1i} \quad (2)$$

Onde R_w é a chuva efetiva acumulada (mm), R_{1i} a chuva horária registrada i horas antes do momento de análise, α_{1i} o coeficiente de redução aplicado a R_{1i} calculado como $0.5\bar{\tau}^i$, e T a meia-vida adotada para ponderação temporal das chuvas.

Esse processo resulta na construção da curva-cobra, que permite visualizar os efeitos cumulativos da chuva, em teoria, refletindo os aumentos do teor de umidade e da intensidade de fluxo de água no solo. Os parâmetros utilizados para cálculo da chuva são classificados como curto prazo, representando chuvas deflagradoras (1,5 horas), e longo prazo, chuvas preparatórias (72 horas). A partir do gráfico de chuvas efetivas com e sem ocorrência de deslizamentos, é determinada a linha crítica (LC), que separa o domínio em que predominam deslizamentos. A partir das máximas chuvas antecedentes para 1, 2 e 3 horas, determinam-se as linhas de apoio, de probabilidade muito alta (LPMA), probabilidade alta (LPA) e probabilidade moderada (LPM). O atingimento das linhas de apoio pela curva-cobra determina a ativação de protocolos da Defesa Civil, frente à configuração de um cenário com potencial para ocorrência de deslizamentos.

A gestão e estruturação dos dados pluviométricos foi realizada por meio de banco de dados relacional no ambiente PgAdmin, com suporte do banco PostgreSQL, além de outros recursos computacionais, como Excel, RStudio e Qgis. Durante o processo de desenvolvimento metodológico e estrutural, foi utilizado o modelo de linguagem de Inteligência Artificial ChatGPT (OPENAI, 2025) como ferramenta de apoio na formulação e otimização de scripts.

4. DISCUSSÕES

Conforme orientação do *Manual GIDES*, o levantamento dos eventos pluviométricos foi realizado a partir da aplicação de um filtro de chuvas horárias superior a 10mm. Essa abordagem resulta em um número significativo de episódios de chuva sem registro de deslizamentos, necessários para delimitar o limite inferior da envoltória, ou seja, o limiar mínimo de chuva efetiva capaz de indicar risco.

A Figura 6 apresenta a dispersão dos eventos de chuva com e sem ocorrência de deslizamentos, considerando as chuvas efetivas de curto prazo (1,5h) e longo prazo (72h), por setor. Os polígonos delimitam os domínios com ocorrência de deslizamentos (vermelho) e sem (azul).

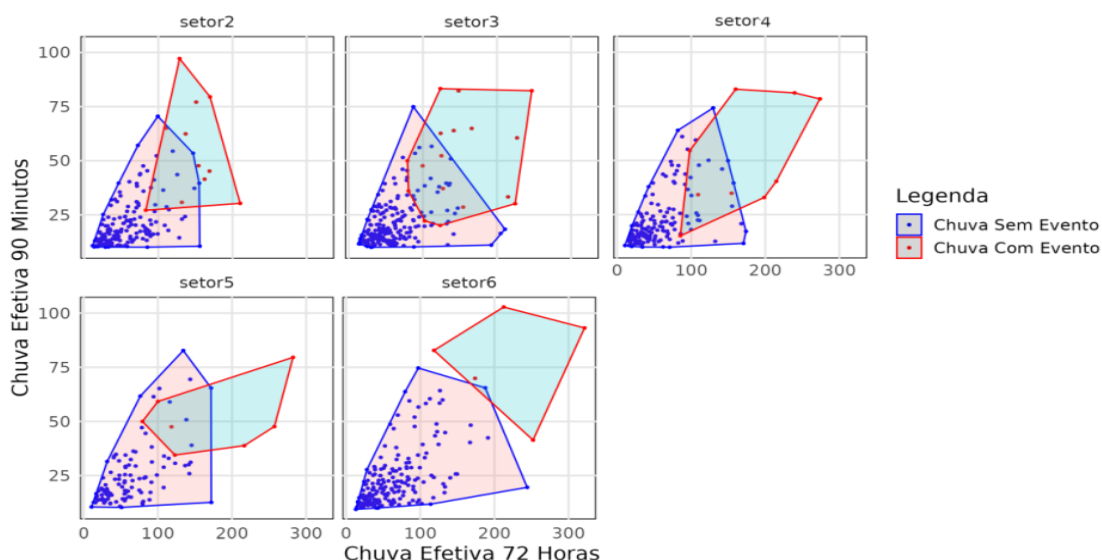


Figura 6: Eventos pluviométricos acima de 10mm/h, com e sem ocorrência de deslizamento.

Observa-se que, de maneira geral, há uma significativa sobreposição entre os domínios, indicando uma zona de interseção onde as condições pluviométricas por si só não são suficientes para distinguir a ocorrência dos eventos. Essa limitação metodológica é prevista no *Manual GIDES* e aponta para a atuação de outros fatores não climáticos, como aspectos geotécnicos, ocupacionais e ambientais.

A Figura 07 apresenta as máximas chuvas antecedentes em cada PCD (para o período estudado) e a estimativa de chuvas com tempo de retorno de cinco anos para períodos de 01, 02 e 03 horas, com base na curva intensidade-duração-frequência (DAEE/SÃO PAULO, 2018).

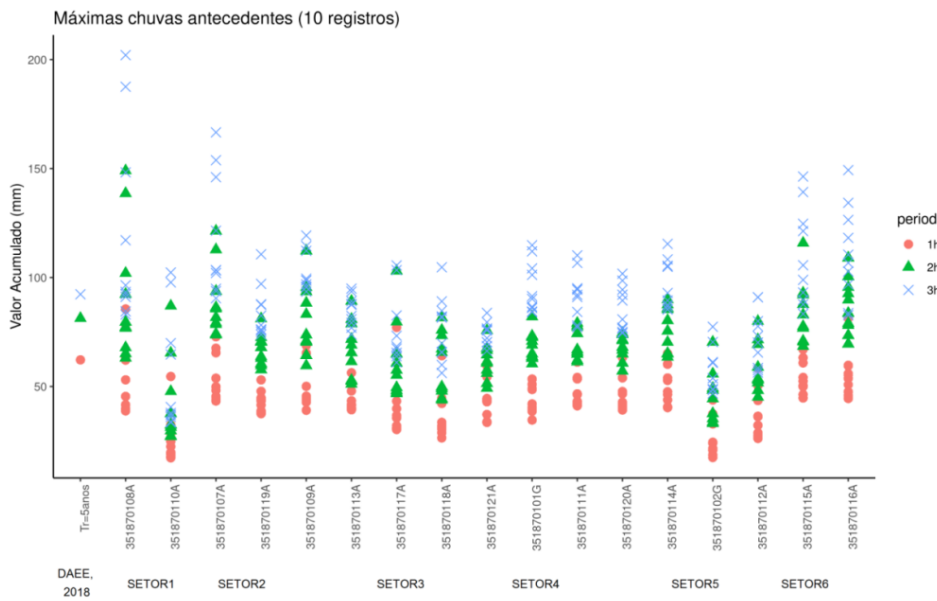


Figura 7: Levantamento das 10 maiores chuvas antecedentes nos períodos de 1, 2 e 3 horas consecutivas, para cada PCD e estimativa de chuvas com tempo de retorno de 5 anos.

O levantamento das chuvas antecedentes mostra uma grande variabilidade entre as PCDs. Porém, a estimativa dos eventos com tempo de retorno de 5 anos se aproxima com o atingido nos setores 2, 3 e 4, principalmente para uma e duas horas.

5. RESULTADOS

A partir da estruturação e consulta ao banco de dados espacial, foi possível identificar os eventos pluviométricos de maior intensidade registrados entre 2019 e 2024. Dentre os 23 eventos que geraram ocorrências de deslizamento, verificou-se que em 9 deles os limiares do projeto SISAR foram atingidos, resultando em um índice de acerto de 40%. Entre os 6 eventos pluviométricos que atingiram os limiares do projeto SISAR, mas não apresentaram ocorrências de movimentos de massa, a maioria (83%) atingiu apenas o primeiro nível do programa SISAR, ou seja, chuvas horárias iguais ou superiores a 45 mm, sem ultrapassar os acumulados exigidos nas janelas de 24h e 72h.

A partir da plotagem dos dados de chuva com e sem deslizamentos, utilizou-se o limite superior do diagrama de quartis para as chuvas sem deslizamento nos eixos x e y como ponto de apoio para traçar a linha crítica, ajustando visualmente a inclinação. Para as linhas de apoio, optou-se por utilizar as chuvas com tempo de retorno de cinco anos. Equações das linhas crítica e de apoio são apresentadas no quadro abaixo:

Quadro 2: Equações das linhas crítica e de apoio, para gráfico de chuva efetiva 1,5h x 72h.

LPM: $y = -0.2500x + 31.0000$	LPA: $y = -0.3111x + 42.0000$
LPMA: $y = -0.3937x + 61.1000$	LC: $y = -0.5700x + 123.3000$

A Figura 8 apresenta gráficos de chuvas com e sem deslizamento e determinação das linhas crítica e de apoio.

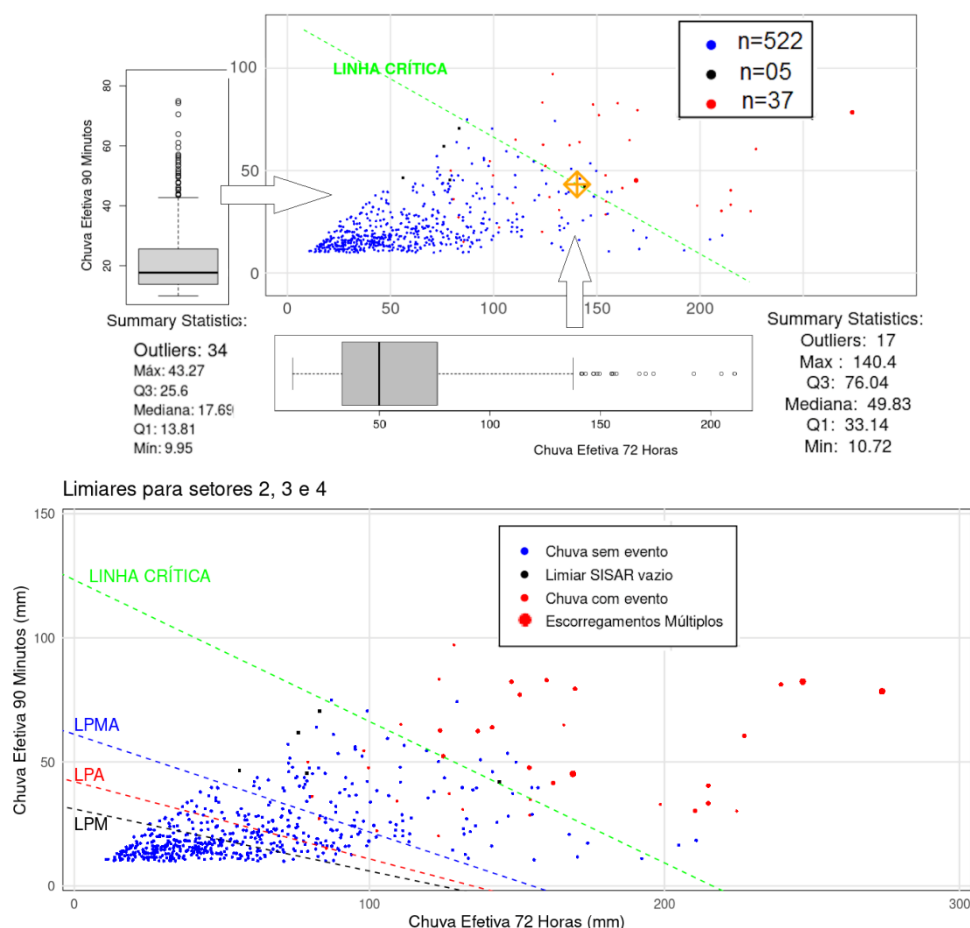


Figura 8: Proposta de limiares para acionamento de alertas e alarmes de chuva no Guarujá.

Verificou-se que a linha crítica separou bem o campo com deslizamentos de maior intensidade, e as linhas de apoio englobam todas as ocorrências registradas.

A Figura 9 apresenta os eventos pluviométricos mais expressivos analisados neste trabalho.

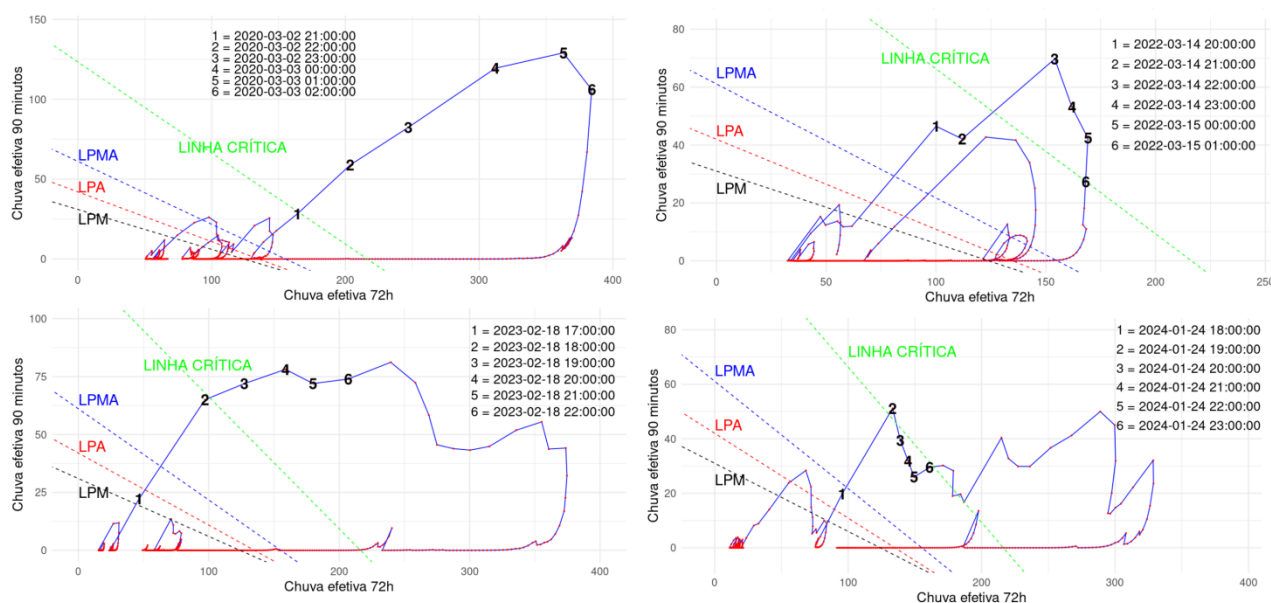


Figura 9: Curva cobra para os eventos pluviométricos mais significativos com ocorrência de deslizamentos analisados neste trabalho.

A partir do banco de dados e da delimitação das linhas crítica e de apoio, é possível operacionalizar a retroanálise dos eventos de deslizamento e o monitoramento da precipitação.

6. CONCLUSÕES

Verificou-se a importância da manutenção das medições pluviométricas convencionais, para aferição das PCDs. A construção do banco de dados permite a gestão organizada das informações pluviométricas, hoje disponíveis em tempo quase real. Desta forma, o monitoramento pluviométrico é realizado de maneira técnica, e os parâmetros podem ser analisados criticamente. A determinação dos protocolos a partir do atingimento de cada limiar é um trabalho de constante aperfeiçoamento, bem como a própria determinação das linhas crítica e de apoio, que devem ser periodicamente atualizadas. A determinação da linha crítica a partir do limite superior do diagrama de quartis permite a comparação entre os cenários registrados em cada setor.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Defesa Civil do Guarujá pelo apoio ao estudo realizado.

REFERÊNCIAS

ABREU J.V., FERNANDEZ C.A., CORSI A.C. 2022. Precipitação pluviométrica diária no município de Guarujá (SP), dezembro 1998-2020: uma contribuição para o Plano Preventivo de Defesa Civil do Estado de São Paulo em especial para o município de Guarujá. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 17.

de ANDRADE M.R.M., BORTOLOZO C.A., CARVALHO A.R., EGAS H.M., GARCIA K., METODIEV D., NERY T.D., PRIETO C., PRYER T., SAITO S. M., SCOFIELD G. 2023. The SNAKE System: CEMADEN's Landslide Early Warning System (LEWS) Mechanism. International Journal of Geosciences, 14: 1146–1159.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais 2018. Manual técnico para elaboração, transmissão e uso de alertas de risco de movimentos de massa – Manual GIDES. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/Manual_Monitoramento_e_Alertas_-_Cemaden.pdf. Acesso em: 23 set. 2024.

de FREITAS A.A., ODA P.S.S., TEIXEIRA D.L.S., DO NASCIMENTO SILVA P., MATTOS E.V., BASTOS I.R.P., NERY T.D., METODIEV D., DOS SANTOS A.P.P., GONÇALVES W.A. 2022. Meteorological conditions and social impacts associated with natural disaster landslides in the Baixada Santista region from March 2nd–3rd, 2020. Urban Climate, 42: 101110.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e estados do Brasil. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 23 set. 2024.

OPENAI 2025. ChatGPT [Modelo de Linguagem de Inteligência Artificial]. <https://chat.openai.com>.

SÃO PAULO (Estado). DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos 2018. Precipitações intensas no estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos.

SÃO PAULO (Estado). Resolução CMIL nº 056/610/23, de 21 de dezembro de 2023. Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, Seção I, São Paulo, v. 133, n. 139, p. 8, 21 dez. 2023.

de SOUZA D.C., CRESPO N.M., DA SILVA D.V., HARADA L.M., DE GODOY R.M.P., DOMINGUES L.M., LUIZ R., BORTOLOZO C.A., METODIEV D., DE ANDRADE M.R.M., HARTLEY A.J., DE ABREU R.C., LI S., LOTT F.C., SPARROW S. 2024. Extreme rainfall and landslides as a response to human-induced climate change: a case study at Baixada Santista, Brazil, 2020. Natural Hazards, 120: 10835-10860.

TATIZANA C., OGURA A.T., CERRI L.E.S., ROCHA M.C.M. 1987. Análise da correlação entre chuvas e escorregamentos na Serra do Mar, município de Cubatão. In: Anais do 5º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, São Paulo, 2: 225–236.

VARGAS M.A 1999. A baixada santista. Suas bases físicas. Revista USP, 41: 18–27.

YANO, K. 1990. Study of the method for setting standard rainfall of debris flow by the reform of antecedent rain. Journal of the Japan Society of Erosion Control Engineering, 43: 3–13.