Universidade Federal de Itajubá

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas

Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos PROFÁGUA





Igor Henrique Fernandes Silva

"DESLIZAMENTOS E LIMIARES DE PLUVIOSIDADE: ESTUDO DE CASO RIBEIRÃO DO PEIXE, ITABIRA-MG "





Itabira- Minas Gerais 2024

Igor Henrique Fernandes Silva

"DESLIZAMENTOS E LIMIARES DE PLUVIOSIDADE: ESTUDO DE CASO RIBEIRÃO DO PEIXE, ITABIRA-MG"

Dissertação apresentada, como requisito para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá, campus de Itabira. Área de concentração: "Regulação e Governança de Recursos Hídricos"

Orientadora.: Prof.^a Dr^a Karinne Reis Deusdará Leal Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Coorientador.: Prof. Dr.: Fernando Neves Lima

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo de Aguiar do Couto Instituto de Ciências Puras e Aplicadas - UNIFEI

Prof. Dr. Tulius Dias Nery Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN

DEDICATÓRIA

A todos itabiranos de berço e coração que vivenciam o Ribeirão do Peixe.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES). Agradeço a todos colaboradores do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado.

Um abraço especial a professora Karinne, ao professor Fernando, ao professor Tulius e ao professor Eduardo que não mediram esforços para o desenvolvimento dessa pesquisa. Gostaria de agradecer também a toda equipe e colegas da COMPDEC - Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil do município de Itabira pela seção de dados, informações e apoio prestado.

Aos familiares, amigos, colegas de curso um muito obrigado pela paciência, pelo incentivo de progredir com o trabalho e lidar com os contratempos. Enfim agradeço a todas as pessoas que acreditam na pesquisa acadêmica e científica com aplicações para mitigação de problemas estruturais da realidade brasileira.

"Choveu, choveu Chuva miúda não mata ninguém Bateu, valeu Água de março é chuva que vem"

Água - Baiana System e Orquestra Afrosinfônica

RESUMO

Silva, Igor Henrique Fernandes. **"DESLIZAMENTOS E LIMIARES DE PLUVIOSIDADE: ESTUDO DE CASO RIBEIRÃO DO PEIXE, ITABIRA-MG**". 105 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2024.

A maioria dos desastres naturais no Brasil são deflagrados por eventos hidrológicos/climatológicos. O volume de chuvas, associado a alta declividade dos terrenos, e histórico de faixas de ocupações urbanas com infraestrutura precária, tem corroborado para a ocorrência de deslizamentos na bacia do Ribeirão do Peixe, em Itabira na região central de Minas Gerais. Nesse sentido, além de catalogar no tempo e espaço, as ocorrências de deslizamentos entre 1996 e 2022, esta pesquisa teve como objetivo analisar a distribuição de chuvas a fim de inferir correlações de limiares de precipitação que podem ter desencadeado tais eventos geo-hidrológicos. Foram observadas algumas tendências no comportamento da precipitação na bacia. O volume anual de chuva da série 1977-2022 (Estação Conceição) parece estar decrescendo. Já a precipitação máxima em 5 dias consecutivos parece estar aumentando. Contudo exceto para o mês de outubro, praticamente todos os meses não tiveram significância estatística reportada. Dos 263 deslizamentos contabilizados o bairro mais afetado foi o Gabiroba com cerca de 20% das ocorrências. O bairro Madre Maria de Jesus obteve a maior proporção (2,42 Deslizamento/ha). Em relação às unidades de relevo, 86,23 % estão em áreas onduladas ou fortemente ondulados. As unidades geológicas com maior número de ocorrência foram os terrenos graníticos-gnaissicos da suíte Borrachudos seguida pelos Xistos e filitos do Grupo Nova lima. Dos eventos catalogados, 72 deles (27%) foram registradas em dias secos (P<2 mm) e 191 (73%) eventos acima de 2mm. Para no mínimo de 1 deslizamento as médias dos menores intervalos da análise de frequência, foram de 35mm para 48horas, 44mm para 72h, 51mm (96h), 57mm (5d) 66mm (7d) e 76mm (12d). Para 5 deslizamentos ou mais foram de 99 mm para 48horas, 107mm para 72 horas, 133mm (96h), 151mm para 5 dias, 194mm (7 d) e 231mm (12d). Numa perspectiva de tomada de decisão envolvendo sistemas de alerta, os limiares de 48 horas podem representar na prática uma maior previsibilidade.

Entretanto quanto a atividades de monitoramento, preparação e resposta à possíveis desastres, pode ser importante a utilização de limiares críticos numa janela temporal um pouco maior, como 7 dias por exemplo. Os produtos aqui gerados poderão subsidiar ações de mitigação de curto prazo (alerta, monitoramento e planos de evacuação) e longo prazo com intuito de compor uma base de dados e informações para tomadas de decisão que auxilie na redução dos riscos a novos deslizamentos.

Palavras-chave: Desastres, limiares de precipitação, Rio de Peixe, Rio Doce, Itabira

ABSTRACT

Silva, Igor Henrique Fernandes. **"LANDSLIDES AND RAINFALL THRESHOLDS: CASE STUDY RIBEIRÃO DO PEIXE, ITABIRA-MG".** 2024. 105f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2024.

Most natural disasters in Brazil are triggered by hydrological/climatological events. Landslides are among the types that have caused the most deaths in the country. The volume of rain associated with the high slope of the land and a history of urban occupations with precarious infrastructure has corroborated the occurrence of this type of disaster in the Ribeirão do Peixe basin, in Itabira in the central region of Minas Gerais. In this sense, in addition to cataloging in time and space, the occurrences of landslides between 1996 and 2022, this research aimed to analyze the distribution of rainfall in order to infer correlations of precipitation thresholds that may have triggered such geo-hydrological events. The methodological stages of this study were divided into three work fronts. The first refers to an analysis of the distribution of rainfall considering historical series and the index of maximum forecasts accumulated over five days (Rx5day) monthly and annually, also considering the existence of statistical significance using the non-parametric Theil-Sen method. In the second stage, documentary and georeferencing research was carried out in the collection of the Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Itabira (COMPDEC) to interpret the distribution of landslides in space and time. And finally, the daily and accumulated rainfall (48, 72, 96 hours) and (5, 7 and 12 days) were evaluated. Some trends in the behavior of precipitation in the basin were observed. The annual rainfall volume of the 1977-2022 series (Conceição Station) appears to be decreasing. The maximum precipitation on 5 consecutive days appears to be increasing. However, except for the month of October, practically all months had no reported statistical significance. Of the 263 landslides recorded, the most affected neighborhood was Gabiroba with around 20%. The Madre Maria de Jesus neighborhood had the highest proportion (2.42 Dsl/Ha). In relation to relief units, 86.23% are in undulating or strongly undulating areas. The geological units with the highest number of occurrences were the granitic-gneissic terrains of the Borrachudos suite followed by the schists and phyllites of the Nova Lima Group.

All 263 events catalogued, 72 of them or 27% were recorded on a dry day (P<2 mm) and 191 events above 2mm. For at least 1 slip, the averages for the smallest frequency analysis intervals were 35mm for 48 hours, 44mm for 72h, 51mm (96h), 57mm (5d), 66mm (7d) and 76mm (12d). For 5 slips or more 99 mm for 48 hours, 107 mm for 72 h, 133 mm (96h), 151 mm for 5 days, 194 mm (7d) and 231 mm (12d). Through the graphical analysis it was not possible to establish equations that represented the randomness of the scattered data. From a decision-making perspective involving alert systems, 48-hour thresholds may represent greater predictability in practice. However, regarding monitoring, preparation and response activities to possible disasters, it may be important to use critical thresholds in a slightly longer time window, such as 7 days for example. The products generated here will be able to support short-term mitigation actions (alert, monitoring and evacuation plans) and long-term with the aim of composing a database and information for decision-making that helps reduce the risks of new landslides.

Keywords: Disasters, precipitation thresholds, Rio de Peixe, Rio Doce, Itabira

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema evidenciando a precipitação e as zonas saturadas e não saturadas do solo
Figura 2 : Destruição ocorrida durante os deslizamentos da Serra do Mar em 196719
Figura 3: Deslizamentos de terra e intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña em
São Bernardo do Campo. SP
Figura 4: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) vista a partir de imagem de
satélite Goes-13 em Janeiro de 2018.
Figura 5 [°] Sistema convectivo de mesoescala sobre os trópicos 23
Figura 6 : Desastres relacionados a extremos pluviométricos nos últimos 2 anos do
Brasil: Morro da Oficina Petrópolis/RJ, em fevereiro de 2022 (a e b) Litoral norte de
São Paulo, em fevereiro de 2023 (c e d)
Figura 7 : Ocorrência de eventos extremos de precipitação e precipitação mensal
acumulada em Aracaju/SE
Figura 8: Principais desastres naturais geológicos no Brasil
Figura 9: Distribuição de mortes por deslizamentos de terra entre 1988 e junho 2022.
Figura 10: Diferentes estágios de deslocamento de uma encosta ao longo do tempo.
Figura 11: Principais tipos de ruptura em encostas urbanas
Figura 12: Modelo de rede de fluxo antes e depois de um escorregamento
Figura 13: Área atingida por deslizamentos de terra em marco de 1956 na cidade de
Santos
Figura 14: Gráfico log-log com a intensidade (eixo vertical) e duração (eixo horizontal)
dos eventos de chuva com deslizamento(s) e os limiares A e B
Figura 15: Limiares críticos de chuva para deslizamentos em encostas no Estado de
São Paulo
Figura 16: Eixos principais de um sistema de alerta de risco de desastres
Figura 17: Unidade de planejamento dos recursos hídricos UPRGH-Rio Doce e croqui
de localização geográfica do Ribeirão do Peixe
Figura 18: Ribeirão do Peixe e as microbacias da área de estudo
Figura 19: Vista geral de alguns cursos d'água da bacia do Ribeirão do Peixe a)
Córrego Conceição (maio de 2023) o b) Canal próximo a confluência do Córrego
Abóboras e o Ribeirão do Peixe (Julho de 2023); c) Ribeirão do Peixe com presenca
de ocupações irregulares (Janeiro de 2023) d) Córrego dos Doze com vocorocas
(Janeiro de 2023)
Figura 20: Mapa de uso e ocupação da terra do Ribeirão do Peixe no ano de 202047
Figura 21: Mapa geológico da Bacia do Ribeirão do Peixe
Figura 22: Toposequencias geomorfológicas e os depósitos correlatos originários em
terrenos de uma bacia hidrográfica
Figura 23: Mapa de Declividade da Bacia do Ribeirão de Peixe. Itabira Mo
Figura 24: Mapa de Hipsometria/Altitude Bacia do Ribeirão de Peixe. Itabira Minas
Gerais
Figura 25: Precipitação histórica mensal média no Ribeirão de Peixe (ano hidrológico).

Figura 26: Representação esquemática das etapas de trabalho desta pesquisa 55
Figura 27: Exemplo de boletim de ocorrência de deslizamento avaliado pela pesquisa
documental
Figura 28: Série histórica de precipitação anual (mm) evidenciando linha de tendência
em relação ao tempo. Ribeirão do Peixe, Itabira-MG60
Figura 29: Precipitação "Máxima mensal em 5dias (RX5day)" correspondente à série
histórica dos anos hidrológicos de 1977 a 202261
Figura 30: Evolução da precipitação "Máxima anual em 5dias (RX5day)"
correspondente a média das últimas 4 décadas na bacia do Ribeirão do Peixe-Itabira
MG
Figura 31: Evolução da média decenal dos 5 dias mais chuvosos em percentagem,
(%rain5day) das últimas 4 décadas na bacia do Ribeirão do Peixe-Itabira MG63
Figura 32: Série anual estação Conceição, considerando estudo de significância Theil
Sen 1977-2022. Fonte: Próprio Autor
Figura 33: Série hidrológica (média dos 5 dias mais chuvosos) de cada ano de 1977 a
2022 da estação Conceição
Figura 34: Série hidrológica (máxima 5 dias consecutivos acumulados/mês) Estação
Conceição 1977-2022
Figura 35: Mapa de inventário dos deslizamentos de terra registrados na bacia do
Ribeirão do Peixe entre 1996 a 202267
Figura 36: Número de deslizamentos registrados por microbacia (1996-2022) no
Ribeirão do Peixe
Figura 37: Áreas mais afetadas nas respectivas microbacias do Ribeirão do Peixe.
Itabira. Minas Gerais
Figura 38: Gráfico evidenciando a quantidade de deslizamentos registrados entre
1996 a 2022 nos respectivos bairros do Município de Itabira
Figura 39: Mapa de calor evidenciando as localidades com maior número de
deslizamentos em relação a área territorial de cada bairro (Densidade)
Figura 40: Histograma considerando a freguência relativa em percentagem para
diferentes intervalos de precipitação em 24 horas
Figura 41 : Histogramas com as respectivas frequências das janelas temporais de
precipitação acumulada em mm a) 48 horas b) 72 horas c) 96 horas d) 5 dias e) 7 dias
f) 12 dias
Figura 42: Médias dos menores intervalos de classe da precipitação acumulada em
mm em relação ao número de ocorrências de deslizamentos registrados entre 1996 e
2022 na bacia do Ribeirão do Peixe em Itabira. Minas Gerais
Figura 43: Chuva acumulada em 48 horas(a): 72 horas (b): e 96 horas (c) plotadas no
Fixo X em relação a precipitação em 24 horas (eixo y) em diferentes eventos de
deslizamentos entre 1996 e 2022
Figura 44 . Chuva acumulada em 5 dias (a): 7 dias (b) e 12dias (c) plotadas no Eixo X
em relação a precipitação em 24 horas (eixo v) em diferentes deslizamentos entre
1996 e 2022 na bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira, MG.
Figura 45: Diferentes quantidades de ocorrências de deslizamentos em relação a
chuva acumulada em 5 dias estação Conceição
onava asamalada om o dias solação conseição

Lista de Quadros

Quadro 1 : Histórico de limiares críticos de pluviosidade para ocorrência de deslizamentos de terra em diferentes regiões do Brasil	. 35
Quadro 2: Unidades geológicas da bacia do Ribeirão do Peixe	.49
Quadro 3: Exemplo de Linhas do guadro de caracterização da chuva anterior aos	
eventos de deslizamento, considerando os seguintes espaços temporais: 24, 48, 72,	,
96 horas e 5, 7 e 12 dias.	. 59

Lista de Tabelas

Tabela 1: Estações Pluviométricas utilizadas no estudo	56
-	
Tabela 2: Número de deslizamentos em relação às unidades de relevo	72

Sumário

1	. INTRODUÇÃO	. 12
2	. OBJETIVOS	. 16
	2.1 Objetivo Geral	16
	2.1 Objetivos Específicos:	16
3	. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	. 17
	3.1 Ciclo hidrológico e precipitação	17
	3.2 Sistemas meteorológicos e de circulação atmosférica	20
	3.3 Precipitações máximas e eventos extremos	24
	3.4 Deslizamentos de terra: Geodinâmica e análise espacial	26
	3.5 Hidrodinâmica e a instabilidade das encostas	31
	3.6 Limiares críticos de pluviosidade como ferramenta de gestão de riscos de	
	deslizamentos	33
	3.7 Sistemas de Alerta	40
4	. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	. 43
	4.1 A bacia do Ribeirão do Peixe	43
	4.2 Histórico de uso e ocupação da terra	45
	4.3 Arcabouço Geológico	47
	4.4 Relevo e declividade	51
	4.5 Condições climáticas	53
5	. MATERAIS E MÉTODOS	. 54
	5.1 Análise das precipitações: distribuição temporal das chuvas da bacia	55
	5.2 Inventário dos deslizamentos	57
	5.3 Identificação dos limiares críticos	58
6	. RESULTADOS E DISCUSSÕES	. 60
	6.1 Precipitação na Bacia do Ribeirão de Peixe	60
	6.2 Distribuição dos deslizamentos	66
	6.3 Limiares críticos de precipitação	73
	7. CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS	83

1. INTRODUÇÃO

Todos os anos são noticiadas diversas ocorrências de desastres naturais envolvendo máximas pluviométricas no país. De norte a sul, em diferentes regiões e períodos chuvosos, a água das chuvas quando em contato com camadas sub-superficiais das encostas com pré-instabilidade geotécnica, dão condições para a deflagração dos chamados deslizamentos de terra.

Mais de quatro mil pessoas perderam a vida devido a eventos de deslizamentos de terra no Brasil entre 1988 e 2022 (Macedo e Sandre, 2022). O número de registro e ocorrência desses eventos, vem aumentando consideravelmente na frequência e na intensidade, assim como nos impactos gerados (CEPED-UFSC, 2013).

Nas últimas décadas uma significativa parte da população brasileira foi empurrada para as periferias urbanas, áreas gradativamente ocupadas de forma desordenada, o que gerou, não apenas problemas ambientais e sociais, mas também situações de riscos que são ainda intensificados por eventos extremos num contexto de mudanças climáticas (Hagen *et* al., 2022; De Souza *et* al., 2020; Gariano & Guzzetti, 2016).

Nesse sentido, uma das principais formas de mitigar as consequências dos desastres é a efetivação de medidas estruturais e não estruturais a partir de um reordenamento territorial, com projetos harmônicos de habitação e urbanismo e de adaptação às mudanças climáticas. Todavia, segundo Mello (2012), essas medidas só são possíveis quando há diminuição das desigualdades sociais, e respectiva melhoria das condições materiais das populações afetadas, além da democratização dos espaços políticos de tomadas de decisões envolvendo a agenda pública.

De acordo com Dieese (2023), há ainda no Brasil muitos desafios estruturais, com grandes gargalos de infraestrutura econômica que atravessam a prevenção de desastres, o déficit habitacional e as diversas dimensões de desigualdades sociais e regionais. Tudo isso num contexto de deterioração da qualidade de vida nas cidades, associado ainda às alterações do clima no planeta.

O aumento da frequência, magnitude e extensão territorial dos desastres causados por deslizamentos de terra sugere que a redução do risco requer não

apenas ações estruturais, mas também medidas não estruturais para redução da vulnerabilidade (Gonzalez *et* al., 2024).

Neste contexto, a ciência hidrológica aparece como importante ferramenta para auxiliar na gestão dos riscos, que por sua vez pode melhorar a prevenção e a mitigação de futuros desastres, principalmente no que tange a interpelação da intensidade e duração das chuvas intensas no espaço temporal de uma bacia e sua correlação na deflagração dos desastres, como os deslizamentos por exemplo.

O termo "deslizamento de terra" descreve uma ampla variedade de processos que resultam na descida e movimento de materiais formadores de encostas, incluindo rocha, solo, preenchimento artificial ou uma combinação destes. Os materiais podem se mover caindo, tombando, deslizando, espalhando ou fluindo (Highland & Bobrowsky, 2008).

A análise de suscetibilidade de deslizamentos é um dos principais procedimentos destinados a entender quais condições foram responsáveis pelas ocorrências passadas de deslizamentos, que poderão gerar novos no futuro (Guzzetti *et* al., 2012; Aleotti *et* al., 1999). Sua determinação visa fornecer informações que ajudem a prevenir futuras perdas de vidas humanas e de infraestrutura.

O movimento das águas pode afetar a estabilidade das encostas, alterando a tensão efetiva, e, portanto, a resistência ao cisalhamento; gerando forças de infiltração em direção à face do talude desestabilizando a encosta; operando como agente de intemperismo e erosão dos materiais que compõe a encosta (Blyth e Freitas 2005).

Há, portanto, uma correlação indireta entre a quantidade de chuva acumulada e a duração e intensidade do evento chuvoso deflagrador do deslizamento, que é denominada de "limiar crítico de pluviosidade" (Zhang, 2023; Stabile *et* al., 2022; Maturidi *et* al., 2021; Bogaard & Greco 2018; Napolitano *et* al., 2016; Chen *et* al., 2015; Guzetti *et* al., 2007; Caine, 1980).

São muitos os desafios para a construção dos limiares, podendo-se destacar o entendimento dos diferentes processos e seus respectivos mecanismos de deflagração, assim como a sua correlação com a chuva. Consequentemente, a compreensão dessa relação ainda envolve a componente antrópica, a susceptibilidade histórico-espacial bem como a diversidade regional,

implicando, assim, na atualização e/ ou proposição de novos limiares de forma sistemática (Brasil, 2022).

No Brasil um dos primeiros registros de correlações entre aspectos geológicos e pluviometria foram elaborados posteriormente à conhecida tragédia de Santos no Estado de São Paulo no ano de 1956 (Pichler, 1957). Outros estudos precursores no país foram as análises elaboradas por pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT, Guidicini & Iwasa, compilados e publicados entre 1976 e 1977 (Guidicini & Iwana 1977).

Na década de 80, os métodos dos limiares críticos no Brasil foram adaptados por Tatizana *et* al. (1987) sobre deslizamentos ocorridos na Serra do Mar em Cubatão (SP), utilizando uma abordagem considerando a precipitação acumulada. Posteriormente o método foi sendo aperfeiçoado para ser aplicado em diferentes bacias do território brasileiro, em Petrópolis Almeida *et* al., (1993), em Maceió Anjos *et* al., (1997), em Belo Horizonte Parizzi (2004) e no Litoral Norte de São Paulo Ferreira *et* al., *(*2015), incluindo a região de São Sebastião e Ilhabela.

Diante do exposto, além de catalogar no tempo e espaço, as ocorrências de deslizamentos entre 1996 e 2022, esta pesquisa procurou correlacionar dados pluviométricos intensos e a ocorrência de deslizamentos de terra, realizando o cruzamento de dados e informações da bacia com as intensidades e duração das chuvas para inferir limiares críticos de precipitação associados aos deslizamentos, a fim de auxiliar tomadas de decisão envolvendo a gestão de riscos e desastres na bacia do Ribeirão do Peixe em Itabira, Minas Gerais.

Há histórico de diversas ocorrências de desastres envolvendo deslizamentos na bacia do Ribeirão do Peixe. De 2003 a 2022, cerca de 1400 pessoas foram afetadas por este tipo de desastre geo-hidrológico. Além do histórico das ocorrências há ainda diversos riscos de novos deslizamentos com graves consequências possíveis para um futuro próximo (Itabira, 2022).

As consequências de desastres envolvendo deslizamentos de terra nos territórios nas bacias são as mais diversas, podendo acometer infraestrutura de abastecimento de água e saneamento, energia, telecomunicações, etc. As perdas econômicas vinculadas podem ser estimadas, entretanto as perdas sociais e morais são quase impossíveis de avaliar (Skrzypczak *et* al., 2017).

Em consonância com os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos-PNRH (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) esta pesquisa contribui para "a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais". Além disso, incorpora as diretrizes vinculadas à "integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental" e a "articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo".

A pesquisa ainda dialoga com as diretrizes da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, instituída pela lei 12.608, na medida que apresenta uma associação aos objetivos dessa política de "Reduzir os riscos de desastres" e "Integrar informações capazes de subsidiar os órgãos do sistema nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) na previsão e no controle dos efeitos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente numa perspectiva de integração interinstitucional com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

No contexto do programa de Pós -Graduação em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos, esse estudo se insere na área de concentração "REGULAÇÃO E GOVERNANÇA DE RECURSOS HÍDRICOS" uma vez que visa "desenvolver metodologias para arranjos mais eficientes para a gestão de riscos e eventos críticos em bacias hidrográficas". Quanto a linha de pesquisa o estudo se enquadra em SEGURANÇA HÍDRICA E USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA pois tem como intuito atuar na gestão de desastres naturais e eventos hidrológicos, numa perspectiva de enfrentamento de "desafios de integração conceitual destes problemas no entendimento da dinâmica espacial e temporal para a realização de modelos de previsão e gestão de riscos de eventos extremos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar a distribuição de deslizamentos deflagrados por eventos chuvosos e inferir os limiares de pluviosidade associadas a ocorrências desses deslizamentos na bacia do Ribeirão do Peixe em Itabira, Minas Gerais.

2.1 Objetivos Específicos:

- Compreender e analisar a distribuição de chuvas da bacia numa escala temporal;
- Catalogar, no tempo e espaço, as ocorrências de deslizamentos de terra no Ribeirão do Peixe entre 1996 e 2022;
- Sugerir limiares críticos de precipitação dos deslizamentos considerando os históricos dos eventos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Ciclo hidrológico e precipitação

O ciclo hidrológico pode ser pensado como um conjunto de dinâmicas da natureza no qual há fluxo de água em seus diferentes estados da matéria entre as diversas esferas do planeta. É um fenômeno de circulação fechada impulsionado fundamentalmente pela energia radiante do sol associado à gravidade e à rotação terrestre.

A precipitação é formada quando o ar saturado é aquecido (ar que esfria no ponto de orvalho) e sobe por uma montanha, correntes convencionais ou ação frontal. O ar saturado ascendente ou o vapor de água esfria à medida que sobe. O vapor anexa-se a minúsculas partículas de poeira, sais, sementes ou fumaça na atmosfera. Essas partículas são comumente chamadas de núcleos de condensação. A condensação ocorre quando as gotas de água se juntam nos núcleos de condensação para formar gotas de chuva. As nuvens são formadas à medida que as gotas de chuva se desenvolvem (Elvis *et* al., 2015).

A chuva é o principal fator de variabilidade nos recursos hídricos, o que a torna uma variável essencial a ser estudada. Nesse sentido é importante a interpretação de aspectos relacionados com a precipitação, principalmente com a medição para a caracterização da variabilidade da precipitação, tanto dentro de eventos de chuva individuais e/ou séries históricas (Cerri, 2014).

Pela perspectiva do ciclo hidrológico após a precipitação sobre a superfície, parte da água de chuva incorpora o escoamento superficial e parte é infiltrada. Nesse cenário, os deslizamentos de terra podem ser induzidos indiretamente pelas chuvas, uma vez que podem ser desencadeados pelo o aumento da pressão dos poros e pelas forças de infiltração nos terrenos das encostas, durante e/ou logo após eventos chuvosos (Muntohar, 2010).

A infiltração pode ser caracterizada como a entrada de água no solo através de sua superfície. Ela pode definir quanto a água de uma chuva flui sobre o solo e quanto vai para baixo do solo, seja vertical ou horizontalmente de acordo com o solo (Libardi, 2012). Desse modo, quando a precipitação que chega na superfície da terra, vinda da atmosfera, passa a ser infiltrada e se estabelece no meio poroso e demais espaços vazios dos materiais de superfície constitui-se a chamada zona saturada ou lençol de água (Coelho, 1994), como evidenciado na **Figura 1**.



Figura 1: Esquema evidenciando a precipitação e as zonas saturadas e não saturadas do solo.

Fonte: Busarello et al. (2013).

Uma vez infiltradas, as águas começam a percolar pela zona vadosa ou de aeração, podendo atingir a zona de saturação. A percolação de água nestas zonas representa o fluxo saturado e o fluxo não saturado, respectivamente. As taxas de infiltração e de percolação pelos horizontes superficiais do perfil do solo dependem das condições de fluxo. O fluxo por sua vez é dependente das propriedades do meio, favorecendo ou dificultando sua passagem (Benson, *et* al., 1994).

Quando a chuva se infiltra nas encostas, o conteúdo de água e o nível do lençol freático (ou superfície freática) variam de acordo. Como consequência, há uma modificação nas tensões de resistência in situ desestabilizando toda a encosta (Wayllace *et* al., 2019).

Os deslizamentos ocorridos em Caraguatatuba, **Figura 2** no verão de 1967, por exemplo, sugerem que quando há sinergia entre elevados índices de

pluviosidade, terrenos de alta declividade, existência prévias de planos de fraturas e falhas sub-superficiais podem desencadear desastres de grandes proporções (Araki, 2007).

Figura 2: Destruição ocorrida durante os deslizamentos da Serra do Mar em 1967





A região da Serra do Mar, devido suas características geomorfológicas, climáticas e o avanço da urbanização descontrolada, continua sendo uma região favorável a ocorrência desses tipos de evento, configurando como uma das regiões com mais episódios de deslizamentos e corridas de massa do Brasil (Macedo & Sandre 2022; Cabral & Reis 2016).

Segundo Cruz (1974), do ponto de vista meteorológico os eventos Serra do Mar estão relacionados a perturbações atmosféricas, ocorridas em diversos níveis e relacionadas a sistemas frontais, que, somadas às condensações orográficas características do relevo da região, geram elevados índices pluviométricos, provocando o completo encharcamento do solo e, consequentemente, o deslizamento das encostas.

Nesse sentido é importante conhecer a distribuição da precipitação numa determinada bacia e estabelecer indicadores meteorológicos históricos e geográficos principalmente no que tange a intensidade e duração dessas chuvas (Gariano & Guzzetti 2016).

Diversos sistemas atmosféricos que atuam em distintas escalas espaciais e temporais contribuem para episódios extremos de tempo e de clima que podem resultar em chuvas intensas (Oliva, 2019).

3.2 Sistemas meteorológicos e de circulação atmosférica

A atmosfera terrestre encontra-se em constante dinamismo que ocorre em resposta aos movimentos em diversas escalas espaciais e temporais. Os sistemas de circulação são acompanhados por padrões e tipos característicos de tempo, muitas vezes vinculadas a perturbações atmosféricas e meteorológicas, sistemas como as frentes e massas de ar, ciclones, anticiclones, faixas ou linhas de instabilidade, monções, tempestades e zonas de convergência (Ayoade,1996).

O fenômeno chamado *El* Niño é descrito como um aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial. Atualmente, as anomalias do sistema climático representam uma alteração do sistema oceano-atmosfera e causam consequências no tempo e no clima em todo o planeta. Como consequência do aquecimento do oceano e do enfraquecimento dos ventos, começam a ser observadas mudanças na circulação atmosférica e nos padrões de transporte de umidade, e consequentemente, variações nas distribuições da precipitação em regiões tropicais e de latitudes médias e altas (Souza, 2016).

Fernandez (2018) analisou a relação entre deslizamentos e os fenômenos de *El* Niño e *La* Niña, entre 1993 e 2016, e reportou que a temporada com maior número registrado de desastres na cidade de São de Bernardo do Campo-São Paulo, ocorreu sob a influência de El Niño, entre os períodos de 2004-2005 e 2009-2010 **Figura 3.** Foram observados 8 períodos de El Niño (pontos em vermelho, com 246 ocorrências (59,3%), 6 períodos neutros, somando 60 ocorrências (14,4%) e 9 períodos de La niña (pontos em azul na **Figura 3**, com 109 escorregamentos (26,3%).



Figura 3: Deslizamentos de terra e intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña em São Bernardo do Campo, SP.

Fonte: Fernandez et al. (2018).

Os sistemas frontais, por exemplo, causam variações na distribuição de precipitação e temperatura em quase todo o Brasil. Correspondem a uma zona de transição entre duas massas de diferentes densidades e temperaturas, causando uma grande mudança nas variáveis meteorológicas. Um sistema frontal clássico é composto por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície (Ferreira, 2016).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um importante sistema meteorológico atuante na América do Sul no verão austral e que marca a estação chuvosa devido aos períodos associados de intensa precipitação. Essa zona é caracterizada por uma banda de nebulosidade orientada noroeste-sudeste, atuando desde o sul da região Amazônica até sudoeste do Atlântico Sul, (**Figura 4**), passando pelas regiões centro-oeste e sudeste do Brasil. Geralmente tem uma duração mínima de 4 dias, conforme descrito em alguns estudos (Nóbile, 2010, Pesquero *et* al., 2010; Ferreira *et* al., 2004) podendo persistir por 10 dias ou mais.

Figura 4: Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) vista a partir de imagem de satélite Goes-13 em Janeiro de 2018.

Fonte: Imagem IR GÓES-13 colorida. Disponível em: http://www.cptec.inpe.br. Acesso em: 25 ago 2023

A associação entre este evento natural e as intervenções humanas é um fator importante para a ocorrência de impactos sociais e ambientais, como inundações repentinas, e deslizamentos de terra. Segundo Da Fonseca & Cataldi (2021) a probabilidade média de ocorrência de desastre, associada a presença de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na região Sudeste do Brasil, é de 24%, o que evidencia, segundo os autores a vulnerabilidade do sudeste brasileiro em relação às chuvas intensas ou persistentes típicas do fenômeno de ZCAS.

Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) por sua vez são responsáveis por grande parte do volume de precipitação na região tropical e em

várias localidades situadas em latitudes médias durante o período mais quente do ano. A convecção apresenta uma característica marcante que é a sua organização em diversas escalas espaciais, onde é possível observar desde células isoladas até grandes aglomerados convectivos como evidenciados na **Figura 5**. Esses sistemas podem ainda possuir milhares de quilômetros com ciclos de vida na ordem de dias e formados por diferentes tipos de nuvens (Silva Dias *et* al., 2009).

As células convectivas são conhecidas também como chuvas de verão, ocorrendo em várias regiões do Brasil. A Precipitação convectiva é causada pelo movimento de massas de ar mais quentes que sobem e condensam, principalmente devido à diferença de temperatura nas camadas próximas da atmosfera terrestre. Geralmente são de curta duração, porém de alta intensidade e abrangem pequenas áreas (Silva, 2014).



Figura 5: Sistema convectivo de mesoescala sobre os trópicos.

Fonte: Lin *et* al., 2022.

3.3 Precipitações máximas e eventos extremos

Nos últimos anos, o Brasil tem sido palco de desastres envolvendo precipitações extremas como os citados eventos do verão de 2023 na Serra do mar com dezenas de vítimas e centenas de famílias desabrigadas e desalojadas **Figura 6** (Davies, 2023).

Em fevereiro de 2022, na cidade de Petrópolis-RJ, houve outro grande evento de precipitação, sendo registrados 223 mm em 4 horas, resultando no maior evento registrado em Petrópolis, desde 1932. O desastre ceifou a vida de mais de duzentas pessoas e inúmeras famílias desabrigadas e abrangeu todas as bacias contribuintes aos canais no centro histórico de Petrópolis (Ribeiro *et* al., 2023).

Figura 6: Desastres relacionados a extremos pluviométricos nos últimos 2 anos do Brasil: Morro da Oficina Petrópolis/RJ, em fevereiro de 2022 (a e b) Litoral norte de São Paulo, em fevereiro de 2023 (c e d).



Fonte: Davies, 2023

De acordo com Gimeno *et* al., (2022) o estudo destes eventos é, portanto, um tema chave na investigação climática, dos seus impactos e da nossa adaptação a eles. Do ponto de vista meteorológico, as principais questões estão relacionadas com a definição de eventos extremos, as mudanças na sua distribuição e intensidade, tanto a nível global como regional, a dependência de fenômenos de grande escala, incluindo o papel do transporte de umidade, e as mudanças no seu comportamento nos últimos anos.

A análise dos registros de eventos extremos permite realizar uma importante delimitação temporal. Duarte *et* al., (2021), em seus estudos na capital sergipana de característica tropical úmida, observaram que os eventos pluviais extremos ocorrem periodicamente, no outono e no inverno, em todos os anos da série histórica, com uma delimitação temporal para os meses de abril e maio como os períodos de maior concentração destes eventos, com cerca de 40% como evidenciado na **Figura 7.**





Fonte: Duarte et. (2021).

Compreender as características das chuvas intensas, as escalas temporais e espaciais e estimar o período de retorno associado com sua ocorrência é crucial. Também é importante conhecer a inter-relação entre esses eventos, as dinâmicas terrestres e hidroclimáticas dos processos atmosféricos (Seebocus et *al.*, 2021).

3.4 Deslizamentos de terra: Geodinâmica e análise espacial

Faz-se necessário uma análise interdisciplinar dos deslizamentos de terra, uma vez que estes eventos são fortemente influenciados pelas condições de uso ocupação da terra, desigualdades socio-espaciais e fatores geodinâmicos (Lu *et* al., 2015; Penna, 2014; Westen *et* al., 2008).

Desde a formação da Terra, há bilhões de anos atrás, seus eventos geológicos tanto catastróficos quanto contínuos estão formando e destruindo paisagens naturais. Segundo Carneiro (2009) todos os materiais que compõe a Terra tanto da superfície como do interior, passam por transformações, lentas ou rápidas.

A evolução do ser humano, o desenvolvimento da agricultura e o início da Revolução Industrial levaram a um explosivo crescimento populacional, que passaram a alterar profundamente a face do planeta. Segundo Artaxo (2014) a partir de 1950, as interferências humanas nos ecossistemas terrestres cresceram exponencialmente.

Segundo Nunes (2015) esse novo espaço criado pelo ser humano, que se opera em escala mundial, contribui para o advento dos desastres naturais. Em outras palavras segundo o autor, os desastres naturais são componentes da história da Terra, entretanto, contemporaneamente, a urbanização e a globalização têm acelerado e ampliado seus registros.

Segundo Licco (2013), quanto ao conceito de desastre natural, é importante salientar que para que um fenômeno natural constitua um risco de desastre, deve haver a presença de uma população exposta, com um certo grau de vulnerabilidade.

Segundo os dados da CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE, 2012), no Brasil os principais desastres naturais geológicos se relacionam com quedas, tombamentos e rolamento de materiais rochosos, deslizamentos de terra, corridas de massa (fluxos de detritos), subsidências e colapsos. Quanto as erosões são consideradas as costeiras, as de margem fluvial e as erosões continentais, caracterizadas por ravinas voçorocas e erosão laminar *Figura 8*.



Figura 8: Principais desastres naturais geológicos no Brasil.

Os deslizamentos de terra são os desastres que mais causam vítimas fatais no Brasil. De 1988 a 2022, 4146 pessoas foram vitimadas em 16 estados, 269 municípios e em 959 eventos, Macedo & Sandre (2022). Na **Figura 9** evidencia-se distribuição de óbitos e desastres catastróficos associados a deslizamentos de terra entre 1988 e junho de 2022.



Figura 9: Distribuição de mortes por deslizamentos de terra entre 1988 e junho 2022.

Fonte: Macedo & Sandre (2022).

Deslizamento de terra é um fenômeno provocado pelo escorregamento de materiais sólidos, como solos, rochas, vegetação e/ou material de construção ao longo de terrenos inclinados, denominados encostas, pendentes ou escarpas. Caracteriza-se por movimentos gravitacionais de massa que ocorrem de forma rápida, cuja superfície de ruptura é nitidamente definida por limites laterais e profundos, bem caracterizados. Em função da existência de planos de fraqueza nos horizontes movimentados, que condicionam a formação das superfícies de ruptura, no qual a geometria desses movimentos é definida, assumindo a forma de cunha, planar ou circular (CIVIL, 2009).

Em outras palavras, o termo "deslizamento de terra" descreve uma ampla variedade de processos que resultam na descida e movimento de materiais formadores de encostas, incluindo rocha, solo, preenchimento artificial ou uma combinação destes. Os materiais podem se mover caindo, tombando, deslizando, espalhando ou fluindo (Highland & Bobrowsky, 2008). Um deslizamento de terra é um sistema físico que se desenvolve no tempo através de vários estágios (Leroueil *et* al., 2014; Leroueil *et* al., 1996; Skempton e Hutchinson 1969; Terzaghi, 1950). Na **Figura 10** evidencia-se os diferentes estágios de deslizamentos de terra, considerando a velocidade de deslocamento numa encosta ao longo do tempo, compreendendo deformações pré-falha, a própria falha e deslocamentos pós-falha.

Figura 10: Diferentes estágios de deslocamento de uma encosta ao longo do tempo.



Fonte: Leroueil et al. (2014).

De acordo com Leroueil *et* al., (2014) a fase de pré-ruptura pode ser caracterizada quando a massa do solo está essencialmente intacta e contínua, mas inicia-se progressivamente mudanças da resistência da encosta. A fase de ruptura por sua vez envolve a formação de uma superfície de cisalhamento por toda a encosta, porém é na fase pós-rompimento que inclui o movimento dos materiais que compõe a encosta até que ele essencialmente pare.

O comportamento do material deslizante depende principalmente da redistribuição da energia potencial disponível na fase de ruptura em energia de atrito, energia de desagregação e energia cinética. Além disso, pode ocorrer a fase da reativação quando o material desliza ao longo das superfícies de ruptura de deslizamento pré-existentes (Leroueil *et* al., 1996).

Mendes e Valério (2015) em estudos de monitoramento de encostas de municípios do estado de São Paulo (Ubatuba, Campos do Jordão e São José dos Campos) constaram a ocorrência predominante de deslizamentos superficiais com profundidade de ruptura menor que dois metros. Os autores identificaram ainda 3 tipos de rupturas, que podem ser divididos em rupturas em encostas naturais (Tipo A), rupturas de taludes de corte (Tipo B) e as rupturas que ocorrem na base dos aterros de lançamento (Tipo C) conforme apresentado na **Figura 11.**



Figura 11: Principais tipos de ruptura em encostas urbanas.

Fonte: Mendes e Valério Filho (2015).

Os estudos sobre os deslizamentos visam compreender as condições deflagradoras desses eventos, numa perspectiva de mitigação para evitar consequências com vítimas e perdas econômicas. Um dos primeiros passos na análise de deslizamentos é a construção de inventários de deslizamentos (Dias *et* al., 2021).

Segundo Guzzetti *et* al., (2012) a preparação de inventários abordados em mapas de diferentes escalas é importante para documentar a extensão dos fenômenos de deslizamentos de terra em uma região, para investigar a distribuição, tipos, padrão, recorrência e estatísticas das rupturas em encostas, para determinar ainda a susceptibilidade a vulnerabilidade e o risco de novos deslizamentos a fim de documentar a extensão do deslizamento em áreas que variam de pequenas a grandes bacias hidrográficas.

3.5 Hidrodinâmica e a instabilidade das encostas

É incontestável a importância da atuação da água como agente condicionante e deflagrador dos vários processos de instabilização de encostas, ocasionados pelos modos de atuação da água nas encostas devido ao fluxo d'água em solos e rochas. Nos solos o fluxo d'água provoca o surgimento de forças de percolação, elevação das poro-pressões, erosão interna (piping) e saturação com diminuição da coesão aparente (Pinheiro, 2000).

O movimento de uma encosta é deflagrado quando as tensões cisalhantes mobilizadas se igualam à resistência ao cisalhamento do material que a compõe. Esta situação pode ocorrer com o aumento das tensões cisalhantes mobilizadas ou com a redução da resistência ao cisalhamento (Varnes, 1978).

Todavia, a saturação de água é a principal causa dos deslizamentos de terra. Segundo Blyth & Freitas (2005) o movimento das águas pode afetar a estabilidade das encostas das seguintes maneiras, alterando a tensão efetiva, e, portanto, a resistência ao cisalhamento; gerando forças de infiltração em direção à face do talude desestabilizando a encosta; operando como agente de intemperismo e erosão dos materiais que compõem a encosta.

Apesar dos fatores condicionantes no interior do solo e na encosta para a geração de zonas saturadas suspensas e de fluxos subsuperficiais, tais fenômenos são sempre mais ativos em períodos chuvosos e podem se desenvolver, segundo Kirkby (1978), em profundidades diferentes dependendo da distribuição da intensidade da chuva em um determinado local.

Patton e Hendron Jr. (1974) propõem um modelo de fluxo de água na área de descarga, na base das encostas, após um evento chuvoso e consequentemente de um aumento da saturação. Estes mesmos autores apresentam uma comparação do fluxo d'água em encostas antes e depois de um escorregamento **Figura 12**.



Figura 12: Modelo de rede de fluxo antes e depois de um escorregamento.

Fonte: (Patton e Hedron Jr., 1974).

Nesse sentido o monitoramento é muito importante para compreender a influência das águas nos deslocamentos superficiais e profundos bem como as pressões e cargas atuantes in situ. Para o desenvolvimento desse tipo de atividade utiliza-se instrumentações como os extensômetros, os inclinômetros, piezômetros, os indicadores de nível d'água e as células de carga (Rocha, 2014).

De acordo com Machan & Beckstrand (2012) o monitoramento também ajuda a obter os dados necessários para análises de taludes e projetos estratégicos, conhecimento in-situ sobre parâmetros de estabilidade e construção e informações sobre a condição atual das encostas que estão em risco potencial.

Apesar do monitoramento in situ ter uma eficácia no conhecimento das condições de estabilidade das encostas, há algumas limitações. De acordo com Hughes *et* al., (2016), mesmo os mais recentes sistemas de monitoramento são fortemente dependentes de sensores pontuais, que podem ser de difícil interpretação para uma análise completa de toda uma encosta. Além disso, segundo os autores esse tipo de monitoramento direto possui altas demandas de recursos materiais e humanos.

Discutindo os relacionamentos entre as condições climáticas e a natureza e a frequência de deslizamentos de terra, Leroueil (2001) destacou que um dos maiores desafios é estabelecer relacionamentos entre condições hidrológicas e condições dinâmicas de poropressões, resistência, fatores de segurança e taxas de movimento.

3.6 Limiares críticos de pluviosidade como ferramenta de gestão de riscos a deslizamentos

Apesar dos recentes avanços no monitoramento, os desastres relacionados a deslizamentos de terra, em paralelo com uma maior urbanização e com as mudanças climáticas, continuam a aumentar (Haque, 2019; Hernandez, 2017; Alcântara *et* al., 2015).

Independentemente dos investimentos em soluções de engenharia, o aumento da frequência, magnitude e extensão territorial dos desastres causados por deslizamentos de terra sugere que a redução do risco requer não apenas ações estruturais, mas também medidas não estruturais para redução da vulnerabilidade (Gonzalez *et* al., 2024).

Nesse cenário surge a necessidade de elaboração de estudos e levantamentos que tenham como intuito traçar correlações e diretrizes entre os principais fatores que desencadearam a ocorrência de um dado desastre. No caso de deslizamentos de terra, o foco dessas investigações geralmente é em determinar os limites quantitativos de precipitação que foi atingida ou excedida durante o evento (Zhang *et* al. 2023; Guzzetti 2007; Caine, 1980).

De acordo com Guzzetti (2007), os fatores espaciais influenciam muito no limite de precipitação em relação à área de estudo e seleção de pluviômetros. O escopo da área investigada para o limiar de precipitação é vasto, podendo abranger desde uma menor região até todo o globo.

No Brasil um dos primeiros registros de correlações entre aspectos geológicos e pluviometria foram elaborados durante a conhecida tragédia de Santos no Estado de São Paulo no ano de 1956. Em março deste ano uma série de escorregamentos ocorreu no local nos morros da cidade. Segundo Pichler (1957), nessa data houve uma chuva de grande intensidade, registrando para um período de 10 horas uma precipitação de 250 mm. Somente nos morros de Santos, nesse período, foram registrados 65 escorregamentos, mas muitos outros nos morros das cidades vizinhas, com dezenas de vítimas e centenas de
residências destruídas. A **Figura 13** apresenta o bairro Santa Terezinha em Santos logo após a catástrofe de março de 1956.





Fonte: Pichler (1957).

Seguindo a temática, outros estudos precursores no país, foram as análises elaboradas por pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas -IPT, Guidicini & Iwasa, compilados e publicados entre 1976 e 1977. Nessa pesquisa os autores avaliaram registros de precipitação de nove regiões do Brasil que foram palco de catástrofes em épocas de chuvas intensas, sendo de importante utilização para os órgãos governamentais a fim de compor elementos de alerta (Guidicini & Iwasa 1977).

No **Quadro 1** é possível visualizar informações de alguns estudos realizados no país nas últimas décadas com limiares críticos incluindo o período e o quantitativo histórico de anos. O quadro ainda evidencia a localização das respectivas bacias hidrográficas e quantidade de chuvas para cada recorte temporal estabelecido por diferentes estudos nos últimos 30 anos.

Quadro 1: Histórico de limiares críticos de pluviosidade para ocorrência de deslizamentos de terra em diferentes regiões do Brasil.

Localização	Bacias hidrográficas	Limiar crítico	Referência		
Salvador-BA	Região Hidrográfica VII Reconcavo Norte e Inhambupe	0-150mm/96 horas	Elbachá <i>et al.</i> (1992)		
Petropolis-RJ	Região Hidrográfica IV Rio Piabanha	40mm/96h - Deslizamentos isolados 90mm/96h -Deslizamentos de maior extensão 150mm/96h- Eventos catastróficos	Almeida <i>et al.</i> (1993)		
Belo Horizonte-MG	Região São Francisco (SF-5) Rio das Velhas (Ribeirão Arrrudas,Onça e Borges)	30mm/24h e 50mm/48h	Xavier (1996)		
Serra do Mar - SP	Região Hidrográfica III - Litoral Norte	120mm/72horas	Macedo et al. 1999		
Rio de Janeiro -RJ	Região Hidrográfica V - Baía de Guanabara	99,6 mm/96h	Feijó et al. 2001		
Vitória -ES	Região Hidrográfica VI- Santa Maria de Vitória	86,7mm/96h	Salaroli (2003)		
Ouro Preto- MG	Região São Francisco (SF-5) Rio das Velhas e Rio Doce (DO-01)	129,0mm/5dias & 55,0mm/24h	Castro, 2006		
João Pessoa- PB	Região do Rio Paraíba	150,0 mm /7 dias & 50,0 mm/24h	Soares, 2015		
Ipojuca-PE	Região do Rio Ipojuca	53mm/24 h	Duarte, 2015		
Maceió-AL	Região Hidrográfica VII -Rio Pratagy	40mm/24h a 100mm/48h	de Lima Santos et al, 2019		
Santos-SP	Bacia Hidrográfica da Baixada Santista	83,2mm/72h Deslizamentos ocasionais 126,99mm/72h Deslizamentos múltiplos 226,52mm/72h Deslizamentos extremos	Cemaden, 2020		

Fonte: Próprio autor

Os estudos citados no **Quadro 1** além da variação espacial, geográfica, climática e hidrográfica possuem uma diversidade associada a um recorte temporal das séries chuvosas. Em Ouro Preto, Castro (2006) analisou um período de 16 anos, entre 1988 a 2004, e identificou o limiar de 55 mm acumulados em 24h.

Santos (2019), em Maceió-AL, utilizou a série de 9 anos entre 2005 a 2014. Tal variação (diferença entre quantidade de anos do período amostral) pode estar associada à disponibilidade dos dados de registro sobre as ocorrências dos desastres e dos eventos chuvosos deflagradores. Essa disponibilidade, por sua vez, pode estar vinculada a capacidade técnica e organizacional das instituições e entidades públicas do território, a dinâmica do adensamento populacional urbano ou a própria evolução do uso e ocupação da terra.

Quanto à tipologia dos eventos de deslizamentos, algumas pesquisas atribuíram diferentes valores de limiares críticos considerando a concentração, a quantidade e a intensidade desses deslizamentos, como foi o caso de Almeida *et* al., (1993) em Petrópolis/RJ e os boletins técnicos elaborados pela equipe do CEMADEN para a baixada santista (Cemaden, 2020). Entretanto, a maioria não estabeleceu critérios quanto à tipificação dos deslizamentos.

O conceito de limiar de precipitação também foi introduzido por Caine (1980). O conceito apresentado por Caine (1980) foi baseado nos reconhecimentos de Campbell (1975) quando este estudou a relação entre chuvas de alta intensidade no desencadeamento de deslizamentos rasos e por Starkel (1979) que teorizou uma precipitação que foi uma combinação de intensidade e duração de chuva. Idealmente, o conceito de limiar de precipitação apresentado é uma curva que isola a intensidade da chuva entre a zona de falha (deslizamento) e a zona de estabilidade.

Nesse sentido, Guzzetti *et* al., (2007) a fim de melhor caracterizar as condições prévias dos eventos chuvosos que precedem os deslizamentos classificaram alguns tipos de limites de precipitação existentes, de acordo com os parâmetros avaliados, como Intensidade-Duração da Chuva (I-D), Evento-Duração (E-D), Precipitação Cumulativa (R) e Cumulativa de Evento de Chuva - Intensidade de Chuva (E-I).

Os limites de intensidade-duração da precipitação (ID) são amplamente aplicados em sistemas de alerta. Em geral, esses tipos de limites são baseados na análise das variáveis dinâmicas da precipitação (análise horária) e da ocorrência de deslizamentos de terra e exigem um significativo inventário espaço-temporal de deslizamentos e dados de precipitação de alta qualidade temporal (Bogaard & Greco 2018). Embora muitos métodos diferentes tenham sido propostos, a forma geral da relação entre intensidade e duração da chuva é dado de acordo a **equação 01.**

I = αD

Equação 01

Nessa equação representada por uma função potência, I é a intensidade (média) da chuva (mm/hora), D é a duração da chuva (hora), enquanto $\alpha \in \beta$ são parâmetros da equação, onde α é uma constante de escala (interceptação) e β é o parâmetro de forma (inclinação) (Maturidi *et* al., 2021; Chen *et* al., 2015; Guzetti *et* al. 2008).

Nesse sentido, a construção do limiar envolve o limite de duração da intensidade da chuva (I-D) aplicando a lei de potência para regressão de melhor ajuste. O respectivo limite pode ser realizado em um gráfico de escala logarítmica, na qual a intensidade da chuva representa a abscissa e a duração da precipitação está sujeita ao eixo das ordenadas, e ambos os parâmetros são apresentados em um gráfico de dispersão (Napolitano *et* al., 2016).

Stabile *et* al., (2022), utilizando dados de intensidade e duração dos eventos de chuva e de deslizamentos em Jaraguá do Sul, construíram gráficos em escala logarítmica com limites inferiores aos dados coletados. Foram elaborados dois limiares para a localidade, um para eventos com pelo menos um deslizamento (Limiar A) e outro para eventos com dez ou mais deslizamentos (Limiar B) **Figura 14**.



Figura 14: Gráfico log-log com a intensidade (eixo vertical) e duração (eixo horizontal) dos eventos de chuva com deslizamento(s) e os limiares A e B.

Fonte: Stabile et al., 2022

De acordo com os autores estes limiares delimitam eventos com duração 1,83< D< 105,33 (horas) e intensidade I variando entre 1,88 e 41,08 mm/h. O Limiar A representado pela equação $I = 36,456D^{-0,76}$ (1,83 < D < 105,3) abrange quaisquer ocorrências de deslizamento, enquanto o Limiar B da equação $I = 64,816D^{-0,76}$ (1,83 < D < 105,3) delimita os eventos de precipitação capazes de deflagrar dez ou mais deslizamentos.

Tatizana *et* al., (1987), incorporaram o conceito de limites críticos para a realidade brasileira, especificamente para a região de Cubatão-SP. O método se baseou no levantamento de dados de deslizamentos e chuvas acumuladas e horárias para um período de mais de 30 anos. Esses autores obtiveram uma curva que correlaciona os registros de deslizamentos com a precipitação acumulada (em mm), para um período de 84 horas, e com a intensidade da precipitação (mm/h), conforme apresentado na **Figura 15**.



Figura 15: Limiares críticos de chuva para deslizamentos em encostas no Estado de São Paulo.

Fonte: Santoro et al. (2010).

De acordo ainda com Santoro *et* al., (2010) tanto a intensidade da chuva quanto a precipitação acumulada, são fatores fundamentais na geração de eventos de escorregamentos, e dependem diretamente do histórico e da trajetória de umidade no terreno, nos dias que antecedem os deslizamentos.

O papel da precipitação acumulada é significativo, porque este parâmetro poderia ilustrar o impacto das chuvas anteriores, ou seja, seria possível inferir a precipitação acumulada que poderia saturar as sub-superfícies dos materiais da encosta dentro de um intervalo específico, que eventualmente desencadearia o deslizamento (Maturidi *et* al., 2021).

Valenzuela *et* al., (2019) propuseram uma equação linear para eventos de chuvas acumuladas ED limite no desenvolvimento do limite ED, como mencionada na **equação 02:**

$$E + \alpha D = C$$
 Equação 02

Onde o evento de chuva acumulada E é medido em (mm), e o período de chuva, D é expresso em (hora) ou (dia), enquanto α e C são os valores de inclinação e interceptação y que atendem à relação linear. Posteriormente foram avaliadas a existência de limites e comportamentos dos eventos chuvosos referentes aos deslizamentos que possuem registro.

Nesse sentido, na atual pesquisa foram correlacionadas a intensidade de chuva diária e chuvas acumuladas, a fim de inferir também possíveis equações representativas dos respectivos limiares críticos de precipitação acumulada, considerando as chuvas das últimas 24 horas, mas também entre as de 48, 72, 96 horas bem como a dos últimos dias (7, 12 e 20 dias) referentes aos eventos chuvosos antecedentes as ocorrências de deslizamentos entre os anos 1996 e 2022. Tais limites consideraram que quando há um aumento da saturação do solo associada a chuva acumulada, menores intensidades de chuvas serão necessários para deflagrar novos deslizamentos, como descrito por Fernandez (2018) e Guo *et* al., (2022).

3.7 Sistemas de Alerta

Um Sistema de Alerta pode ser definido como um conjunto de capacidades necessárias para gerar e disseminar informações de alerta oportunas e significativas sobre os possíveis eventos extremos ou desastres que ameaçam a vida das pessoas. O objetivo desta informação é permitir indivíduos, comunidades e organizações ameaçados de preparar e agir adequadamente e em tempo suficiente para reduzir a possibilidade de dano, perda ou risco (Kelman *et* al., 2014).

Os sistemas de alerta têm como principal objetivo antecipar e informar populações vulneráveis quanto à possibilidade de ocorrências de desastres num dado espaço de tempo (Andrade, 2006).

Com o aumento de populações expostas à desastres com magnitudes cada vez mais crescentes é imprescindível reforçar ainda mais a preparação para catástrofes e resposta, incluindo os chamados sistemas de alerta (UNISDR 2015). Nesse sentido tornam-se importantes para mobilizar gestores públicos e cidadãos a atuarem preventivamente a fim de reduzir os riscos existentes e demonstrarem sua capacidade de resposta para diminuírem danos humanos, ambientais e prejuízos materiais (Marchezini, 2020). Na **Figura 16** é possível visualizar os principais eixos que compõe um sistema de alerta.



Figura 16: Eixos principais de um sistema de alerta de risco de desastres

Fonte: Adaptado de UNISDR, 2017

Em outras palavras, esses sistemas visam integrar estudos de detecção de eventos que possam causar desastres (Conhecimento do risco), gerir as informações sobre riscos e perigos (monitoramento do risco) de uma dado local, comunicar ao público sobre a possibilidade desses eventos em um futuro próximo, além de auxiliar as equipes multidisciplinares de resposta de órgãos públicos como as coordenadorias de proteção e defesa civil. Esses elementos chaves devem estar integrados de forma sistemática. O conhecimento do risco por exemplo deve ser realizado através da coleta de dados e da avaliação de diferentes frentes de trabalho e equipes multidisciplinares. No caso de deslizamentos de terra, estudos de susceptibilidades com metodologias que envolvam informações geológicas, geomorfológicas e climatológicas são fundamentais (Mansourian *et* al., 2006).

De acordo com Santos *et* al., (2018), o monitoramento, por sua vez deve buscar a identificação em tempo real das condições das áreas vulneráveis com possibilidade de ocorrência eventos deflagradores de desastres, auxiliando na previsão de ameaças e suas possíveis consequências.

A comunicação e divulgação do risco de desatres através de fontes oficiais, em mensagens validadas por autoridades competentes se fundamenta em um tripé geral da comunicação pública: as mediações, as relações entre interlocutores públicos e a participação social para tomadas decisão, utilizando dispositivos como mídias, telefones, televisão, rádios, plataformas digitais, redes sociais, audiências públicas, reuniões presenciais de bairro, etc (Quinteros, 2023).

A capacidade de Resposta perpassa pela preparação de órgãos públicos e da sociedade de forma geral a fim realizar medidas emergenciais, como prestação de socorro e à assistência da população atingida e ao retorno dos serviços essenciais (Brasil, 2017).

Para o desenvolvimento de um sistema de alerta é importante encontrar o mecanismo desencadeador do desastre. Para os deslizamentos de terra por exemplo, um dos principais mecanismos desencadeadores são os parâmetros de pluviosidade associado ao excesso de chuva.

Com a identificação dos limiares críticos de pluviosidade o intuito é que seja possível obter fundamentações para o alerta antecipado de risco de desastres envolvendo deslizamentos de terra, assim como dar subsídio ao fortalecimento do território da bacia do Ribeirão do Peixe, das comunidades e da bacia hidrográfica que aqui se insere.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 A bacia do Ribeirão do Peixe

A região hidrográfica do Rio do Peixe, localizada nos limites do setor urbano do município de Itabira, é denominada de "Ribeirão do Peixe", que corresponde a área de estudo desta pesquisa, possuindo uma densa rede de drenagem. A bacia do **Figura 17** localiza-se no leste do estado de Minas Gerais, e está inserida no Complexo Itabira, na extremidade nordeste do Quadrilátero Ferrífero, afluente do Rio Piracicaba pertencente a bacia hidrográfica do rio Doce (Nascimento, 2016).





Fonte: Próprio autor (Adaptado de Nascimento (2016).

Nesse estudo foram consideradas ainda as microbacias hidrográficas do Ribeirão do Peixe como unidade geográfica de planejamento. Além de possuir limites bem definidos, as análises considerando as micro-bacias possibilitam relações de causa e efeito entre atividades humanas e seus respectivos impactos in situ (Attanasio, 2004). Na **Figura 18** é possível visualizar as respectivas áreas em escala de microbacias e a localização das estações pluviométricas utilizadas no estudo.



Figura 18: Ribeirão do Peixe e as microbacias da área de estudo.

Fonte da imagem: Próprio Autor. Fonte de dados: SGEO – Recursos Hídricos 2014.

Importante salientar que a rede de drenagem natural do Ribeirão foi descaracterizada na área urbana, em consequência da canalização de alguns cursos d'água. Localmente, há a presença de canais de retificação e em alguns trechos à montante foram construídos diques na formação de barragens de rejeitos minerários (Andrade, 2012). Na **Figura 19** é possível visualizar alguns trechos dos cursos d'água correspondentes a bacia do Ribeirão do Peixe

Figura 19: Vista geral de alguns cursos d'água da bacia do Ribeirão do Peixe **a)** Córrego Conceição (maio de 2023) o **b)** Canal próximo a confluência do Córrego Abóboras e o Ribeirão do Peixe (Julho de 2023); **c)** Ribeirão do Peixe com presença de ocupações irregulares (Janeiro de 2023) **d)** Córrego dos Doze com voçorocas (Janeiro de 2023).



Fonte: Próprio Autor

4.2 Histórico de uso e ocupação da terra

A ocupação da bacia, antes habitada por indígenas Cataguases e povos "Botocudos" do Rio Doce, se deu a partir do século XVIII, pela exploração de ouro de aluvião em alguns córregos e afluentes. Junto com a mineração de aluvião se desenvolveu a plantação de roças e a criação de gado para suprir necessidades locais. Esgotado o ouro de aluvião, descobrem-se ouro nas encostas da Serra do Cauê, próximos às nascentes do Ribeirão de Peixe em cascalhos associados a cangas e itabiritos auríferos, com desenvolvimentos subterrâneos (Coelho, 2011; Martins, 2006; Dângelo, 2002).

A partir do século XIX com o grande volume de minério de ferro presente são inaugurados diversos empreendimentos de pequeno porte para a produção de peças em ferro metálico, entre oficinas forjas e fundições. Nessa época é de se destacar a produção fabril e de manufaturas que impulsionaram o crescimento da ocupação urbana na bacia (Ferreira, 2019; Magalhães,2006).

Já no início século XX, com a inserção do Brasil no capitalismo monopolista industrial e a evolução do conhecimento geológico da região por pesquisas realizadas pela escola de Minas de Ouro Preto e o recém criado Serviço Geológico Mineralógico Brasileiro (SGMB) é inaugurada a especulação das grandes reservas de minério de Ferro da região para fim de exportação.

Nesse contexto, é fundada a Itabira Iron, uma empresa de capital Inglês focada na produção de minério para fornecimento dos mercados europeus. A empresa atuou da década de 10 até meados da década de 40, quando há estatização das reservas de ferro e da Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) (Martins, 2006).

Na segunda metade do século XX, a urbanização puxada pelo desenvolvimento industrial da produção de minério de ferro tornou-se o principal tipo de ocupação do Ribeirão de Peixe. Como citado, muitos cursos d'água foram canalizados ou deram lugar a barramentos, diques ou outras estruturas de contenção de água e sedimentos pela atividade mineral. A **Figura 20** apresenta o mapa de uso e ocupação no ano de 2020 da bacia hidrográfica do ribeirão do Peixe.

Já no século XXI a bacia passou a sofrer uma série de prejuízos originados na ocupação irregular do solo, incluindo também a forte presença da atividade agrícola e os impactos diretos e indiretos da área urbana da cidade (Do Bonfim, 2013).

O uso e a ocupação da terra na região são caracterizados como agricultura, florestas, pastagem, solo exposto, urbano e corpos hídricos (lagos e represas) **Figura 20**.



Figura 20: Mapa de uso e ocupação da terra do Ribeirão do Peixe no ano de 2020.

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2020).

4.3 Arcabouço Geológico

O curso principal do Ribeirão do Peixe e alguns afluentes nascem no complexo de Serras estruturadas pelo Sinclinório de Itabira, formado pelas sinclinais Cauê, Dois Córregos e Conceição, e pelas anticlinais Chacrinha e Periquito (Endo *et* al., 1990; Melo *et* al., 1982; Barbosa, 1985). A **Figura 21** apresenta a geologia local da bacia, evidenciando as camadas litológicas.



Figura 21: Mapa geológico da Bacia do Ribeirão do Peixe.

Fonte: Adaptado de CPRM (2000).

As principais rochas são os granitos-gnaisses da suíte Borrachudos, rochas metassedimentares do grupo Itabira referente ao SuperGrupo Minas, Filitos, Xistos, rochas metavulcanosedimentares e formações ferríferas, que são responsáveis por uma importante área de extração de minério de ferro no Brasil (Uhlein e Oliveira, 2000; Endo *et al.*, 1990; Barbosa, 1985; Melo *et al.*, 1982; Barbosa e Rodrigues, 1967). No **Quadro 2** estão descritas as tipologias das rochas das respectivas unidades geológicas da bacia como mostradas na **Figura 21**.

UNIDADE GEOLÓGICA	DESCRIÇÃO					
PP1MIC_FORMAÇÃO CAUÊ	Formações ferríferas, Itabiritos, filitos e xistos					
PP1MC_GRUPO CARAÇA	Quartzo-sericita-xistos, filitos e conglomerados					
PP1_MP_GRUPO_PIRACICABA	Filitos, mica-xistos, quartzitos conglomeráticos e ferruginosos					
SUÍTE_BORRACHUDOS	Gnaisses graníticos grosseiros e metasienogranitos					
AGMVS_GUANHÃES	Xistos metapelíticos, gnaisses bandados e metagrauvacas					
AGQ_GUANHÃES	Sequência de Quartzitos					
ARNLI_NOVA LIMA	Xistos e filitos meta-vulcano-sedimentares, anfibolitos, quartzitos, formações ferríferas e rochas ultrabásicas					
AGMG_GUANHÃES	Rochas Meta-sedimentares e metagrauvacas					
Fonte: CPRM 2000						

Quadro 2: Unidades geológicas da bacia do Ribeirão do Peixe.

No ciclo geológico, as rochas constituem um produto de processos associados à astenosfera e a atmosfera. Os processos relacionados à astenosfera condicionam as propriedades básicas da própria rocha incluindo a resistência da rocha (ou seja, unidade peso, resistência à compressão, resistência ao cisalhamento, etc.). Por outro lado, o processo de superfície que envolve a interação entre a atmosfera e a litosfera é que vai desencadear os deslizamentos com consequências de desastres (Trisnawati *et* al., 2022).

Terrenos graníticos por exemplo tendem a ter resistência maior quando comparado a locais com rochas brandas sedimentares como arenitos, margas e pelitos, entretanto em regiões tropicais e úmidas, onde estão submetidas a um intenso intemperismo químico, há um aumento significativo no número de deslizamentos de terra nesses terrenos (Durgin 1977).

Isso ocorre pois nas encostas de regiões tropicais, as feições geomorfológicas provenientes da decomposição dessas rochas vão atuar como importante fator condicionante dos deslizamentos. Estas feições possuem sua origem associada a processos geológicos e geomorfológicos que atuaram no passado, e que, em muitos casos, ainda atuam hoje (Fernandes *et* al., 2001).

Nesse sentido, segundo Dantas *et* al., (2014) é importante conhecer as condicionantes litoestruturais e a influência ativa ou passiva do substrato geológico na configuração dos terrenos e do solo, numa perspectiva de associação da geologia com as formas de relevo, que originaram a toposseqüência estratigráfica dos terrenos a serem estudados **Figura 22**.

Figura 22: Toposequencias geomorfológicas e os depósitos correlatos originários em terrenos de uma bacia hidrográfica.



Dantas et al 2014

A geodiversidade do ribeirão do peixe é extraordinariamente complexa. Na bacia boa parte dos setores que exibem afloramentos rochosos se encontram nas proximidades da serra do Cauê, com as rochas do supergrupo minas aflorantes, como quartzitos, filitos e formações ferríferas. As rampas de colúvio e alúvio por sua vez se encontram nos contatos geológicos do supergrupo minas com terrenos arqueanos do complexo Guanhães (Embasamento Granitognaissico-migamtitico) por exemplo, além de xistos do supergrupo Rio das velhas. Os terraços fluviais além da contribuição das rochas citadas, exibem sedimentos de rochas da sequência meta-vulcano-sedimentares. Por fim a planície fluvial está localizada sob gnaisses arqueanos do embasamento e granito-gnaisses da Suíte Borrachudos que marca o final do curso do Ribeirão (Figura 21).

4.4 Relevo e declividade

Segundo Andrade (2012), o escarpamentos e cristas, aparecem representados pela extensa faixa de cristas e paredões, que se estendem nos contrafortes das principais serras da região, cujo predomínio está associado aos vértices das superfícies topograficamente elevadas que demarcam os limites da região central mineira do Quadrilátero Ferrífero com as áreas adjacentes.

O relevo da bacia se enquadra majoritariamente como forte ondulado, que está na faixa de 20 a 45% de declividade média, segundo a classificação realizada pela EMBRAPA (1995). O mapa de declividade com os critérios de classificação plano, suavemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado, sugeridos pela Embrapa encontra-se na **Figura 23**.



Figura 23: Mapa de Declividade da Bacia do Ribeirão de Peixe, Itabira Mg.

Fonte: Próprio autor (Modificado de INPE, 2023)

O curso principal do Ribeirão do Peixe assumiu uma drenagem SW-NE coincidindo com o sentido das estruturas e contatos geológicos como observados na **Figura 21.** Outro ponto interessante é que as maiores altitudes, acima de 1200 metros, estão próximas a serra do Cauê e correspondem a escarpas de alta declividade e relevo montanhoso como indicado na **Figura 24**.

Na sub-bacia do Ribeirão de Peixe, há uma concentração expressiva de cabeceiras de drenagens e nascentes, situadas altimetricamente entre 1000 a 1200 metros (Andrade, 2012). Muitos cursos d'água nascem na Serra do Cauê, um maciço residual constituído pelos Picos Cauê, Dois Córregos e Conceição. Esses picos são ainda considerados divisores de água como verificado na **Figura 24.**

As áreas residuais da serra do Cauê apresentam altitudes médias (em amarelo) entre 900-1050 e boa parte do médio ribeirão (750-900m) coincide com área mais urbanizada, como identificada no mapa de uso e ocupação da Figura 20. A foz, por sua vez, se encontra entre 600-750 m.

Figura 24: Mapa de Hipsometria/Altitude Bacia do Ribeirão de Peixe, Itabira Minas Gerais.



Fonte de dados: INPE (2023). Mapa: Próprio autor, 2023.

Nesse contexto, as áreas mais susceptíveis a deslizamentos geralmente são as que apresentam maior inclinação, ou seja, a vulnerabilidade aos perigos de um deslizamento se dá a grosso modo em função de sua localização vinculadas a declividade do relevo (Highland & Bobrowsky, 2008).

Entretanto em muitos estudos de áreas instáveis e susceptíveis a deslizamentos, a declividade é utilizada como o único parâmetro o que pode gerar distorções na análise, uma vez que áreas de menor declividade, podem apresentar a presença de deslizamentos, o que sugere a importância da investigação de outros fatores condicionantes (Fernandes *et* al., 2001).

4.5 Condições climáticas

Na classificação de Köppen, o clima é caracterizado pela existência de duas estações: uma seca, correspondente ao outono e inverno, que se estende de abril a setembro, e uma chuvosa, englobando a primavera e o verão, estendendo-se de outubro a março (KÖPPEN, 1931).

As temperaturas máximas ficam em torno de 34°C, mínimas de 9°C, e média anual de 22°C.Tal comportamento climático é decorrente do fato de que o relevo da área se apresenta bastante acidentado e contêm elevações altimétricas consideráveis, verificando-se em algumas áreas altos índices pluviométricos e temperaturas amenas. Como também a existência de forte radiação solar, grande variação da temperatura entre o dia e a noite, constante incidência de ventos e tempestades de raios (Dutra *et* al., 2002).

Na **Figura 25** é possível visualizar o volume de chuva médio mensal considerando a série histórica de 1976 a 2022 da estação Conceição, localizada próxima a nascente do Ribeirão do Peixe.

Figura 25: Precipitação histórica mensal média no Ribeirão de Peixe (ano hidrológico).



Fonte: Elaborado pelo autor. Fonte dos dados: Estação pluviométrica Conceição (Série histórica 1976-2022).

5. MATERAIS E MÉTODOS

As etapas metodológicas deste estudo foram divididas basicamente em três frentes de trabalho, como descrito na **Figura 26**. A primeira refere-se a uma análise da distribuição das chuvas na bacia hidrológica utilizando estações pluviométricas locais. A segunda etapa refere-se a uma pesquisa documental e de georreferenciamento realizada no acervo da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa civil de Itabira, para interpretação da distribuição dos deslizamentos no espaço e no tempo. E por último foi realizada a avaliação das precipitações diárias e acumuladas associadas aos deslizamentos para a identificação de possíveis limiares críticos.

Figura 26: Representação esquemática das etapas de trabalho desta pesquisa.



Fonte: Próprio Autor

5.1 Análise das precipitações: distribuição temporal das chuvas da bacia

Para análise das precipitações foram selecionados dados de chuvas anuais, mensais e diários a partir de 5 estações pluviométricas, localizados em diferentes pontos do Ribeirão de Peixe como exposto na **Figura 18** do item 4.1.

As estações Gabiroba, Nossa Senhora das Oliveiras e João XXIII foram instaladas a partir do ano 2013 pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden/MCTI. Já as estações Cauê e Conceição foram instituídas pelo Complexo Minerador de Itabira, a partir da década de 70 como descrito na **Tabela 1**.

Estação	Latitude	Longitude	Instituição	Dados		
Gabiroba	19°39'14.56"S	43°12'31.84"O	CEMADEN	Precipitação		
Nossa Senhora das Oliveiras	19°37'37.41"S	43°12'30.59"O	(Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres	Horária/diária (2013- 2022)		
João XXIII	19°39'13.89"S	43°13'58.53"O	Naturais)			
Cauê	19°36'21.94"S	43°13'20.73"O	CVRD (Companhia Vale do	Precipitação Diária (1987-2022)		
Conceição	19°39'3.53"S	43°17'2.81"O	Rio Doce) Complexo Itabira	Precipitação Diária (1977-2022)		

Tabela 1: Estações Pluviométricas utilizadas no estudo.

Fonte: Próprio autor

Com o objetivo de compreender a distribuição de chuvas da bacia numa escala temporal, principalmente em relação os eventos chuvosos deflagradores de deslizamentos, foram realizadas análises da série anual da estação conceição e o índice de precipitação máxima acumulada em cinco dias consecutivos (Rx5day). Para essa última análise utilizada a estação com a maior série temporal (Estação Conceição) com 46 anos hidrológicos de 1977 a 2022. Na **Tabela 1** é possível visualizar a organização dos dados do índice Rx5day.

Tabela 1: Exemplo	de organização de	e dados para	análise	5xrday	(máxima
	Precipitação acum	ulada em 5	dias)		

Mês/ano	Acumulado em mm/5 dias - Estação Conceição -				
out/05	55,6				
nov/05	107,8				
dez/05	151,6				
jan/06	18,8				
fev/06	43,8				
mar/06	141,2				
abr/06	37,4				
mai/06	12				
jun/06	5,4				
jul/06	5				
ago/06	3,2				
set/06	23,8				

Fonte: Próprio autor

Para análise de tendência das séries anuais e do índice Rx5day foi utilizado o teste não-paramétrico de Theil-Sen que estima a inclinação de uma tendência em uma série de dados Theil (1950) e Sen (1968). Esse tipo análise é indicado para verificar se os valores das séries temporais tendem a aumentar ou a diminuir em relação ao tempo.

5.2 Inventário dos deslizamentos

Quanto a base de dados sobre os deslizamentos, foi realizada uma pesquisa documental no arquivo físico e digital da Coordenadoria de Proteção e Defesa civil do município de Itabira-MG. Foi realizada uma triagem dos documentos fazendo um recorte para ocorrência desse tipo de desastre na bacia do Ribeirão do Peixe e também para o período considerado. Um exemplo de boletim de ocorrência de deslizamento pode ser observado na **Figura 27**. Deste documento foram extraídas as informações necessárias para este estudo, principalmente quanto ao local do deslizamento e a data do ocorrido.





Fonte: Acervo da Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil.

Os dados acima extraídos passaram por um processo de georreferenciamento, para então serem compilados em uma tabela de atributos juntamente com outras informações oriundas de fontes secundárias, como as respectivas micro-bacias (SGEO, 2018) e dados pluviográficos vinculados às respectivas estações mais próximas, Gabiroba, Nossa Senhora das Oliveiras e João XXIII, Cauê e Conceição.

O mapa de inventário da bacia do Ribeirão de Peixe com o histórico dos deslizamentos e os mapas referentes à caracterização da bacia, foram confeccionados a partir de base de dados espaciais públicos, como citado nos com auxílio do software open source Quantum Gis 3.22.8.

5.3 Identificação dos limiares críticos

A fim de caracterizar tanto os eventos chuvosos anteriores quanto o evento deflagrador do deslizamento, foram estabelecidos diferentes critérios de janelas de tempo, considerando as chuvas das últimas 24 horas, denominado de precipitação diária (Pd) e a precipitação de 48, 72, 96 horas bem como a dos últimos dias (5, 7 e 12 dias) referentes aos eventos chuvosos antecedentes as ocorrências.

Nesse sentido foram produzidos gráficos do tipo intensidade da Chuva acumulada. Para o cálculo da precipitação acumulada antecedente ao dia do deslizamento de terra, foram consideradas equação 03:

$PAx_n = P_1 + P_2 + \ldots + P_n$ Equação 03

No qual PAx_n é a precipitação acumulada do evento desencadeador do deslizamento, P1 é a precipitação diária do evento desencadeador e Pn é a precipitação (n) anterior ao evento de 48h, 72h, 96h, 5dias, 7 dias e 12 dias.

As precipitações diárias e acumuladas vinculadas a cada data de eventos de deslizamento inventariado foram organizadas em um quadro a fim de serem utilizadas posteriormente para a construção dos limiares críticos, como exemplificado no **Quadro 3**.

Quadro 3: Exemplo de Linhas do quadro de caracterização da chuva anterior aos eventos de deslizamento, considerando os seguintes espaços temporais: 24, 48, 72, 96 horas e 5, 7 e 12 dias.

				CEP	Micro Bacia	ESTAÇÃO	Pluviosidade (mm)						
Sigla	Data	Coord	lenadas				<u>24h</u>	<u>48h</u>	<u>72h</u>	<u>96h</u>	<u>5d</u>	<u>7 d</u>	<u>12 d</u>
М9	08/11/2010	19°38'33.24 "S	43°13'19.12" O	Rua Palmeiras 301 Água Fresca	Córrego Água Fresca	Conceição	18	18	35	36	63,8	80	102
M10	17/01/2003	19°38'42.67 "S	43°13'21.42" O	Rua A, 194 Água Fresca	Córrego Água Fresca	Conceição	29	237	288	297	329	369	499
M15	21/01/2003	19°37'11.46 "S	43°12'13.54" O	Rua 02 292 Nova Vista	Córrego Doze	Cauê	12	12	42	166	166	232	285
M16	21/01/2003	19°38'44.42 "S	43°13'32.41" O	Rua F 35 Madre Maria de Jesus	Médio Peixe	Conceição	1	12	17	41	70	329	415
M17	16/01/2003	19°38'44.97 "S	43°13'31.89" O	Rua F 39 Madre Maria de jesus	Córrego Madre Maria	Conceição	208	259	268	300	325	345	479
M26	16/01/2003	19°39'51.34 "S	43°13'34.73" O	Rua das Laranjeiras 55 Bairro conceição	Médio Peixe	Conceição	208	259	268	300	325	345	479
M34	05/01/2007	19°38'50.30 "S	43°13'40.37" O	Rua B, 178, Madre Maria	Médio Peixe	Conceição	25	31	67	118	118	128	225
M65	18/12/1997	19°38'56.24 "S	43°13'59.59" O	Rua Olavo Bilac 586 Machado	Córrego Abóbora	Conceição	10	116	135	164	164	164	279
M68	19/01/2009	19°39'6.24" S	43°13'46.13" O	Rua Cora Coralina 55	Córrego Abóbora	Conceição	39	48	77	77	77	77	77
M69	08/01/2009	19°38'53.95 "S	43°13'54.33" O	Rua Casimiro de Abreu 455 Machado	Córrego Abóbora	Conceição	0	14	41	62	95	159	307

Fonte: Próprio autor. Fonte dos dados: Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de Itabira, Minas Gerais.

Após compilação, os dados foram plotados em gráficos de dispersão no qual o eixo Y representa a quantidade de chuva identificada em 24 horas (Pd) e o eixo X (Pac) o acumulado de chuva para janelas temporais de 48h, 72h, 96h e 5, 7 e 12 dias. De forma cada ocorrência de deslizamento foi representada por um par ordenado (Pac, Pd), totalizando 263 pares.

Para caracterizar as correlações tentou-se gerar equações determinantes dos respectivos limiares críticos de precipitação acumulada para cada "janela temporal" citadas entre os anos 1996 e 2022. Tal análise partiu do pressuposto, que as correlações entre a precipitação acumulada e diária geralmente ocorre de forma não-linear como descrito por Fernandez (2018) e GUO *et* al. (2022).

Por fim foi realizada uma análise de frequência dos dados de chuva que deflagraram deslizamentos de terra, numa perspectiva de organizar frequências empíricas e observações devidamente ordenadas, como descrito por Naghetini

(2007). Os valores obtidos foram organizados para inferência de possíveis limiares numéricos, considerando as janelas temporais da precipitação acumulada, para as séries de deslizamento correspondentes as classes de pelo menos 1 evento de deslizamento, 2 ou mais e 5 ou mais.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Precipitação na Bacia do Ribeirão de Peixe

Para interpretação da distribuição das chuvas da bacia no espaço e tempo, foi elaborado uma série histórica precipitação mensais e anuais, considerando dados dos anos de 1977 a 2022 totalizando 45 anos hidrológicos. As estações utilizadas foram as estações Cauê (CVRD), Conceição (CVRD) ambas localizadas próximo a nascente dos principais cursos d'água que compõem o Ribeirão do Peixe. A série hidrológica de 1977 a 2022 da bacia do ribeirão considerando os dados da estação Conceição é possível ser observada na **Figura 28**.



Figura 28: Série histórica de precipitação anual (mm) evidenciando linha de tendência em relação ao tempo. Ribeirão do Peixe, Itabira-MG.

Fonte: Próprio Autor

O ano hidrológico de 1979 representou o maior acumulado da série. Há diversos registros de desastres geo-hidrológicos na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais e Espírito Santo que remontam a esse período. Segundo Reis (2015) a intensa chuva do período de janeiro a fevereiro de 1979 foi associada a uma zona de convergência do atlântico Sul – ZCAS. Há registros que em todo vale do Rio Doce, ocorreram 42 óbitos e por volta de 10 mil pessoas ficaram desalojadas.

De acordo com Fialho & Souza (2011), na região do médio Rio Doce, no ano de 1979, além das diversas inundações, a quantidade de água absorvida pelo solo provocou deslizamentos de considerável poder destrutivo.

Apesar de eventos extremos como os citados, as séries hidrológicas podem apresentar uma tendência, ou uma periodicidade ao longo do tempo. Na **Figura 28** é possível visualizar um declínio da precipitação anual, numa perspectiva decrescente entre 1977 a 2022 na estação Conceição.

Com o objetivo de compreender a distribuição dos eventos máximos de chuva, da bacia numa escala temporal, principalmente em relação os eventos chuvosos deflagradores de deslizamentos, foram realizadas análises considerando o índice de precipitação máxima acumulada em cinco dias consecutivos (Rx5day) entre os anos hidrológicos de 1977 a 2022, conforme destacado na **Figura 29**.





Fonte: Próprio autor .

Através do índice Rx5day é possível inferir a maior quantidade de chuva em 5 dias consecutivos durante o ano, o que mede a intensidade, em um período curto de tempo, de um evento de chuva intensa. Na **Figura 29** é possível visualizar uma acresção significativa em valores absolutos de precipitação máxima em 5 dias em relação ao tempo, considerando a série entre 1977 a 2022. Nesse sentido foi realizado também um cálculo considerando a média móvel do índice Rx5day nas últimas décadas, como representado na **Figura 30**.

Figura 30: Evolução da precipitação "Máxima anual em 5dias (RX5day)" correspondente a média das últimas 4 décadas na bacia do Ribeirão do Peixe-Itabira MG.



Fonte: Próprio Autor

Nesse contexto é possível inferir algumas tendências no comportamento da precipitação na bacia do Ribeirão do Peixe. O volume total de chuva do ano hidrológico, por exemplo parece estar decrescendo desde o início da série. Por outro lado, as precipitações máximas acumuladas em 5 dias consecutivos apresentam uma tendência de crescimento em relação ao tempo nos últimos 40 anos, em valores absolutos de precipitação **Figura 30**, além de estarem mais representativas em relação ao volume total dos respectivos anos hidrológicos **Figura 31**.

Figura 31: Evolução da média decenal dos 5 dias mais chuvosos em percentagem, (%rain5day) das últimas 4 décadas na bacia do Ribeirão do Peixe-Itabira MG.



Fonte: Próprio autor.

Devido as incertezas e grande aleatoriedade dos dados pluviométricos, foram realizados testes não-paramétricos para o estudo de significância estatística das tendências das séries hidrológicas apresentadas nas *Figura 28* e *Figura 29*

Figura 32: Série anual estação Conceição, considerando estudo de significância Theil Sen 1977-2022.



Fonte: Próprio Autor

Na **Figura 32** foi utilizado como referência a estação Conceição devido a maior disponibilidade de dados (1977-2022). Na série de chuva anual, a análise de magnitude reportou uma perda anual de 3,71 mm. Considerando toda série histórica (46 anos hidrológicos) temos cerca de 170 mm de perda de precipitação desde 1977. Entretanto apesar de ter sido detectada uma tendência não houve significância estatística.

A **Figura 33** por sua vez evidencia os 5 dias mais chuvosos (índice rain5xday). No gráfico gerado, foram plotados os dados das médias do acumulado dos 5 dias mais chuvosos de cada ano hidrológico.

Figura 33: Série hidrológica (média dos 5 dias mais chuvosos) de cada ano de 1977 a 2022 da estação Conceição.



Fonte: Próprio Autor

Quando foram considerados as máximas precipitações em 5 dias consecutivos de cada mês, durante a série foi possível observar diferentes tendências de acordo com cada mês (**Figura 34**). Quanto aos meses de janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro nota-se uma diminuição da precipitação ao longo da série. Já para os meses de fevereiro, março, abril, junho, outubro e dezembro verifica-se um incremento na intensidade das chuvas. Contudo exceto para o mês de outubro, praticamente todos os meses, segundo o teste de TheilSen, não houve significância estatística.



Figura 34: Série hidrológica (máxima 5 dias consecutivos acumulados/mês) Estação Conceição 1977-2022.

Fonte: Próprio autor

Em outubro, portanto há uma tendência, com incremento de 0,7 mm anuais, nos dias mais chuvosos da série hidrológica. Em uma década tem-se um incremento de 7mm no evento mais chuvoso de outubro. Considerando os 46 anos hidrológicos da série é possível inferir, que houve nesse período um incremento de 32 mm nos eventos chuvosos de 5 dias acumulados no mês.

No mês de outubro, em boa parte da região centro-sul mineira (latitudes 25°s -20°s) há formação de chuvas vinculadas a interações de sistemas frontais com frentes de ar frio em contato com o aquecimento e células convectivas tropicais (Andrade, 2005). Entretanto, a dúvida que se levanta é por quais razões essas chuvas na região estão ficando relativamente mais intensas em relação ao tempo.

De acordo com CEPED, 2013, desde 1991 estão sendo registrados um maior número de desastres relacionados com as chuvas no mês de outubro na região sudeste. Nesse sentido é importante que haja por parte dos institutos meteorológicos e os sistemas de proteção e defesa civil uma maior precaução durante esse período, bem como a realização de novos estudos para dar sustentação a possíveis atualizações de planos de redução de risco e de contingenciamento nessas regiões.

Holender & Santos (2023) estudando a precipitação diária intensa na região Sudeste do Brasil, com dados diários(1978 a 2017), concluíram que na análise sazonal, a frequência e intensidade dos eventos de precipitação intensa foram maiores nos meses de verão, com ocorrência e intensidade predominantemente superiores a 45 e 60 mm/dia, respectivamente, fato que confirma a importância das zonas de convergência (ZCAS) nesse período como origem de chuvas intensas deflagradoras de desastres, em toda região sudeste incluindo as bacias de Minas Gerais.

Como descrito por Naghettini (2007) as intensidades desses fenômenos apresentam uma variabilidade ao longo do tempo e do espaço, em decorrência das variações, algumas regulares e muitas irregulares, dos climas global e regional, bem como das particularidades regionais e locais, sob os aspectos meteorológicos, geomorfológicos, de propriedades e uso da terra, etc.

6.2 Distribuição dos deslizamentos

Para elaboração dos inventários dos deslizamentos foram avaliados cerca de 4000 documentos, sendo mais de 90% armazenados em arquivos físicos entre boletins de ocorrência, relatórios de atendimento e laudos técnicos. Desses documentos, que se referem a todos os tipos de desastres, tais como inundação, alagamentos, patologias de imóveis, entre outros, foram selecionados 263 registros de deslizamentos de terra entre 1996 a 2022, que foram georreferenciados de acordo com as respectivas coordenadas geográficas, (**Anexo 01**) e organizados em um mapa de inventário com as compartimentações hidrográficas como apresentado na **Figura 35**.

Figura 35: Mapa de inventário dos deslizamentos de terra registrados na bacia do Ribeirão do Peixe entre 1996 a 2022.



Fonte: Próprio autor.

Considerando a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação de políticas públicas (LEI Nº 9.433) e como um sistema integrado que engloba os meios físico, biótico e antrópico, como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (LEI N° 13199), os deslizamentos registrados foram compartimentados de acordo com as microbacias que compõe o Ribeirão do Peixe.

Na Figura 36 apresenta-se o quantitativo de ocorrências considerando a regionalização dessas microbacias. Nesse sentido a microbacia do médio Peixe contou com 132 ocorrências representando 50% dos registros. Em seguida a região do Baixo Água Santa com 17%, Córrego Abóboras com 16%, alto água santa 12,93%, córrego dos Doze 1,9 %, Alto Candidopólis, Alto Ribeirão do

Peixe, Córrego Barreiro, Baixo Conceição com uma única ocorrência correspondendo a 0,4% cad



Figura 36: Número de deslizamentos registrados por microbacia (1996-2022) no Ribeirão do Peixe.



A **Figura 37** trata de um fator interessante a ser considerado, a densidade da ocorrência desses desastres correspondente a quantidade de eventos em relação a área territorial de cada micro-bacia.

Figura 37: Áreas mais afetadas nas respectivas microbacias do Ribeirão do Peixe, Itabira, Minas Gerais.



Fonte: Próprio Autor

A **Figura 38** por sua vez apresenta um gráfico com as localidades mais afetadas, considerando a divisão territorial política do município de Itabira. Nesse sentido dos 263 deslizamentos contabilizados os bairros mais afetados foram o Gabiroba com cerca de 20% das ocorrências, seguido do Madre Maria de Jesus 9,89 %, João XXIII 6,5%, Eldorado 6%, Fênix 5,7%, Jardim das Oliveiras 5,32%, Machado 4,5%, Praia 4,2%, Vila Paciência 3,4%, Água Fresca 3,04%, Bethania e Alto Boa Vista 2,6 %, Clovis Alvim II 1,9 %; Juca Rosa e centro 1,52% e Nova Vista, Alto Pereira, Moinho Velho, Santa Ruth, Abóboras, Balsamos, Bela Vista, Conceição, Ribeira , Candidopolis, Barreiro menos de 1% cada um.


Figura 38: Gráfico evidenciando a quantidade de deslizamentos registrados entre 1996 a 2022 nos respectivos bairros do Município de Itabira.

Fonte: Próprio autor

Nesse sentido o bairro mais afetado foi o Madre Maria de Jesus com uma relação de 2,42 deslizamento por Hectare (Ha), seguido do João XXII (0,83) Eldorado (0,73), Jardim das Oliveiras (0,39), Água Fresca (0,28), Machado (0,24), Vila Paciência (0,24), Gabiroba (0,18), Fenix (0,16), Praia (0,07). A **Figura 39** apresenta um mapa de calor com as respectivas densidades. As áreas avermelhadas correspondem as localidades com maiores densidades.



Figura 39: Mapa de calor evidenciando as localidades com maior número de deslizamentos em relação a área territorial de cada bairro (Densidade).

Fonte: Próprio autor

Em relação às unidades de relevo, Embrapa (1995), dos 263 deslizamentos descritos, 158 (60%) estão em áreas fortemente ondulados, 69 (26,23%) em terrenos ondulados e 28 (10,64%) em locais suavemente ondulados. Por fim foram contabilizados 8 deslizamentos (3,05%) em relevo montanhoso. Não houve registros em relevos de áreas planas **Tabela 2**

Relevo	N° deslizamentos
0-3% (Plano)	0
3-8% (Suavemente ondulado)	28
8-20% (Ondulado)	69
20-45% (Fortemente Ondulado)	158
45-75% (Montanhoso)	8

Tabela 2: Número de deslizamentos em relação às unidades de relevo.

Fonte: Próprio autor.

As unidades geológicas com maior número de ocorrência de deslizamentos foram os terrenos graníticos-gnaissicos da suíte Borrachudos (210 ocorrências ou 80%), seguido pelos Xistos e filitos do Grupo Nova lima indiviso (18 deslizamentos ou 6,8 %), do grupo Piracicaba com seus Filitos e quartzitos (16 ocorrências ou 6 %), do Grupo Itabira com as formações ferríferas e itabiritos (9 ou 3,42%) e a Sequência Meta-vulcano-sedimentar do Complexo Guanhães com 8 ocorrências ou 3% da totalidade de eventos.

Os terrenos aqui descritos correspondem aos grupos e unidades geológicas mapeados em uma escala de 1:100.000, nos levantamentos da folha Itabira (CPRM 2000), não considerando, portanto, as formações geomorfológicas e os depósitos de solos e sedimentos correlatos originários de de rochas. como geralmente ocorre durante outros grupos uma compartimentação dos terrenos de uma bacia hidrográfica.

Quanto ao uso e ocupação da Terra, todos os 263 deslizamentos foram registrados em áreas urbanizadas. Esse resultado pode estar associado ao fato de que como descrito na literatura por Licco (2013), um fenômeno natural só se constitui um risco de desastre, se houver a presença de uma população exposta, com um certo grau de vulnerabilidade. Nesse sentido, não foram registrados pela COMPDEC de Itabira, deslizamentos de Terra em áreas não ocupadas, pastagens e formações florestais, por exemplo.

6.3 Limiares críticos de precipitação

Quanto a precipitação diária, dos 263 eventos catalogados 72 deles ou 27 % foram registradas em dia seco, ou precipitação mínima, abaixo de 2 mm. Quanto as precipitações maiores que 2 mm foram registrados 191 eventos. Nesse sentido foi estabelecido a distribuição da frequência relativa para precipitações que geraram pelo menos 1 deslizamento, como é possível observar no histograma da **Figura 40**.

Figura 40: Histograma considerando a frequência relativa em percentagem para diferentes intervalos de precipitação em 24 horas.



Fonte: Próprio autor

Nesse contexto, 61 ou 31,9% das ocorrências de deslizamentos tiveram eventos de chuva entre 2 e 28mm em 24 horas, seguido de 54 (28,3%) dos desastres entre 28 e 54mm, 42 (22,0 %) no intervalo de 54 a 80mm, 17 (8,9%) entre 80 e 106 mm, 9 ou 4,7 % entre 106-132mm, apenas 1 entre 132 e 158mm e 7 eventos acima de 184mm e abaixo de 210mm.

Quanto as precipitações acumuladas, os histogramas estão representados na **Figura 41** e foram considerados as respectivas frequências de

precipitações acima de 2 mm para as janelas temporais de a) 48 horas b) 72 horas c) 96 horas d) 5 dias e) 7 dias f) 12 dias.

Figura 41: Histogramas com as respectivas frequências das janelas temporais de precipitação acumulada em mm a) 48 horas b) 72 horas c) 96 horas d) 5 dias e) 7 dias f) 12 dias.



Fonte: Próprio autor

Os intervalos da chuva acumulada em 48 horas (**Figura 41a**) com maior representatividade estão entre 2-38 mm com 61 deslizamentos, 38-54mm (54 deslizamentos), 54-80mm (42 deslizamentos), 80-106mm (17 deslizamentos), 106-132mm (9 deslizamentos), 132-158mm (1 deslizamento), 184-210mm (7 deslizamentos).

Já as precipitações acumuladas em 72 horas (**Figura 41b)** se distribuíram nos seguintes intervalos, 2-40mm (58 deslizamentos) 78-116mm (54 deslizamentos), 40-78mm (41 deslizamentos), 116-154mm (41 deslizamentos), 154-192mm (24 deslizamentos), 192-230 mm (5 deslizamentos), 230-268mm (7 deslizamentos).

O volume de precipitação acumulada de 96 horas (**Figura 41c)** estão entre 2-44mm (52 deslizamentos), 44-86mm (48 deslizamentos), 86-128mm (46 deslizamentos), 128-170mm (42 deslizamentos), 170-212mm (29 deslizamentos), 212-254mm (10 deslizamentos),254-296mm (3 deslizamentos) 296-338mm (11 deslizamentos).

Para 5 dias (**Figura 41d**) de precipitação acumulada, nas chuvas entre 2 e 49 mm foram registrados 43 deslizamentos), seguido pelo intervalo de 49-96 mm com 55 deslizamentos), 96-143mm (41 deslizamentos), 143-190 mm (53 deslizamentos) 190-237mm, (23 deslizamentos); 237-284 mm (21 deslizamentos) e 284-331m com 18 deslizamentos.

Para o acumulado de 7 dias (**Figura 41e**), foram registrados 54 deslizamentos no intervalo entre 167-222mm, seguido do intervalo entre 112 e 167mm no qual foram contabilizados 47 deslizamentos, 57-112mm (43 deslizamentos), 2-57mm (41 deslizamentos), 222-277mm (38 deslizamentos), 332-387mm (23 deslizamentos), 277-332mm (6 deslizamentos e 387-442mm com 1 deslizamento registrado.

Nos 12 dias de precipitação acumulada o intervalo entre 212-282mm registraram 55 deslizamentos, seguidos por 282-352mm com 49 deslizamentos, 2-72mm (41 deslizamentos), 142-212mm (40 deslizamentos), 72-142mm 35 deslizamentos, 352-422mm 19 deslizamentos, 422-492mm (10 deslizamentos), e 492-562mm com 8 deslizamentos.

Na **Figura 42** é possível visualizar os limites mínimos das precipitações acumuladas de diferentes janelas temporais (24 h, 48h, 72h e 5dias, 7 dias e 12 dias, considerando as médias dos menores intervalos para no mínimo 1 deslizamento, 2 ou mais deslizamentos e 5 ou mais.

Figura 42: Médias dos menores intervalos de classe da precipitação acumulada em mm em relação ao número de ocorrências de deslizamentos registrados entre 1996 e 2022 na bacia do Ribeirão do Peixe em Itabira, Minas Gerais.



Fonte: Próprio autor

Partindo do pressuposto que a precipitação é um fenômeno hidrológico com alto grau de aleatoriedade e de variabilidade espaço/temporal, a identificação e a delimitação de limiares críticos de precipitação tornam-se difíceis e sujeitas a subjetividades. De acordo com Potter (1987), citado por Naghetini (2007), é crucial a capacidade de discernir se observações anômalas, eventualmente existentes em uma ou mais amostras, devem-se a diferenças na distribuição ao longo do tempo ou a meras flutuações amostrais.

Como supracitado a precipitação acumulada foi representada em gráficos de dispersão diferentes janelas temporais de 48 horas, 72 horas e 96 horas **Figura 43** e de 5 dias, 7 dias e 12 dias **Figura 44**. Inicialmente foram consideradas no mínimo uma ocorrência de deslizamento em diferentes eventos de chuva entre os anos de 1996 e 2022.

Figura 43: Chuva acumulada em 48 horas(a); 72 horas (b); e 96 horas (c) plotadas no Eixo X em relação a precipitação em 24 horas (eixo y) em diferentes eventos de deslizamentos entre 1996 e 2022.



Fonte: Próprio autor

Figura 44: Chuva acumulada em 5 dias (a); 7 dias (b) e 12dias (c) plotadas no Eixo X em relação a precipitação em 24 horas (eixo y), em diferentes deslizamentos entre 1996 e 2022 na bacia do Ribeirão do Peixe, Itabira, MG.



Fonte: Próprio Autor.

Na **Figura 43** nota-se uma reta assumindo um padrão de linearidade positiva crescente, entretanto essas linhas não refletem tendências passíveis de caracterizar esses diferentes tipos de funções. Elas representam os pares ordenados de chuvas nas quais não houve acumulação prévia, o que significa que o volume precipitado em 24 horas representa o mesmo valor do acumulado nas diferentes janelas temporais.

Pela análise gráfica desses eventos (no mínimo 1 deslizamento), não foi possível estabelecer equações que representassem a aleatoriedade dos dados dispersos nas diferentes janelas temporais, ou mesmo uma curva que isolasse a chuva entre a zona de falha (deslizamento) e a zona de estabilidade.

Esse fato pode estar relacionado ao que Guzzeti (2007) denomina de fatores espaciais. A deflagração de um deslizamento isolado pode ser influenciada por diversas outras variáveis e ou coeficientes como declividade, índices de vegetação, ângulo de atrito do material da encosta, micro-drenagem, por exemplo, que no atual estudo não foram consideradas.

Outro fator limitante é a baixa representação das respectivas janelas temporais diárias das precipitações quanto a duração real dos eventos chuvosos. Para diminuir essa baixa representatividade, alguns autores consideram a precipitação total acumulada por duração do evento no desenvolvimento do limiar de precipitação (MATURIDI *et* al., 2021; HE *et* al., 2020; Dikshit *et* al., 2019; Garianno *et* al., 2015);

A fim de caracterizar eventos de precipitação que deflagraram um maior número de deslizamentos foi confeccionado um gráfico evidenciando o acumulado de chuva de 5 dias e os valores de precipitação diária em 24 horas. Foram consideradas as séries de 2 a 3 deslizamentos (em azul), 3 a 7 deslizamentos (em laranja) e 8 ou mais deslizamentos (**Figura 45**). **Figura 45:** Diferentes quantidades de ocorrências de deslizamentos em relação a chuva acumulada em 5 dias, com base nos dados da estação Conceição.



Fonte: Próprio autor.

Para as séries de 2 a 3 deslizamentos e 3 a 7 deslizamentos, não foi possível estabelecer uma equação que representasse a distribuição das funções no plano cartesiano. Entretanto, para a série 8 ou mais deslizamentos (em vermelho), foi verificado um valor de R²=1, que representa uma correlação significativa para uma equação polinomial de 2^a) ordem como descrito na (**Equação 4**).

P_d= 0,007P_{ac}² - 2,52P_{ac}+ 303,56 Equação 04

Nesse contexto, foi realizada um estudo de regressão polinomial em planilha eletrônica afim de ajustar a função encontrada e estabelecer possíveis resíduos. A diferença entre os valores reais descritos na série de dados da estação Conceição, com os valores obtidos na equação variaram de -2mm a 5 mm para ambos os eixos.

Todavia, é importante que a utilização dessas equações para futuras construções de modelos de previsibilidade por exemplo, venha acompanhada de novos estudos no âmbito de eventos de chuva deflagradores de deslizamentos generalizados e de significância estatística, uma vez que a relação de outras variáveis podem vir a exercer uma influência significativa na representatividade da função.

7. CONCLUSÕES

A bacia do Ribeirão de Peixe, no munícipio de Itabira apresenta um histórico com um grande número de ocorrência de desastres envolvendo deslizamentos de Terra. A região central da bacia no denominado Médio Peixe é que concentra a maior parte dos eventos. Destaque para o bairro Gabiroba com um maior número absoluto de ocorrência e Madre Maria de Jesus que possui alta densidade desses acontecimentos, necessitando de uma maior cobertura de monitoramento para possíveis eventos futuros, inclusive com a necessidade de implementação de novas estações meteorológicas nas proximidades.

Quanto ao comportamento da precipitação na bacia do Ribeirão do Peixe, foi observado algumas tendências. Nos últimos 46 anos (1977 e 2022) o volume total de chuva do ano hidrológico, parece estar decrescendo, já as precipitações máximas acumuladas em 5 dias consecutivos (5xrainday) apresentaram uma tendência de crescimento em relação ao tempo. Entretanto essas tendências não podem compor modelos de projeção, uma vez que não foram reportadas significância estatística.

Já Sob a perspectiva de uma abordagem mensal, o mês de outubro, apresentou uma tendência com significância estatística de incremento das máximas acumuladas em 5 dias consecutivos (5xrainday) considerando os 46 anos hidrológicos da série. Nesse sentido é importante uma maior atenção por parte dos órgãos de proteção e defesa civil e a população como um todo, também durante esse período.

Numa perspectiva de tomada de decisão envolvendo sistemas de alerta, os limiares de 48 horas de chuva acumulada podem representar na prática uma maior previsibilidade quanto aos eventos chuvosos. Entretanto quanto a atividades de monitoramento, preparação e resposta à possíveis desastres, pode ser importante a utilização de limiares críticos numa janela temporal um pouco maior, como 7 dias por exemplo. Em outras palavras é fundamental que haja uma convergência ótima entre os tipos de tomadas de decisão e o uso das janelas temporais associadas com aquelas de maior previsibilidade.

Os produtos aqui gerados poderão subsidiar não só ações de mitigação de curto prazo (alerta, monitoramento e planos de evacuação) mas também atividade de longo prazo com intuito de compor uma base de dados e informações para tomadas de decisão no âmbito de intervenções e obras estruturantes que auxilie na redução dos riscos de novos deslizamentos. Melhorar essa frase fazendo uma ponte com os elementos de um sistema de alerta, os que eu indiquei no intem 3.7.

Essas informações fomentam de forma inicial a capacidade de resiliência atual frente a governança dos desafios, como elencados pela Política Nacional de Recursos Hídricos- PNRH *Lei* nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 e pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, instituída pela lei 12.608 de 2012.

REFERÊNCIAS

ALEOTTI, Pietro; CHOWDHURY, Robin. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. **Bulletin of Engineering Geology and the environment**, v. 58, p. 21-44, 1999.

ALMEIDA, M. C. J., NAKAZAWA, A., TATIZANA, C. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos no Município de Petrópolis, RJ. In: **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, 7, Poços de Caldas, Anais, 2: 129 – 133, 1993.

ALCÁNTARA-AYALA, I., BAKER, D. N., BRICEÑO, S., CUTTER, S. L., Gupta, H., & Zhai, P. Disaster risks research and assessment to promote risk reduction and management. ICSU-ISSC AD-HOC GROUP ON **DISASTER RISK ASSESSMENT**, 2015.

ANDRADE, J. P. M. **Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias em bacias urbanas**. Dissertação de mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

ATTANASIO, C. M. Plano de manejo integrado de Microbacias Hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade. Tese de doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2004.

ANDRADE, Kelen Martins. Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

ANDRADE, Cecilia Felix. **Relevo antropogênico associado à mineração de ferro no Quadrilátero Ferrífero**: uma análise espaço-temporal do complexo Itabira (Município de Itabira-MG). 2012.

ANJOS, C. A. M., CERRI, L. E. S., GANDOLFI, N. 1997. Situações de risco e medidas de prevenção de acidentes em encostas ocupadas na cidade de Maceió (AL), Brasil. In: Pan am. **Symp. Of Landslides & Braz. Conf. on Slope Stability**, 2 PSL/ COBRAE, Rio de Janeiro, 1997.

ARAKI, R. Vulnerabilidade associada a precipitações e fatores antropogênicos no município de Guarujá (SP) - Período de 1965 a 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências - IG, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2007.

ARTAXO, Paulo. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno. **Revista Usp**, n. 103, p. 13-24, 2014.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 6ª edição. Rio de Janeiro, 1998.

BARBOSA, A.L.M. **Contribuições recentes à Geologia do Quadrilátero Ferrífero.SBG–MG**, reimpressão Universidade Federal de Minas Gerais –. Instituto Geociências, Departamento de Geologia, 1985.

BARBOSA, G.V.; RODRIGUES, D.M.S. **Quadrilátero Ferrífero**. Universidade Federal de Minas Gerais UFMG. Instituto de Geociências – IGC, Belo Horizonte. 1967.

BENSON, C.H.; ZHAI, H.; WANG, X. Estimating hydraulic conductivity of compacted clay liners. **Journal of Geotechnical Engineering**, v. 120, n. 2, p. 366-387, 1994.

BLYTH F.G.H, FREITAS M.H **A geology for engineers**. In: Arnold intern students, 7th edn. Arnold Publishing, London, 2005.

BOGAARD, Thom; GRECO, Roberto. Invited perspectives: Hydrological perspectives on precipitation intensity-duration thresholds for landslide initiation: proposing hydro-meteorological thresholds. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 18, n. 1, p. 31-39, 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Gestão de desastres, decretação e reconhecimento federal e gestão de recursos federais em proteção em defesa civil para resposta** : Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL, MINISTERIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES (Brasil). CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **ASPECTOS TÉCNICOS DOS EXTREMOS GEO-HIDROLÓGICOS NO PAÍS E AS DIFERENÇAS REGIONAIS**. São José dos Campos, São Paulo: [s. n.], 2022. 194 p.

BUSARELLO, A. C. B.; LARGURA, A. C.; HOFFMANN, C.; TIEGS, E. L.; LEITZKE, F. B.; NOVAES, J. M. Hidrografia: águas superficiais (continentais e oceânicas) e subterrâneas. Blumenau, 2013

CABRAL, Victor Carvalho; REIS, Fábio Augusto Gomes Vieira. AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS PROBABILÍSTICOS NA ANÁLISE DE SUSCEPTIBILIDADE A ESCORREGAMENTOS NA SERRA DO MAR. **Holos Environment**, 2016.

CAINE, Nel. The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. **Geografiska annaler: series A, physical geography**, v. 62, n. 1-2, p. 23-27, 1980.

CAMPBELI RH (1975) Soil slips, debris flows, and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California. In: US Geological Survey Professional Paper 851. **US Government Printing Office**, Washington, DC, 51, 1975. CARNEIRO C. D. R., GONÇALVES P. W., LOPES O. R. O Ciclo das Rochas na Natureza. **Terræ Didatica**, 5(1):50- 62 2009.

CASTRO, J.M.G. **Pluviosidade e movimentos de massa nas encostas de Ouro Preto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto. 100 p, 2006.

CEMADEN/MCTI (CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS). Coordenação geral de pesquisa e desenvolvimento N° 737/2020. Nota técnica, Estado de São Paulo, 1 dez. 2020, Acesso <u>https://www.gov.br/cemaden/ptbr/assuntos/monitoramento/notas-tecnicas</u>.

CEPED. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres UFSC da Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013

CERRI, L. E. da S. **Riscos Geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes**. 197p. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1993;

CHEN, C. W., Oguchi, T., Hayakawa, Y. S., Saito, H., & Chen, H. Relationship between landslide size and rainfall conditions in Taiwan. **Landslides**, *14*, 1235-1240 - 2017.

CHEN, Chi-Wen; SAITO, Hitoshi; OGUCHI, Takashi. Rainfall intensity–duration conditions for mass movements in Taiwan. **Progress in Earth and Planetary Science**, v. 2, p. 1-13, 2015.

CIVIL, GLOSSÁRIO DE DEFESA. Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2009.

COBRADE, Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade). s/d ANEXO, I; 2012.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 93-148, 1994.

COELHO, Marco Antônio Tavares. **Rio Doce: a espantosa evolução de um vale**. Autêntica, 2011.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2015.

CPRM Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais PADILHA, Atahualpa Valença; VIEIRA, Valter Salino; HEINECK, Carlos Alberto. **Itabira: folha SE. 23-ZD-IV. 2000**.

CROSTA GB, Frattini P Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris flow. In: Mugnai A, Guzzetti F, Roth G (eds) Proceedings 2nd EGS **Plinius conference on mediterranean storms.** Siena: 463–487, 2001.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na região de Caraguatatuba**. Tese (doutorado em Geografia). Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 1974.

DA FONSECA AGUIAR, Louise; CATALDI, Marcio. Social and environmental vulnerability in Southeast Brazil associated with the South Atlantic Convergence Zone. **Natural Hazards**, v. 109, p. 2423-2437, 2021.

DAHAL RK, Hasegawa S Representative rainfall thresholds for landslides in the Nepal Himalaya. **Geomorphology** 100:429–443, 2008.

DÂNGELO, Jota. O vale do Rio Doce. Companhia Vale do Rio Doce, 2002.

DANTAS, M. E., Shinzato, E. D. G. A. R., Renk, J. F. C., Moraes, J. M., Machado, M. F., & Nogueira, A. C. O emprego da geomorfologia para avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa e inundação–Mimoso do Sul/ES. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 4(2), 23-42, 2014.

DAVIES, RICHARD Brazil – 680mm of Rain in 24 Hours Triggers Floods and Landslides in São Paulo, Dozens Killed IN AMERICAS, **NEWS 2023 São Paulo, Brazil Floods** 20 FEBRUARY, 2023

DE CASTRO, Luciana Marcondes Frade Braga et al. Mudança climática, riscos e vulnerabilidade: um estudo dos eventos ocorridos em 1967 e 1996 na planície litorânea de Caraguatatuba–SP. **CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 6, n. 1-2, 2011.

De Lima Santos, D., & Fragoso Jr, C. R. (2019). Limiar de precipitação com potencial de gerar deslizamentos nos complexos de risco em uma zona urbana. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, 16, 2019.

De Souza, D. C., Crespo, N. M., da Silva, D. V., Harada, L. M., de Godoy, R. M. P., Domingues, L. M., & Sparrow, S. Extreme rainfall and landslides as a response to human-induced climate change: a case study at Baixada Santista, Brazil, 2020. Natural Hazards, 1-26, 2024.

DIAS, Helen Cristina; HÖLBLING, Daniel; GROHMANN, Carlos Henrique. Landslide susceptibility mapping in Brazil: a review. **Geosciences**, v. 11, n. 10, p. 425, 2021.

DIEESE - DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Novo Plano de Aceleração do Crescimento (PAC): A retomada dos investimentos e os possíveis impactos para o desenvolvimento brasileiro. Nota técnica, Estado de São Paulo, ano 2023, v. 1, n. 276, p. 1-32, 13 set. 2023. DO BONFIM, Aline Copque Fialho. Análise do aporte de ferro solúvel na sub-bacia hidrográfica do rio do Peixe por meio do SWAT, 2013.

DUARTE, Cristiana Coutinho. **Eventos extremos de chuva e análise da suscetibilidade a movimentos de massa no município do Ipojuca-PE**. 2015.

DUARTE, Thiago Lima Santana; SANTOS, Gabriel Carvalho; CASTELHANO, Francisco Jablinski. Eventos de chuvas extremas associados aos riscos de inundações e de alagamentos em Aracaju, Sergipe, **Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 12, p. 256-273, 2021.

DURGIN, Philip B. Landslides and the weathering of granitic rocks. In: Landslides, Geological Society of America, **Reviews in Engineering Geology** 3: 127-131., 1977.

Elbachá, A.T.; Campos, L.E.P.; Bahia, R.F.C. Tentativa de correlação entre precipitação e escorregamentos na cidade de Salvador. In: **Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Taludes de Encostas**, 1, Rio de Janeiro: ABMS, 1992. pp. 647-656, 1992.

ELVIS, A., DANSO, S., EYRA, E., DAVID, A., SELASI, D., MELODY, D., & HAKII, N. Precipitation and rainfall types with their characteristic features. J. **Nature Science**. Res, 5, 89-92, 2015.

ENDO, I.; ROSEIERE, C.A.; CHEMALE JÚNIOR, F. Roteiro de excursão geológica no Quadrilátero Ferrífero e regiões adjacentes. SIMPÓSIO DE GEOLOGIA: NÚCLEO MINAS GERAIS E XX SEMANA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS, 6.,Belo Horizonte: SICEB, 1990

FEIJÓ, R. L., Paes, N. M., D'Orsi, R. N. Chuvas e Movimentos de Massa no Município do Rio de Janeiro. **III Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas**, 1, 223-230. Rio de Janeiro: COBRAE, 2001.

FERNANDES, N. F., Guimarães, R. F., Gomes, R. A. T., Vieira, B. C., Montgomery, D. R., & Greenberg, H. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 2(1), 2001.

FERNANDEZ, Guilherme Nunes. Determinação de limiares críticos de chuva deflagradores de movimentos gravitacionais de massa, Município de São Bernardo do Campo, SP. Tese de Doutorado. Master's Thesis, Geosciences Institute, University of Sao Paulo, USP, Sao Paulo/SP, 2018.

FERREIRA C. J; PENTEADO D. R; SOUZA C. R. G.; ROCHA G. A.; SOUZA L & GUEDES A. C. M. Integração de mapeamento de risco e índices pluviométricos no monitoramento e alerta de risco de escorregamentos planares no litoral norte do Estado de São Paulo **Revista brasileira de** geologia de engenharia e ambiente V. 5 – N. 1 - ISSN 2237-4590, 2015 FERREIRA, Luciana Santos. O poder simbólico e a invenção das tradições no patrimônio cultural: estudo dos usos turísticos na Fazenda do Pontal em Itabira (MG). 2019.

FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; SILVA DIAS, M. A. F. Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 1, p. 89-98, 2004.

FERREIRA, R. C. Estudo de sistemas convectivos de mesoescala com uso de assimilação de dados de radar. 116 p..Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)—Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2016.

GARIANO S.L., Guzzetti F. Landslides in a changing climate. **Earth-Science Reviews**, 162, 227-252, 2016.

GIMENO, L., Sorí, R., Vazquez, M., Stojanovic, M., Algarra, I., Eiras-Barca, J., & Nieto, R. Extreme precipitation events. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, 9(6), e1611, 2022.

GONZALEZ, F. C. G., CAVACANTI, M. D. C. R., RIBEIRO, W. N., DE MENDONÇA, M. B., & HADDAD, A. N. **A systematic review on rainfall thresholds for landslides occurrence**. Heliyon, 10(1), 2024.

GUIDICINI, G.; IWASA, O.Y. Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment. **Bulletin International Association Engineering Geology**, Krefeld, v.16, p.13-20, 1977.

GUZZETTI, F., Peruccacci, S., Rossi, M., & Stark, C. P. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. **Meteorology and atmospheric physics**, 98, 239-267, 2007.

GUZZETTI, F., Peruccacci, S., Rossi, M., & Stark, C. P. The rainfall intensity– duration control of shallow landslides and debris flows: an update. **Landslides**, 5, 3-17, 2008.

GUZZETTI, F.; Mondini, A.C.; Cardinali, M.; Fiorucci, F.; Santangelo, M.; Chang, K.T. Landslide inventory maps: New tools for an old problem. **Earth-Science. Rev**., 112, 42–6, 2012

HAGEN, I., Huggel, C., Ramajo, L., Chacón, N., Ometto, J. P., Postigo, J. C., & Castellanos, E. J. Climate change-related risks and adaptation potential in Central and South America during the 21st century. **Environmental Research Letters**, 17(3), 2022.

HAQUE, U., Da Silva, P. F., Devoli, G., Pilz, J., Zhao, B., Khaloua, A., & Glass, G. E. The human cost of global warming: Deadly landslides and their triggers (1995–2014). **Science of the Total Environment**, 682, 673-684, 2019.

HE, Shuangshuang; WANG, Jun; LIU, Songnan. Rainfall event–duration thresholds for landslide occurrences in China. **Water**, v. 12, n. 2, p. 494, 2020

HERNÁNDEZ-MORENO, Guadalupe; ALCÁNTARA-AYALA, Irasema. Landslide risk perception in Mexico: a research gate into public awareness and knowledge. **Landslides**, v. 14, p. 351-371, 2017.

HIGHLAND, Lynn M.; BOBROWSKY, Peter. **The landslide handbook-A guide to understanding landslides**. US Geological Survey, 2008.

HOLENDER, B. V., & Santos, E. B. Análise de tendência dos eventos de precipitação intensa no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, 32, 584-606, 2023.

HUGHES, P. N., Hen-Jones, R., Stirling, R. A., Glendinning, S., Gunn, D. A., Chambers, J. E., & Flesjo, K. **Challenges in monitoring and managing engineered slopes in a changing climate**, 2016.

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2023**. Disponível em: https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/. Acesso em: 30.ago 2023.

IPCC, Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. **A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp, 2012

ITABIRA, MG (COMDPEC - COORDENADORIA MUNICIPAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL, Plano de Contingência Municipal, **Plancon**, 108p., 2022 Acervo Defesa Civil Municipal.

KENDALL, M. G. Rank correlation Methods. London: Charles Griffin, 120p. 1975.

KELMAN, Ilan; GLANTZ, Michael H. Early warning systems defined. **Reducing** disaster: Early warning systems for climate change, p. 89-108, 2014.

KIRKBY, Mike. Hillslope runoff processes and models. **Journal of hydrology**, v. 100, n. 1-3, p. 315-339, 1988.

KÖPPEN, Wladimir Peter. Grundriss der klimakunde. W. de Gruyter, 1931.

LACERDA, W. A.; SANTOS JR., O. F.; EHRLICH, M. Efeito das Variações de Poro-pressão sobre a Estabilidade de Encostas em Solos Residuais. **2^a Conferência Brasileira de Estabilidade de Encostas** (2º COBRAE), Anais, ABMS/ABGE, v. 1, p. 381-388, 1997.

LEROUEIL S, Locat A, Eberhardt E, Kovacevic N Progressive failure in natural and engineered slopes. In: Eberhardt E, Froese C, Turner AK, Leroueil S (eds) **Landslides and Engineered Slopes. Proceedings**, 11th International Symposium on Landslides, Banff, 1:31, CRC Press, Boca Raton, 2012. Leroueil S, Locat J, Vaunat J, Picarelli L, Lee H, Faure R **Geotechnical characterization of slope movements**. In: Senneset K (ed) Landslides. Balkema, Rotterdam 1:53–74, 1996.

LIBARDI, Paulo Leonel; **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. São Paulo: Ed:.USP. Editora da Universidade de São Paulo, 2012.

LICCO, Eduardo Antonio. Vulnerabilidade social e desastres naturais: uma análise preliminar sobre petrópolis, rio de janeiro social **vulnerability and natural disasters: a preliminary analysis of petrópolis**, rio de janeiro. ISSN 1980-0894, Dossiê, Vol. 8, n. 1, 2013

LIN, J., QIAN, T., BECHTOLD, P., GRELL, G., ZHANG, G. J., ZHU, P., & HAN, J. Atmospheric convection. **Atmosphere-Ocean**, 60(3-4), 422-476, 2022.

LU, Ping; BAI, Shibiao; CASAGLI, Nicola. Spatial relationships between landslide occurrences and land cover across the Arno river basin (Italy). **Environmental Earth Sciences**, v. 74, p. 5541-5555, 2015.

MACEDO, Eduardo S., Ogura, Agostinho T., Santoro, Jair. Defesa civil e escorregamentos: o plano preventivo do litoral paulista. **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 9, 1999.

MACEDO, Eduardo Soares de; SANDRE, Lucas Henrique. Mortes por deslizamentos no Brasil: 1988 a 2022. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v.12, n.1, p.110-117, 2022.

MACHAN, G.; BECKSTRAND, D. L. **Practical considerations for landslide instrumentation**. Landslides and engineered slopes: Protecting society through improved understanding, v. 2, p. 1229-1234, 2012.

MAGALHAES, Cristiane Maria. **Mundos do capital e do trabalho: a construção da paisagem fabril itabirana** (1874-1930). 2006.

MANSOURIAN, A., RAJABIFARD, A., ZOEJ, M. V., & WILLIAMSON, I. Using SDI and web-based system to facilitate disaster management. **Computers & Geosciences**, 32(3), 303-315, 2006.

MAPBIOMAS, Projeto. **Coleção 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil**: Available at: http://mapbiomas. org. Access in, v. 12, n. 06, p., 2020.

MARCHEZINI, Victor et al. Sistemas comunitarios de alerta de riesgo de desastres asociados a inundaciones y deslizamientos: aspectos teóricos y metodológicos. **Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER**, v. 4, n. 2, p. 36-56, 2020.

MARTINS, Marcelo Pinheiro. **Atlas de Itabira**. Itabira: Prefeitura Municipal de Itabira, 2006.

MATURIDI, Abdul Muaz Abu Mansor et al. Rainfall-induced landslide thresholds development by considering different rainfall parameters: A Review. **Journal of Ecological Engineering**, v. 22, n. 10, p. 85-97, 2021.

MELLO, Leonardo Freire de; TEIXEIRA, Leonardo Ribeiro; MELLO, Allan Yu Iwama de. População e desenvolvimento na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo: desafios atuais e futuros. Anais do XVIII Encontro Nacional de Estudos Populacionais: **Transformações na População Brasileira: Complexidades, Incertezas e Perspectivas**, p. 1-25, 2012.

MELO, M.T.V; BORBA, R.R.; COELHO, W.A. O distrito ferrífero de Itabira: minas do Cauê, Conceição, Dois Córregos, Periquito, Onça, Chacrinha e Esmeril. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Principais Depósitos Minerais do Brasil.** Brasília, 1984.

MENDES, R.M.; DE ANDRADE, M.R.M.; TOMASELLA, J.; DE MORAES, M.A.E; Understanding shallow landslides in Campos do Jordão municipality (Brazil): disentangling the anthropic effects from natural causes in the disaster. **Natural Hazards and Earth System Sciences**. v.18, 15-30, 2018.

MENDES, R.M.; VALERIO FILHO, M.; Real-Time monitoring of climactic and geotechnical variablesduring landslides on the slopes of Serra do Mar and Serra da Mantiqueira (Sao Paulo State, Brazil). **Engineering**. v.7, 140-159, 2015.

MENON, Varun; KOLATHAYAR, Sreevalsa. Review on landslide early warning system: a brief history, evolution, and controlling parameters. **Civil Engineering** for Disaster Risk Reduction, p. 129-145, 2022.

MILLER S, Brewer T, Harris N Rainfall thresholding and susceptibility assessment of rainfall-induced landslides: application to landslide management in St Thomas. Jamaica Bull **Engenheria Geological Environment** 68:539–550, 2009.

MORGENSTERN NR The evaluation of slope stability: a 25 year perspective. In: Seed RB, Boulanger RW (eds) Stability and performance of slopes and embankments, **ASCE Geotechnical Special Publication** 31, 1:1–26, 1992.

MUNTOHAR, Agus Setyo; LIAO, Hung-Jiun. Rainfall infiltration: infinite slope model for landslides triggering by rainstorm. **Natural hazards**, v. 54, p. 967-984, 2010.

NAPOLITANO, Elisabetta et al. Effect of antecedent-hydrological conditions on rainfall triggering of debris flows in ash-fall pyroclastic mantled slopes of Campania (southern Italy). **Landslides**, v. 13, p. 967-983, 2016.

NAGHETTINI, Mauro; PINTO, Éber José de Andrade. Hidrologia estatística. CPRM, 2007.

NASCIMENTO, Laura Pereira do. Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, Quadrilátero Ferrífero. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. 171f; 2016.

NÓBILE TOMAZIELLO, A. C. Influências da temperatura da superfície do mar e da umidade do solo na precipitação associada à Zona de Convergência do Atlântico Sul. 166 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NUNES, Lucí Hidalgo. **Urbanização e desastres naturais**. Oficina de Textos, 2015.

OLIVA, Fábio Guimarães. Climatologia e variabilidade dos principais sistemas meteorológicos atuantes no Brasil, relação com chuvas intensas e impactos relacionados. GeoPUC, Rio de Janeiro, v. 12, n. 23, p. 74-99, 2019.

PADILHA, Atahualpa Valença; VIEIRA, Valter Salino; HEINECK, Carlos Alberto. **Itabira: folha SE. 23-ZD-IV**. CPRM, 2000.

PARIZZI, M. G. Condicionantes e mecanismos de ruptura em taludes da região Metropolitana de Belo Horizonte, MG. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. 213 pp.

PATTON, F.D.; HENDRON JR, A.J. **General Report on Mass Movements**. In: 2nd ICIAEG, São Paulo. Proc., São Paulo: ABGE, v.2, p. V-GR.1-57, 1974.

PENNA, Nelba Azevedo; FERREIRA, Ignez Barbosa. Desigualdades socioespaciais e áreas de vulnerabilidades nas cidades. **Mercator (Fortaleza)**, v. 13, n. 3, p. 25-36, 2014.

PESQUERO, J. F.; NOBRE, C. A.; MARENGO, J. Um sistema simples de identificação da Zona de Convergência do Atlântico Sul em rodadas longas de mudanças climáticas. XVI Congresso de Meteorologia, 2010.

PICHLER, E. Aspectos Geológicos dos escorregamentos de Santos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v.6, n.2, p.69-77, set., 1957.

PINHEIRO, R.J.B. Estudos de Alguns Casos de Instabilidade da Encosta da Serra Geral no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 340 p.Tese (Doutorado em Engenharia - Geotécnica), Escola de Engenharia-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

PLANCON. **Plano de Contingência e Desastres Naturais** 2021/2022. 87 p. Itabira: Compdec de Itabira, 2021;

PMRR. **Plano Municipal de Redução de Risco de Itabira** (Minas Gerais). 2^a etapa – Elaboração do mapeamento das áreas de risco geológico, 158 p., set. 2013. Itabira: Fundação Israel Pinheiro, 2013;

QUINTEROS, Cora Catalina Gaete. A comunicação pública do clima e riscos de desastres: imbricações comunicacionais sobre as políticas públicas em Curitiba, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2023.

RIBEIRO, L, H. P. MARTINS, F. R. B. OLIVEIRA, A. K. B; THOMAZ F. R., MAGALHÃES, P. C. E SOUSA, M. M. Avaliação das Precipitações Extremas ocorridas no dia 15 de fevereiro de 2022 na cidade de Petrópolis/RJ. **III Encontro nacional de Desastres**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABHIDRO 2022.

SALAROLI, I.S. **Movimentos de Massa no Município de Vitória – ES: Inventário, caracterização e indicativos de um modelo comportamental**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2003.

SANTORO, J; Mendes, R. M.; Pressinotti, N. M. M.; Manoel, G. R. 2010. Correlação entre chuvas e deslizamentos ocorridos durante a operação do plano preventivo de defesa civil em São Paulo. In **7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental**, São Paulo.

SANTOS, Vítor de Oliveira. Identificação e análise de tendências das variáveis hidrológicas e mudanças no uso e ocupação das terras no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Uberaba, em Minas Gerais. 2016.

SANTOS, T. D. D., PEIXOTO, D. D., SILVA, D. R. A. D., LOPES, N. D., RIBEIRO, R. S., SILVA, L. F. M., & PIMENTEL, J. Metodologia de mapeamento de perigo e risco (Projeto Gides) **49º Congresso Brasileiro de Geologia**– Rio de Janeiro, Brasil, 20 a 24 de agosto de 2018.

SEEBOCUS, Reena H.; LOLLCHUND, Michel R.; BESSAFI, Miloud. Analysis of extreme rainfall and drought events using statistical and fractal methods: A case study of Mauritius. **South African Journal of Science**, v. 117, n. 9-10, p. 1-9, 2021.

SEN, Pranab Kumar. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American statistical association**, v. 63, n. 324, p. 1379-1389, 1968.

SILVA DIAS, M. A. F.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. **Complexos Convectivos de Mesoescala na America do Sul**. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; JUSTI DA SILVA, M. G. A.; SILVA DIAS, M. A. F. (orgs). Tempo e Clima no Brasil. 1^a ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 181-19. SKEMPTON, A. W. Stability of natural slopes and embankment foundations. In: Proc. **7th Int. Conference on soil mechanics and foundation engineering**.. p. 291-340, 1969.

SORENSEN, John H. Hazard warning systems: Review of 20 years of progress. **Natural hazards review,** v. 1, n. 2, p. 119-125, 2000.

SKRZYPCZAK, Izabela; KOKOSZKA, Wanda; KOGUT, Janusz. The impact of landslides on local infrastructure and the environment. In: Proc. of 10th **International Conference "Environmental Engineering"**, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania. 2017. p. 27-28.

SOARES, F. Correlação entre movimentos de massa e pluviosidade nas encostas de João Pessoa/PB-Brasil. **Geotecnia**, (133), 51-62, 2015.

SOUZA, Amanda Caroline CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS FRONTAIS EM LATITUDES TROPICAIS E SUBTROPICAIS DA AMÉRICA DO SUL – Cachoeira Paulista: INPE, 2016.

STABILE, R. A., Luiz, R. A. F., Ferreira, A. M., Egas, H. M., & de ANDRADE, M. R. M. Potencialidades dos limiares de chuva intensidade-duração na previsão de deslizamentos em Jaraguá do Sul (SC). **Derbyana**, 43, e772-e772, 2022.

STARKEL, LESZEK. The role of extreme meteorological events in the shaping of mountain relief. **Geographica Polonica**, v. 41, p. 13-20, 1979.

TATIZANA C., OGURA A.T., CERRI L.E.S., ROCHA M.C.M. Análise de Correlação entre Chuvas e Deslizamentos – Serra do Mar – Município de Cubatão. In: Congresso brasileiro de geologia e engenharia, 5, São Paulo. Anais... São Paulo: **Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 2: 225-236, 1987

THEIL, H., 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. **Indagat. Math.** 12 (85), 173.

TERZAGHI, Karl, "**Mechanism of Landslides**." In "Application of Geology to Engineering Practice." Berkey Volume, Sidney Paige, Chairman; Geol. Soc. America, p. 83-123, 1950

TOHARI, Adrin. Study of rainfall-induced landslide: a review. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2018. p. 012036.

TRISNAWATI, D., & HIDAYATILLAH, A. S. The relationship of lithology with landslide occurrences in Banyumanik and Tembalang Districts, Semarang City. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1047, No. 1, p. 012026). IOP Publishing. (2022, July).

UHLEIN, A.; OLIVEIRA, H. A. História geológica do Quadrilátero Ferrífero. Rev. **Ciência Hoje**, v. 27, n. 160, p. 68-71, maio 2000.

UNISDR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION Early Warning – From Concept to Action: the Conclusions of the Third International Conference on Early Warning (EWC III), 2006.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction, Terminology on disaster risk reduction. **Geneva, Switzerland:** Milestones in the History of Disaster Risk Reduction. 2013.

UNISDR. 2015. Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. In: UN world conference on disaster risk reduction, **Sendai, Japan**. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction; 2015.

UNISDR, Terminology for Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Geneva, Switzerland, Disaster Risk Reduction Jury, Report 2017.

VARNES, David J. Slope movement types and processes. **Special report**, v. 176, p. 11-33, 1978.

VALENZUELA P., Zêzere J.L., Domínguez-Cuesta M.J., Mora García M.A.. Empirical rainfall thresholds for the triggering of landslides in Asturias (NW Spain). **Landslides**, 16(7), 1285–1300, 2019.

WESTEN, VAN Cees J.; CASTELLANOS, Enrique; KURIAKOSE, Sekhar L. Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: An overview. **Engineering geology**, v. 102, n. 3-4, p. 112-131, 2008.

WAYLLACE, Alexandra; LU, Ning; THUNDER, Barbara. Hydrological behavior of an infiltration induced landslide in Colorado, USA. In: Eighth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2019.

XAVIER, H. Percepção geográfica dos deslizamentos de encostas em áreas de risco no município de Belo Horizonte, MG. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, 222p, 1996.

ZHANG, Sen et al. Definition of Rainfall Thresholds for Landslides Using Unbalanced Datasets: Two Case Studies in Shaanxi Province, China. **Water**, v. 15, n. 6, p. 1058,., São Paulo. Proc., São Paulo: ABGE, v.2, p. V-GR.1-57, 2023.

 EXCO
FX()
 _

Data	Cod. Deslizamento	Coorde	enadas	Localização (Logradouro)	Unidade Geológica	Micro bacia	ESTAÇÃO de referência	24h	48h	72h	96h	5 dias	7 dias	12 dias
22/11/1996	M116	19°38'39.60"S	43°13'40.56"O	Rua Virgílio Gazire 95 Clóvis Alvim II.	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	75	136,00	166,50	174,00	174,00	235,00	245,50
06/01/1997	M182	19°39'19.25"S	43°12'48.83"O	Rua João de Deus, 215 Santa Tereza.	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	34	68,00	142,00	246,00	246,00	321,00	358,00
20/01/1997	M122	19°38'48.56"S	43°13'34.81"O	Rua Virgílio José Gazire 562.	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	62	62,00	62,00	64,00	76,50	133,00	142,00
15/12/1997	M153	19°37'26.75"S	43°12'20.51"O	Travessa Caratinga 70 Jardim das Oliveiras.	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	29	29	29	29	36	95	95
18/12/1997	M65	19°38'56.24"S	43°13'59.59"O	Rua Olvao Bilac 586 Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	11	116,50	135,50	164,50	164,50	164,50	279,50
18/12/1997	M66	19°39'0.77"S	43°14'13.89"O	Rua Raul Pompeia 28 fundos Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	11	116,50	135,50	164,50	164,50	164,50	279,50
26/01/1998	M207	19°38'50.29"S	43°12'42.92"O	Rua dos Deputados, 154, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	56	56,00	56,00	56,00	57,00	57,00	221,00
22/01/2002	M92	19°38'8.12"S	43°13'16.36"O	Rua José Basílio Caetano 235 Agua Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	1,00	23,00	66,00	66,00	138,00
06/02/2002	M191	19°39'16.84"S	43°12'28.70"O	Rua Dw 65 335 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	8,00	30,00	63,80	71,00	123,00
19/02/2002	M144	19°37'31.79"S	43°12'31.11"O	Rua Morro do Pilar n29 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	35	72	132	154	154	154	247
16/12/2002	M55	19°36'50.70"S	43°13'51.20"O	Rua Totonho Ramos Penha	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	48	48	48	115	115	201	262
03/01/2003	M62	19°38'49.79"S	43°13'55.51"O	Rua José de Alencar 91 Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	21	50,00	67,00	87,00	98,00	127,50	196,50
03/01/2003	M142	19°37'42.23"S	43°12'34.73"O	Rua Mariana 675 Jaridm das Olivieiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	87	88,6	97,4	115,4	157,4	157,4	221,4
09/01/2003	M133	19°37'35.72"S	43°13'59.49"O	Rua Um 118 Alto Boa Vista	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	7	52,2	108,6	128	128	215	285,8
16/01/2003	M154	19°37'25.96"S	43°12'21.42"O	Travessa Caratinga 53 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	123	190	202	242,4	242,4	243,2	371,2
16/01/2003	M17	19°38'44.97"S	43°13'31.89"O	Rua F 39 Madre Maria de jesus	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
16/01/2003	M26	19°39'51.34"S	43°13'34.73"O	Rua das Laranjeiras 55 Bairro conceição	Xistos Unidade Nova Lima	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
16/01/2003	M43	19°38'50.31"S	43°13'16.17"O	av Galileia 667 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
16/01/2003	M100	19°38'43.31"S	43°13'39.22"O	Rua José cândido Clovis Alvim II	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
16/01/2003	M114	19°38'41.43"S	43°13'40.28"O	Rua José cândido da Silva 144 Clóvis Alvim	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
16/01/2003	M168	19°39'4.87"S	43°12'36.54"O	Av dos médicos 266	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
16/01/2003	M205	19°38'51.32"S	43°12'42.73"O	Tv Deputados, 148, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	208	259,00	268,00	300,00	315,70	345,00	479,00
17/01/2003	M95	19°38'39.94"S	43°13'24.31"O	Rua Beta Salmonete 151 Água Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Cauê	31	154	220,6	232,6	273	273	401,8
17/01/2003	M10	19°38'42.67"S	43°13'21.42"O	Rua A, 194 Agua Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	29	237,00	288,00	297,00	329,00	369,00	499,00
17/01/2003	M25	19°38'51.71"S	43°13'28.06"O	Av Galileia 881 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	29	237,00	288,00	297,00	329,00	369,00	499,00
17/01/2003	M96	19°38'39.34"S	43°13'26.69"O	Rua A" 194 Agua fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	29	237,00	288,00	297,00	329,00	369,00	499,00
17/01/2003	M119	19°38'37.54"S	43°13'41.61"O	Rua Virgílio Gazire 34 Clóvis Alvim	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	29	237,00	288,00	297,00	329,00	369,00	499,00
18/01/2003	M74	19°38'26.59"S	43°13'25.69"O	Rua Salmonete 99 agua Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	12	78,60	202,00	232,60	232,60	378,00	509,00
19/01/2003	M51	19°37'7.07"S	43°13'55.21"O	Avenida France de Paula Andrade 87	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	0	0	30,6	154	220,6	273	326
19/01/2003	M82	19°37'6.97"S	43°13'56.49"O	Av France de Paula Andrade 87 Vila Paciência	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	0	0	30,6	154	220,6	273	326
19/01/2003	M98	19°39'14.14"S	43°12'43.49"O	Rua dos Estudantes 302 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	5	29,00	58,00	266,00	241,40	358,00	462,00
20/01/2003	M19	19°38'45.33"S	43°13'31.75"O	Beco F 316 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	11	16,00	40,00	69,00	315,70	337,00	409,00
20/01/2003	M20	19°38'45.58"S	43°13'32.42"O	Beco F 350 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	11	16,00	40,00	69,00	315,70	337,00	409,00
20/01/2003	M109	19°38'37.20"S	43°13'35.46"O	Rua Alvim Vieira Gomes	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	11	16,00	40,00	69,00	315,70	337,00	409,00

20/01/2003	M110	19°38'46.55"S	43°13'55.21"O	Rua D Antonio Felix Filho 64	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	11	16,00	40,00	69,00	315,70	337,00	409,00
20/01/2003	M111	19°38'41.54"S	43°13'40.72"O	Rua Jose Candido 154 Clovis Alvim II	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	11	16,00	40,00	69,00	315,70	337,00	409,00
21/01/2003	M14	19°38'22.52"S	43°13'25.19"O	Rua Lula 133	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Periquito	Conceição	1	12,00	17,00	41,00	153,40	329,00	415,00
21/01/2003	M16	19°38'44.42"S	43°13'32.41"O	Rua F 35 Madre Maria de Jesus	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	1	12,00	17,00	41,00	153,40	329,00	415,00
21/01/2003	M173	19°39'6.48"S	43°12'17.74"O	Rua Dw 78 dos Loucutores, 171, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	1	12,00	17,00	41,00	153,40	329,00	415,00
21/01/2003	M15	19°37'11.46"S	43°12'13.54"O	Rua 02 292 Nova Vista	Filitos e metagrauvacas	Córrego Doze	Cauê	12	11,8	42,4	166	166	232,4	285,6
27/01/2003	M73	19°38'22.59"S	43°13'27.14"O	Rua Tabuti 7, Agua Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	12,30	44,00	321,00
29/01/2003	M11	19°38'47.77"S	43°13'9.60"O	Rua Maria Gomes, 100 e 130	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	35,40	35,40	60,00
29/01/2003	M13	19°38'25.77"S	43°13'28.20"O	Rua Lula 49 Agua Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	35,40	35,40	60,00
30/01/2003	M97	19°38'47.77"S	43°13'8.33"O	Rua M Gomes 100, 130 Bethânia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	7	17,00	17,00	17,00	51,60	77,00	77,00
26/06/2003	M248	19°38'52.81"S	43°13'20.49"O	Rua Naum, 42, Bethania	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22/07/2003	M215	19°37'48.42"S	43°12'23.63"O	Rua Juiz de Fora, 380, Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	0	0	0	0	0	2
03/02/2005	M61	19°38'50.61"S	43°13'52.97"O	Rua José de Alencar 140 Bairro Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	5	6,80	11,20	13,20	13,20	28,20	129,00
10/02/2005	M24	19°38'49.68"S	43°13'48.12"O	Rua Galileia beco 11 num 10	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	3	3,00	31,00	31,00	31,00	31,00	53,20
10/02/2005	M125	19°38'46.90"S	43°13'48.97"O	Rua Galileia Beco 11 n10	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	3	3,00	31,00	31,00	31,00	31,00	53,20
07/03/2005	M108	19°39'5.93"S	43°13'45.59"O	Rua E, n59 -Bairro Clóvis Alvim I	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	3,20	83,00	154,60	170,00	262,40	295,80
10/03/2005	M22	19°38'48.01"S	43°13'46.75"O	Rua A 70 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,40	0,40	0,60	317,00	154,60	262,30
11/03/2005	M197	19°39'4.62"S	43°12'29.31"O	Rua Dw 74, Agricultores 92, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,40	0,40	0,40	60,00	83,40	262,80
17/11/2005	M193	19°39'20.89"S	43°12'31.39"O	Rua Dona Lilica 56, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	2	2,00	23,60	33,20	42,90	153,60	167,00
13/10/2006	M63	19°38'49.79"S	43°13'55.51"O	Rua José de Alencar 91 A Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	45	45,40	45,80	52,80	52,80	67,80	70,00
16/12/2006	M227	19°39'34.78"S	43°14'9.61"O	Rua José Hidemburgo Gonçalves 749, Fenix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	34	71,80	113,00	122,20	168,00	192,60	288,20
05/01/2007	M34	19°38'50.30"S	43°13'40.37"O	Rua B, 178, Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	26	31,60	67,20	118,00	118,00	128,20	225,40
05/01/2007	M120	19°38'46.64"S	43°13'41.52"O	Rua Virgílio José Gazire 320 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	26	31,60	67,20	118,00	118,00	128,20	225,40
11/01/2007	M188	19°39'1.20"S	43°12'41.13"O	Rua dos Engranxates, 283, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	9	10,40	34,80	34,80	72,40	72,40	175,00
11/01/2007	M189	19°39'7.59"S	43°12'4.48"O	Rua Dw n65 Gabiorba	Filitos e metagrauvacas	Médio Peixe	Conceição	9	10,40	34,80	34,80	72,40	72,40	175,00
23/01/2007	M115	19°38'45.14"S	43°13'40.11"O	Rua José Cândido da Silva 243	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	47	47,20	48,20	48,20	48,20	48,20	90,20
18/06/2007	M216	19°37'24.10"S	43°12'30.11"O	Rua Aprigio Conceição Pires 281	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	0	0	0	0	0	0
22/10/2007	M64	19°38'58.43"S	43°14'17.06"O	Rua Costa e Silva 148	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	50,00	74,60	74,60	74,60	74,60
15/12/2007	M214	19°38'8.54"S	43°12'13.74"O	Rua João Camilo Torres, 1550, Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	9	8,6	8,6	57	79,4	79,4	140,5
11/01/2008	M224	19°39'12.61"S	43°14'0.74"O	Rua G, 111, Fênix	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	2,00	14,20	14,20	15,60	15,60
27/01/2008	M93	19°38'59.34"S	43°13'57.17"O	Rua Afonso Pena 177 Bairro Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	27	27,00	27,00	28,00	40,00	40,00	70,80
27/01/2008	M94	19°38'37.88"S	43°13'27.43"O	Rua A Doutor Nefitali bairro Água Fresca frente	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	27	27,00	27,00	28,00	40,00	40,00	70,80
31/01/2008	M137	19°37'34.16"S	43°13'59.95"O	Rua 04 33, Alto Boa Vista	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	73	103,4	119,6	150,4	183,5	203,3	225,9
31/01/2008	M167	19°39'3.20"S	43°12'35.99"O	Av. dos médicos 212 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	74	104,40	121,30	162,30	162,30	189,30	202,30
31/01/2008	M203	19°38'50.57"S	43°12'44.77"O	Tv .dos Deputados, 191, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	74	104,40	121,30	162,30	162,30	189,30	202,30
24/02/2008	M218	19°39'32.20"S	43°14'5.92"O	Rua Matilde Bragança Pereira, 70, Fênix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,20	0,20	0,60	0,60	0,60	1,60
24/02/2008	M225	19°39'31.50"S	43°14'5.47"O	Rua Matilde Pereira Bragança, 60, Fenix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,20	0,20	0,60	0,60	0,60	1,60
28/02/2008	M71	19°38'52.38"S	43°13'52.67"O	Rua Casimiro de Abreu 370	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	24,00	56,40	56,40	56,60	57,00
14/03/2008	M132	19°37'36.24"S	43°13'59.41"O	Rua Um Alto Boa Vista	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	0	40,4	40,4	40,4	93,7	129,3	218,9

14/03/2008	M181	19°39'32.44"S	43°12'36.51"O	Rua BW-06 Gabiroba, 137	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	47,40	47,40	47,40	60,00	80,40	171,10
17/03/2008	M152	19°37'33.57"S	43°12'22.98"O	Rua Caratinga 260 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	4,6	21,2	21,2	61,6	61,6	191,3
26/03/2008	M176	19°39'26.58"S	43°12'42.21"O	Rua dos Professores 670, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	44	44,20	53,00	53,00	53,00	53,00	75,20
05/05/2008	M23	19°38'45.61"S	43°13'48.08"O	Rua A 163 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	44	43,80	43,80	43,80	46,40	46,40	46,40
18/09/2008	M70	19°38'53.66"S	43°13'50.00"O	Rua Casimiro de Abreu 378 B Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	4	10,60	32,60	32,60	32,60	32,60	32,60
05/11/2008	M216	19°37'2.41"S	43°12'24.48"O	Vista	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Doze	Cauê	1	7,4	24,4	24,4	24,4	44,5	44,5
11/11/2008	M156	19°37'26.74"S	43°12'22.80"O	Rua Caratinga, 19, Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	60	81,9	81,9	81,9	102	105,9	149,1
11/11/2008	M226	19°39'31.34"S	43°14'13.04"O	Rua D, 420, Fenix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	80	84,00	84,00	84,00	84,00	121,00	184,60
24/12/2008	M35	19°37'25.04"S	43°13'34.57"O	Rua São José 241 Centro	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	81	81	81,5	82,1	83	148,8	335,1
24/12/2008	M134	19°37'32.04"S	43°14'0.83"O	Rua 02 n83 Rua Alto Boa Vista	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	81	81	81,5	82,1	83	148,8	335,1
24/12/2008	M263	19°38'31.91"S	43°13'23.24"O	Rua E, 749, Fenix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	83	83,20	85,00	85,00	95,00	135,80	295,20
26/12/2008	M166	19°39'3.42"S	43°12'35.11"O	Av. dos médicos 191 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	34	33,60	116,80	118,60	118,60	118,60	328,80
26/12/2008	M206	19°38'50.09"S	43°12'44.19"O	Tv Deputados, 178, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	34	33,60	116,80	118,60	118,60	118,60	328,80
26/12/2008	M49	19°37'5.90"S	43°13'55.68"O	Avenida Francis de Paula 135, Vila Paciência /Cisne	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	13	38,2	119,2	119,2	119,2	121,3	312,9
26/12/2008	M211	19°38'31.83"S	43°11'45.33"O	Rua Santa Maria, 70, Praia	Filitos e metagrauvacas	Baixo Água Santa	Cauê	13	38,2	119,2	119,2	119,2	121,3	312,9
27/12/2008	M216	19°37'23.22"S	43°12'26.45"O	Rua aprigio Conceição, 180, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	44	57,2	82,2	163,2	163,2	164,3	336,3
28/12/2008	M77	19°39'10.33"S	43°14'3.62"O	Rua Humbeto Campos 563 João XXIII	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	46	92,00	125,60	125,60	153,40	210,60	304,40
28/12/2008	M178	19°39'27.83"S	43°12'43.74"O	Rua dos Professores 742, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	46	92,00	125,60	125,60	153,40	210,60	304,40
28/12/2008	M221	19°39'35.34"S	43°14'9.54"O	Rua José Hidemburgo Gonçalves 749, Fenix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	46	92,00	125,60	125,60	153,40	210,60	304,40
28/12/2008	M259	19°39'5.97"S	43°12'7.95"O	Rua Dw 65,240Gabiroba	Xistos Unidade Nova Lima	Médio Peixe	Conceição	46	92,00	125,60	125,60	153,40	210,60	304,40
28/12/2008	M261	19°39'12.49"S	43°12'32.30"O	Rua Dw 65 , Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	46	92,00	125,60	125,60	153,40	210,60	304,40
28/12/2008	M131	19°37'35.87"S	43°13'58.82"O	rua um alto da boa vista itabira	Itabiritos e Formação Ferrífera	Alto água Santa	Cauê	82	126	139,2	164,2	245,7	245,7	360,8
28/12/2008	M140	19°37'32.29"S	43°14'3.38"O	Rua Argila 103 Moinho Velho	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	82	126	139,2	164,2	245,7	245,7	360,8
28/12/2008	M141	19°37'32.49"S	43°14'3.65"O	Rua Argila n 119 Moinho Velho	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	82	126	139,2	164,2	245,7	245,7	360,8
29/12/2008	M183	19°39'26.58"S	43°12'28.57"O	Rua Benevides dos Santos, 40 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	67	113,60	159,60	193,20	220,00	276,20	328,80
29/12/2008	M200	19°38'50.61"S	43°12'44.34"O	Travessa Deputados 78, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	67	113,60	159,60	193,20	220,00	276,20	328,80
02/01/2009	M231	19°39'42.54"S	43°14'13.61"O	Rua João Martins de Souza, n 275, Fênix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	48	58,70	81,90	83,90	92,00	184,60	243,30
05/01/2009	M163	19°39'2.15"S	43°12'37.98"O	Rua dos Mecânicos (W23), 140, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	20	53,40	68,80	117,20	117,20	150,70	345,70
05/01/2009	M222	19°42'52.44"S	43°13'39.23"O	Rua Moreira, Candidópolis,75	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Candidopolis	Conceição	20	53,40	68,80	117,20	117,20	150,70	345,70
05/01/2009	M216	19°37'23.12"S	43°12'28.42"O	Rua aprigio Conceição, 232, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	24	63,4	81,4	138,4	150	165	348,1
06/01/2009	M172	19°39'9.49"S	43°12'15.06"O	Rua Dw 78 dos Loucutores,240, Gabiroba	Filitos e metagrauvacas	Médio Peixe	Conceição	28	47,80	81,00	96,40	120,00	178,40	373,40
08/01/2009	M69	19°38'53.95"S	43°13'54.33"O	Rua Casimiro de Abreu 455 Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	14,20	41,80	62,00	82,00	159,00	307,90
09/01/2009	M194	19°39'7.71"S	43°12'20.87"O	Rua dos desenhistas, 31 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	14,20	41,80	60,00	159,00	251,60
19/01/2009	M68	19°39'6.24"S	43°13'46.13"O	Rua Cora Coralina 55	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	40	48,70	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00
22/01/2009	M148	19°37'45.42"S	43°12'31.58"O	Rua Ouro Preto 1121 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	10	36,8	55,6	59	72,2	72,2
27/01/2009	M216	19°37'23.53"S	43°12'28.90"O	Rua aprigio Conceição, 242, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	41	41,8	58,4	61,7	70	80,4	142,6
26/02/2009	M169	19°39'15.33"S	43°12'35.45"O	Av dos médicos 274	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	1	1,00	1,00	9,40	9,40	9,40	50,00
06/03/2009	M190	19°39'12.49"S	43°12'32.30"O	Rua Dw 65 250 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	9	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	19,40
01/07/2009	M192	19°39'7.84"S	43°12'9.90"O	Rua Dw 65,371 Gabiroba	Filitos e metagrauvacas	Médio Peixe	Conceição	0	1,00	41,00	41,00	41,00	41,00	41,00

12/09/2009	M79	19°39'14.37"S	43°13'53.70"O	Rua I João XXIII 50	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	8,40	8,40	8,50
15/09/2009	M106	19°38'37.59"S	43°13'33.67"O	Rua Sebastião José Gomes 147	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	8,40	8,40	8,40
22/09/2009	M33	19°37'11.92"S	43°13'39.24"O	Cemiterio do Cruzeiro	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	39	42,3	42,3	42,3	42,3	42,3	42,3
24/09/2009	M12	19°38'46.27"S	43°13'9.32"O	Av Maria Gomes 320	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	5	4,70	66,70	67,60	67,60	67,60	67,60
26/10/2009	M31	19°37'19.55"S	43°13'23.99"	CDA 621 centro	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	42	41,6	41,6	67,8	101	134,2	165,7
26/10/2009	M157	19°37'36.40"S	43°12'29.97"O	Rua Curvelo, 51, Jardim Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	42	41,6	41,6	67,8	101	134,2	165,7
03/12/2009	M104	19°38'39.13"S	43°13'33.15"O	Rua Sebastião José Gomes Clovis II 235	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	13	12,80	24,60	36,40	36,40	36,40	40,20
15/01/2010	M75	19°38'56.48"S	43°13'51.31"O	Rua Castro Alves	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,10
16/01/2010	M179	19°39'34.55"S	43°12'43.75"O	Rua dos Professores 1192, gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	9	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	24,40
25/01/2010	M230	19°39'39.77"S	43°14'21.32"O	Rua João Martins de Souza, n 20, Fênix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	2,20	2,20	2,20	2,20	18,70
19/02/2010	M85	19°37'37.45"S	43°13'53.56"O	Rua Cesário Alvim Sobrinho 74 Alto Pereira	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	0	0	0	0	0	0	24,3
04/03/2010	M216	19°37'22.24"S	43°12'35.38"O	Rua Olinto Martins de Souza, 104, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	96	158,7	177,9	196	196	196	209,2
05/03/2010	M136	19°37'34.29"S	43°14'0.65"O	Rua 03, 53 Alto Boa Vista	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	6	101,7	164,5	183,7	201,8	201,8	215
07/04/2010	M50	19°36'49.67"S	43°13'44.57"O	Avenida France de Paula 525 Vila Cisne	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	75	91	117,8	117,8	117,8	153	162,4
07/04/2010	M138	19°37'28.19"S	43°13'59.78"O	Rua tres irmaos Pará	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	75	91	117,8	117,8	117,8	153	162,4
07/04/2010	M216	19°37'24.29"S	43°12'29.89"O	Rua aprigio Conceição, 281, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	75	91	117,8	117,8	117,8	153	162,4
02/11/2010	M216	19°37'26.25"S	43°12'36.18"O	Rua Franklin Figueiredo, 47, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	49,6
07/11/2010	M202	19°38'51.62"	43°12'40.59"O	Tv. Dos Deputados 214, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	16,60	17,60	20,40	83,60	83,60	83,60
08/11/2010	М9	19°38'33.24"S	43°13'19.12"O	Rua Palmeiras 301 Agua Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	19	18,80	35,40	36,42	80,80	80,80	102,40
23/11/2010	M46	19°38'48.03"S	43°13'36.28"O	av galileia beco 05	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	74	74,40	85,20	85,20	85,20	91,40	120,70
23/11/2010	M47	19°38'48.99"S	43°13'42.27"O	Rua 6 185 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	62	62,00	92,00	85,20	85,20	91,40	120,70
28/11/2010	M45	19°38'51.19"S	43°13'33.04"O	Av Galieia 252	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	79,10	87,30	88,70	88,70	172,30	189,30
28/11/2010	M102	19°38'39.13"S	43°13'33.15"O	Rua Sebastião José Gomes Clovis Alvim 235	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	79,10	87,30	88,70	88,70	172,30	189,30
28/11/2010	M199	19°39'29.41"S	43°12'32.55"O	Rua Bw 150 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	79,10	87,30	88,70	88,70	172,30	189,30
29/11/2010	M146	19°37'31.21"S	43°12'30.29"O	Rua Morro do Pilar 38 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	79	79,1	87,3	88,7	172,3	185,9
29/11/2010	M175	19°38'51.87"S	43°12'46.38"O	Rua dos Poetas, Gabiroba,74	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	79,00	79,10	87,30	87,30	172,30	185,90
29/11/2010	M216	19°37'23.04"S	43°12'24.24"O	Rua aprigio Conceição, 128, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	79	79,1	87,3	88,7	172,3	185,9
29/11/2010	M216	19°37'2.44"S	43°12'24.79"O	Rua João Julio de Oliveira, 282, Bela Vista	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Doze	Cauê	0	79	79,1	87,3	88,7	172,3	185,9
30/11/2010	M196	19°39'4.62"S	43°12'29.31"O	Rua Dw 74, Agricultores 92, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	74,00	74,00	74,00	89,00	164,00
15/12/2010	M123	19°37'17.79"S	43°12'20.46"O	Rua 01 beco 02 n19 Nova Vista	Filitos e metagrauvacas	Córrego Doze	Cauê	111	116	116	116	116	116	132,4
15/12/2010	M147	19°37'31.15"S	43°12'29.59"O	Rua Ouro Preto 644 Nossa Senhora das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	111	116	116	116	116	116	132,4
27/12/2010	M117	19°38'43.68"S	43°13'42.83"O	Rua Virgílio José Gazire 235 Clóvis Alvim II	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	68	122,60	122,60	174,80	174,80	174,80	180,40
27/12/2010	M184	19°39'33.66"S	43°12'39.58"O	Rua Bw 08, 1113 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	68	122,60	122,60	174,80	174,80	174,80	180,40
27/12/2010	M216	19°37'28.79"S	43°12'31.28"O	Beco Vereador José Getúlio Soares, 48	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	68	122,6	122,6	174,8	174,8	174,8	180,4
28/12/2010	M204	19°38'53.72"S	43°12'42.06"O	Tv. dos Deputados, 144, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	12	80,60	134,80	187,00	187,00	187,00	189,20
29/12/2010	M262	19°39'4.64"S	43°12'13.72"O	Rua Dw 65 289, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	77	89,00	143,40	186,40	186,40	228,00	228,00
29/12/2010	M37	19°38'48.04"S	43°13'31.04"O	Travessa São Domingos 168 em frente ao bloco F	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Cauê	87	99,4	167,8	222	222	274,2	274,2
29/12/2010	M127	19°38'43.27"S	43°13'35.49"O	rua 5 n406 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	87	99,40	167,80	222,00	222,00	274,20	274,20
29/12/2010	M128	19°38'46.10"S	43°13'32.40"O	Beco F 315 Madre Maria de Jesus	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Cauê	87	99,4	167,8	222	222	274,2	274,2

29/12/2010	M150	19°38'43.27"S	43°13'35.49"O	Rua 05 406 , Madre Maria de Jesus	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	87	99,40	167,80	222,00	222,00	274,20	274,20
04/01/2011	M244	19°38'50.61"S	43°13'11.21"O	Rua Jordânia, 37, Bethânia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	14	79,00	79,00	79,00	79,00	165,00	237,00
05/01/2011	M223	19°39'32.41"S	43°14'8.49"O	Rua José Hidemburgo Gonçalves 655, Fenix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	16	30,20	95,20	95,20	95,20	104,20	237,00
13/01/2011	M216	19°37'22.47"S	43°12'33.68"O	Rua Olinto Martins de Souza 162	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	13	15,8	16,3	16,3	16,3	16,3	71,9
14/01/2011	M220	19°39'24.76"S	43°14'4.43"O	Rua onze, 140, Fênix	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	58	57,80	59,20	59,20	159,70	192,80	192,80
20/02/2011	M99	19°38'22.53"S	43°13'26.29"O	Rua Lula 121 Água Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18/03/2011	M44	19°38'50.35"S	43°13'47.86"O	rua galileia beco 11 num 03	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	33,00	33,00	33,00	33,00	92,80	92,80
18/03/2011	M86	19°39'5.80"S	43°13'52.87"O	Rua Afonso Pena 420	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Conceição	0	33,00	33,00	33,00	33,00	92,80	92,80
17/10/2011	M124	19°37'12.32"S	43°12'13.87"O	Rua 02 n262 Bairro Nova Vista	Filitos e metagrauvacas	Córrego Doze	Cauê	47	47,2	47,2	47,3	51,9	51,9	68,1
17/10/2011	M216	19°37'28.69"S	43°12'31.13"O	Beco Vereador José Getúlio Soares, 142,	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	47	47,2	47,2	47,3	51,9	51,9	68,1
18/10/2011	M39	19°38'46.12"S	43°13'39.93"O	Rua Virgilio Jose gazire, 355, Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	22	80,00	80,00	80,00	80,00	83,60	83,60
31/10/2011	M78	19°39'17.80"S	43°13'55.97"O	Rua Humbeto Campos 612 João XXIII	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	38	38,00	38,00	38,00	38,00	41,00	113,00
03/11/2011	M145	19°37'30.62"S	43°12'30.01"O	Rua Morro do Pilar 44 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	0,1	10,1	41,1	42	42,1	42,1
22/11/2011	M80	19°39'16.22"S	43°13'53.89"O	Rua João Fernandes Vieira n21	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	10,80	10,80	32,80	32,80	53,20
23/11/2011	M101	19°38'39.24"S	43°13'34.30"O	Rua Landro Saturtino de Souza 65 Clovis Alvim II	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	4	3,50	3,50	82,10	100,00	186,90	277,30
23/11/2011	M113	19°38'42.51"S	43°13'41.49"O	Rua José Candido Clovis Alvim II 194	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	4	3,50	3,50	82,10	100,00	186,90	277,30
26/11/2011	M42	19°38'52.43"S	43°13'28.31"O	Av Galieia 410 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	38,00	100,00	130,00	130,00	220,00
26/11/2011	M59	19°39'6.63"S	43°13'54.28"O	Av Machado de Assis bairro machado 361	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	38,00	100,00	130,00	130,00	220,00
27/11/2011	M165	19°38'57.38"S	43°12'35.85"O	Rua dos mecânicos 325, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	38,00	130,00	130,00	220,00
28/11/2011	M121	19°38'47.69"S	43°13'37.50"O	Rua Virgílio José Gazire 474 Clovis II	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	137,00
28/11/2011	M161	19°37'54.43"S	43°12'50.84"O	Rua Camelia, 211, Juca Rosa	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	137,00
28/11/2011	M170	19°39'3.18"S	43°12'23.17"O	Rua dos metalúrgicos 102, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	137,00
29/11/2011	M257	19°37'41.44"S	43°12'25.88"O	Rua 01 N°400 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Caue	0	46,2	50,2	100,2	152,2	264,8	299,2
11/12/2011	M216	19°37'16.61"S	43°12'38.94"O	Rua Franklin Figueiredo, 11, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	76	76,1	109	113,1	113,1	133,7	216,5
20/12/2011	M29	19°37'21.89"S	43°12'30.23"O	Rua Dr Guerra, 8 centro	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	34	34	90	153,1	163,1	171,9	282,9
20/12/2011	M32	19°37'37.66"S	43°13'35.16"O	Rua Salvino Pascoal 161	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	34	34	90	153,1	163,1	171,9	282,9
20/12/2011	M139	19°37'32.49"S	43°14'3.65"O	Rua Argila n 119 Moinho Velho	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Cauê	34	34	90	153,1	163,1	171,9	282,9
20/12/2011	M209	19°37'53.46"S	43°12'28.00"O	Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	34	34	90	153,1	163,1	171,9	282,9
20/12/2011	M216	19°37'26.47"S	43°12'28.35"O	Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	34	34	90	153,1	163,1	171,9	282,9
20/12/2011	M67	19°38'51.16"S	43°13'52.35"O	Av Rui Barbosa 394 Machado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M112	19°38'42.51"S	43°13'41.49"O	Rua josé Candidos Da Silva 194 Clovis	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M162	19°39'11.63"S	43°13'56.97"O	Rua C,66 João XXIII	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M171	19°39'3.18"S	43°12'23.17"O	Rua dos Metalúrgicos -w30, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M180	19°39'30.25"S	43°12'37.78"O	Rua BW-06 Gabiroba, 50	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M201	19°38'54.96"S	43°12'43.48"O	Rua dos deputados, 96, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M208	19°38'49.70"S	43°12'45.08"O	Travessas dos deputados, 45	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M217	19°39'32.16"S	43°14'7.39"O	Rua Jose Doroteia dos Reis, 141, Fênix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M228	19°39'33.31"S	43°14'8.18"O	Rua jose doroteia, Santa Ruth	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70
20/12/2011	M255	19°38'53.48"S	43°13'8.60"O	Rua Jordânia, 160, Bethania	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	79	183,40	183,40	183,40	241,40	262,00	283,70

29/12/2011	M242	19°38'54.34"S	43°13'7.62"O	Rua Jordânia 192 Bethania	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	40	64,30	64,30	64,30	64,30	69,80	253,20
02/01/2012	M258	19°39'7.21"S	43°12'45.24"O	Rua DW 77 Av Almir Pessoa de Magalhães	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	33	163,60	163,60	200,30	264,60	264,60	270,10
02/01/2012	M216	19°37'23.50"S	43°12'27.01"O	Rua Aprigio da Conceição Pires	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	33	163,6	194	233,6	255,2	255,2	258,4
03/01/2012	M88	19°39'10.10"S	43°14'35.34"O	Rua Jacarandá 167 Abóboras	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	58	91,00	221,60	221,60	221,60	322,60	328,10
04/01/2012	M159	19°37'56.18"S	43°12'42.09"O	Travessa Vitoria Minas, 157, Juca Rosa	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	63	120,6	153,6	284,2	314,6	375,8	379
05/01/2012	M58	19°42'3.12"S	41°55'31.94"O	Rua Acre 489	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Peixe	Conceição	40	77,10	135,10	168,10	180,00	335,30	436,30
09/01/2012	M195	19°39'7.10"S	43°12'2.71"O	Rua Dw 93, 336	Filitos e metagrauvacas	Médio Peixe	Conceição	111	110,50	110,50	119,30	150,00	254,40	495,00
10/01/2012	M103	19°39'6.34"S	43°14'5.09"O	Rua São Tarcisio João XXIII	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	19	129,90	129,90	129,90	150,00	215,80	474,10
19/03/2012	M186	19°39'3.88"S	43°12'29.22"O	Rua Dw60, 130 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	23	22,70	22,70	79,70	91,40	91,40	91,40
30/11/2012	M130	19°37'32.49"S	43°14'3.65"O	Rua Argila n 119 Moinho Velho	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	0	10,8	36	67,8	109,6	109,6	116,4
07/02/2013	M155	19°37'26.51"S	43°12'21.32"O	Travessa Caratinga, 50, Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	5	148	148	148	210,4	215,6	272
06/12/2013	M89	19°38'14.86"S	43°13'53.23"O	Rua Roraima 491, São Bento	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	89	88,8	89,1	103,9	112,4	150,3	170,3
06/12/2013	M38	19°38'48.28"S	43°13'31.50"O	Rua São domingos 180, beco E, Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	107	106,90	106,90	133,10	151,00	194,90	231,70
06/12/2013	M40	19°38'46.12"S	43°13'39.93"O	Rua Virgilio Jose gazire, 355, Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	107	106,90	106,90	133,10	151,00	194,90	231,70
06/12/2013	M57	19°40'0.69"S	43°14'5.90"O	Rua Aloes n 15 Balsamos	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	107	106,90	106,90	133,10	151,00	194,90	231,70
06/12/2013	M90	19°38'32.30"S	43°14'4.19"O	Rua Honorina Machado da Costa	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	107	106,90	106,90	133,10	151,00	194,90	231,70
06/12/2013	M174	19°38'54.49"S	43°12'51.54"O	Rua dos Poetas, Gabiroba,	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	107	106,90	106,90	133,10	151,00	194,90	231,70
24/12/2013	M2	19°37'45.60"S	43°12'40.38"O	Proximo a entrada São Francisco	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	34	65,6	143,6	143,6	143,6	159,9	236,7
24/12/2013	M212	19°37'45.98"S	43°12'41.25"O	Av. Cristina Gazire, 1285, Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	34	65,6	143,6	143,6	143,6	159,9	236,7
27/12/2013	M213	19°37'50.22"S	43°12'19.70"O	Rua Serro, 66, Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	94	105,2	138,8	172,4	204,4	282,4	343,1
03/04/2014	M91	19°38'15.27"S	43°13'35.65"O	Rua Professor Isabel Barbosa 98 Novo Amazonas	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	34	36,6	36,6	57,9	57,9	57,9	77,1
22/04/2014	M158	19°37'52.37"S	43°12'57.98"O	Rua Itaguara, 112, Juca Rosa	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Caue	11	11,20	11,20	11,20	11,20	11,20	15,90
02/10/2014	M84	19°37'40.52"S	43°13'56.69"O	Rua Cesário Alvim Sobrinho 225 Alto Pereira	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Cauê	44	50,5	50,5	50,5	50,5	50,5	52,4
24/10/2014	M135	19°37'34.29"S	43°14'0.65"O	Rua 03, 53 Alto Boa Vista	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	0	0,2	1,2	39,3	39,3	39,3	39,3
08/02/2015	M247	19°37'25.47"S	43°12'31.32"O	Beco Vereador José Getúlio, 140, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	38,60	56,40	59,30	65,20	65,20	65,20
09/02/2015	M216	19°38'8.54"S	43°12'13.74"O	Rua João Camilo de Oliveira 1550-Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	148	147,5	186,1	203,6	206,8	212,7	212,7
27/03/2015	M27	19°39'27.21"S	43°14'45.69"O	Rua dos Ingleses 10 Bairro Conceição	Xistos Unidade Nova Lima	Baixo Conceição	Conceição	0	0,30	3,10	6,60	69,40	69,40	69,40
24/11/2015	M160	19°37'55.26"S	43°12'51.77"	Rua Ipê 26 Juca Rosa	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Nossa Sra Das Oliveiras	15	15,40	35,20	35,60	35,60	66,80	85,80
13/01/2016	M60	19°38'46.92"S	43°14'17.62"O	Rua Gameleira Bairr Machado em frente ao posto gentil	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	João XXIII	1	41,00	41,00	41,00	41,00	41,00	86,20
19/01/2016	M83	19°37'37.36"S	43°13'59.66"O	Rua Um, Alto Boa vista	Itabiritos e Formação Ferrifera	Alto água Santa	Cauê	31	81,3	128,8	151,7	155,1	197	197
20/01/2016	M149	19°37'49.30"S	43°12'37.03"O	Rua Sabara 11 Jardim das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Nossa Sra Das Oliveiras	20	59,00	95,20	179,80	198,00	205,60	259,00
20/01/2016	M118	19°38'46.14"S	43°13'40.14"O	Rua Virgílio Gazire 355 Clóvis Alvim II	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	João XXIII	18	59,00	106,60	164,20	208,00	215,80	256,20
21/01/2016	M87	19°39'0.28"S	43°14'48.18"O	Rua Jacarandá 515 Abóboras	Itabiritos e Formação Ferrifera	Córrego Abóboras	João XXIII	1	18,40	59,60	107,20	127,50	215,60	256,80
21/01/2016	M251	19°38'54.38"S	43°13'27.92"O	Rua Naum, 491, Bethania	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	João XXIII	1	18,40	59,60	107,20	127,50	215,80	256,80
21/01/2016	M28	19°38'12.84"S	43°12'35.61"O	Rua 30, 333 Colina da Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Conceição	5	10,96	78,36	199,66	199,66	203,60	252,96
22/01/2016	M30	19°37'57.03"S	43°12'25.72"O	Rua um, 394 colina da praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Conceição	1	6,20	11,76	79,16	112,40	200,46	253,76
22/01/2016	M52	19°36'49.74"S	43°13'43.09"O	Avenida France de Paula Andrade 713	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	4	10,4	65	96	146,4	216,7	266
26/01/2016	M56	19°39'54.24"S	43°14'14.40"O	Rua Azevinho 52 Bálsamos	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	João XXIII	27	34,40	34,40	35,00	94,80	94,80	251,60
16/11/2016	M48	19°36'59.73"S	43°13'54.13"O	Rua Frida Alvarenga(antiga rua H) Vila Paciência	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	CauÊ	49	77,6	130,5	149,3	149,3	160,1	168

16/01/2017	M177	19°39'26.58"S	43°12'42.21"O	Rua dos Professores 670, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	13	70,40	113,80	149,60	149,60	183,40	183,40
20/01/2017	M54	19°37'1.84"S	43°13'51.35"O	Rua méxico 228, Vila PaciÊncia	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	0	0	0	14,4	21,9	122,1	162,3
20/01/2017	M81	19°39'17.49"S	43°13'53.30"O	Rua L João XXIII 144	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	João XXIII	0	0,00	0,00	0,00	127,50	129,60	212,10
20/01/2017	M210	19°37'53.38"	43°12'32.52"O	Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Cauê	0	0	0	14,4	21,9	122,1	162,3
20/01/2017	M229	19°39'20.70"S	43°14'13.81"O	Avenida Deputado Jorge Feroz , 560, Fênix	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	12,30	12,30	111,90
19/03/2017	M41	19°38'44.83"S	43°13'35.35"O	Beco E 107 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	78	77,60	77,60	77,60	77,60	77,60	95,40
20/03/2017	M151	19°38'45.66"S	43°13'31.29"O	Rua F 966, Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	João XXIII	1	113,80	113,80	113,80	113,80	113,80	135,80
25/03/2017	M18	19°38'47.55"S	43°13'29.42"O	Rua F 96 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	70,30	126,00	126,00
13/06/2017	M219	19°39'38.95"S	43°14'14.93"O	Rua Ernane de Oliveira, n10	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	Conceição	29	29,40	29,40	29,40	29,40	29,40	29,40
04/09/2017	M187	19°39'21.81"S	43°12'27.60"O	Rua D, 153 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02/10/2017	M107	19°39'42.56"S	43°12'49.31"O	Rua Campolina, n190, bairro Ribeira de baixo	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	24	23,60	23,60	23,60	23,60	28,70	28,70
29/12/2017	M260	19°39'13.36"S	43°12'23.79"O	Rua das Domésticas, 421	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	0	0,00	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
30/01/2018	M256	19°38'53.48"S	43°13'8.60"O	Rua Jordânia, 160, Bethania	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	76	185,60	187,20	187,20	187,20	187,40	203,60
05/02/2018	M185	19°39'34.92"S	43°12'38.04"O	Rua Bw 08, 113 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	87	92,20	106,20	185,20	201,80	370,80	372,40
05/02/2018	M198	19°39'33.87"S	43°12'41.00"O	Rua Bw 14 n 158 Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	87	92,20	106,20	185,20	185,20	370,80	372,40
06/02/2018	M129	19°38'47.07"S	43°13'40.40"O	Rua Virgilio Gazire 398 MM Jesus	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	João XXIII	27	111,20	119,40	133,60	214,60	214,60	304,20
06/02/2018	M36	19°37'34.85"S	43°13'49.23"O	Rua Sady Pereira,20 ,centro	Gnaisses, migmatitos e granitos	Alto Água Santa	Nossa Sra Das Oliveiras	37	131,20	137,00	155,20	229,00	229,00	318,40
06/02/2018	M233	19°37'23.72"S	43°12'27.68"O	Rua aprigio Conceição, 177, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Nossa Sra Das Oliveiras	37	131,20	137,00	155,20	201,80	229,00	318,40
06/02/2018	M21	19°38'46.13"S	43°13'32.37"O	Rua Virgilio Gazire 398	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Conceição	29	177,40	184,90	280,20	280,20	417,20	532,50
07/02/2018	M105	19°41'3.22"S	43°13'30.74"O	Rua 02 n110 Barreiro	Filitos e metagrauvacas	Córrego Barreiro	Conceição	0	29,10	177,40	184,90	184,90	370,90	532,50
08/02/2018	M76	19°39'6.81" S	43°13'47.53"O	Rua Cora Coralina 44-B	Gnaisses, migmatitos e granitos	Córrego Abóboras	João XXIII	1	25,80	52,80	137,00	184,90	250,40	421,00
19/02/2018	M72	19°39'33.22"S	43°12'39.92"O	Rua Bw8 113, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	31	35,00	39,40	39,40	39,40	39,40	66,20
01/03/2018	M164	19°38'59.07"S	43°12'36.73"O	Rua dos Mecânicos nº 235, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	67	67,20	67,40	73,80	105,80	105,80	263,20
02/03/2018	M143	19°37'27.05"S	43°12'27.45"O	Travessa Avenida Mariana 127 Nossa Senhora das Oliveiras	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Nossa Sra Das Oliveiras	5	72,20	92,80	92,80	92,80	128,00	212,80
28/08/2018	M53	19°37'6.38"S	43°13'51.89"O	Rua México 232, vila paciencia	Filitos e metagrauvacas	Alto água Santa	Cauê	0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	12
10/11/2018	M246	19°38'51.57"S	43°13'14.72"O	Rua Naum 94, Bethania	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	João XXIII	8	50,60	85,80	86,40	86,40	96,00	96,40
20/11/2018	M126	19°38'47.55"S	43°13'29.42"O	Rua F n96 Madre Maria	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	João XXIII	90	91,00	91,20	111,20	111,20	111,80	162,40
16/02/2021	M5	19°38'53.99"S	43°12'33.59"O	Travessa dos Advogados, Nº 104, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	71	71,80	85,60	85,80	98,20	98,20	243,40
19/02/2021	M6	19°39'10.65"S	43°12'38.32"O	Avenida Almir Pessoa Magalhães, Nº 1015, Gabiroba	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	59	91,40	93,00	163,80	163,80	227,80	350,60
21/02/2021	M3	19°37'21.89"S	43°12'30.23"O	Travessa Olinto Martins de Souza, Nº 27, Eldorado	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Gabiroba	39	50,40	143,80	148,80	240,70	267,00	278,80
20/10/2021	M4	19°39'28.88"S	43°14'5.38"O	Rua 10, Nº 30, Fênix	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	João XXIII	26	88,20	96,40	100,80	100,80	102,60	197,40
19/02/2021	M7	19°38'11.19"S	43°12'14.27"O	Rua Mesquita, Nº 175, Praia	Gnaisses, migmatitos e granitos	Baixo Água Santa	Gabiroba	59	91,40	93,00	163,80	208,80	227,80	350,60
20/02/2021	M8	19°38'26.75"S	43°13'20.52"O	Rua Beta, Nº 617, Água Fresca	Gnaisses, migmatitos e granitos	Médio Peixe	Gabiroba	38	96,60	129,40	131,00	186,40	228,20	246,20
16/11/2022	M1	19°39'36.02"S	43°13'55.57"O	Rua 12 Santa Ruth	Xistos Unidade Nova Lima	Córrego Abóboras	João XXIII	43	62,20	63,60	63,60	100,00	181,20	192,00