



## Cartografia de síntese e as escalas horizontais e verticais da paisagem: estudo sobre suscetibilidade às inundações e alagamentos em Lavras - MG

*Cartography of synthesis and the horizontal and vertical scales of the landscape: study on susceptibility to flooding and inundation in Lavras - MG*

Thiago Gonçalves Santos\*<sup>1</sup> ; Sílvia Elena Ventrini<sup>2</sup> ; Andréa Aparecida Zacharias<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGEOG/UFSJ), Departamento de Geociências, Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ) São João Del-Rei, MG, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filha (Unesp), Ourinhos, SP, Brasil.

E-mail: sventorini@ufsj.edu.br; andrea.zacharias@unesp.br

\*E-mail para correspondência: thiaguim.13@gmail.com

Recebido (Received): 07/06/2022

Aceito (Accepted): 19/05/2023

**Resumo:** As inundações são os desastres de maior recorrência no Brasil nos últimos anos; assim, o conhecimento da dinâmica natural dos cursos hídricos durante o período chuvoso é de extrema importância, pois auxilia na redução dos prejuízos causados pelas inundações. A ocupação destas áreas corresponde a uma das principais ações que vão provocar impactos durante o período chuvoso, causando prejuízos às populações a partir das ocorrências de inundações que ocupam toda área de várzea. Este artigo tem como objetivo apresentar a cartografia de síntese no detalhamento da suscetibilidade às inundações a partir de dados cartográficos e secundários em microescala, de modo que os resultados contribuam para sistematizar propostas metodológicas de acordo com os pressupostos da Cartografia Ambiental. A área de estudo compreende um trecho da planície de inundação do Ribeirão Vermelho, localizada no Bairro Esplanada, área urbana do município de Lavras/MG, Brasil. A fundamentação teórico-metodológica teve como base a Teoria Geral dos Sistemas aplicada na Geografia Física. Os materiais são compostos por dados cartográficos e secundários em microescala, que foram organizados e trabalhados no ArcGis® 10.7. A partir do mapeamento analítico das condições topográficas e antrópicas na área, foi possível realizar as análises da estrutura vertical e horizontal da paisagem. Os resultados indicam o grau de suscetibilidade às inundações e alagamentos a partir da organização das classes de Muito Baixo (1) a Muito Alto (5), subdividido em setores de acordo com a relevância das interações sistêmicas.

**Palavras chave:** Cartografia ambiental; Microescala; Zoneamento de riscos.

**Abstract:** Floods are the most recurrent disasters in Brazil in recent years; thus, knowledge of the natural dynamics of watercourses during the rainy season is extremely important, because it helps to reduce the damage caused by floods. The occupation of these areas corresponds to one of the main actions that will cause impacts during the rainy season, causing damage to the population through the occurrence of inundation that occupy the entire floodplain area. This article aims to present the synthesis cartography in detailing the susceptibility to inundation from cartographic and secondary data on a microscale, so that the results contribute to systematize methodological proposals in accordance with the Environmental Cartography assumptions. The studied area comprises a stretch of the Ribeirão Vermelho floodplain, located in Esplanada neighborhood, urban area of Lavras/MG, Brazil. The theoretical-methodological foundation was based on the General Theory of Systems applied in Physical Geography. The materials are made up of microscale cartographic and secondary data, which were organized and carried on ArcGis® 10.7. From the analytical mapping of topographic and anthropic conditions in the area, it was possible to carry out the analysis of the landscape vertical and horizontal structure. The results indicate the degree of susceptibility to floods and inundations from the organization of the classes from Very Low (1) to Very High (5), subdivided into sectors according to the relevance of systemic interactions.

**Keywords:** Environmental Cartography; Microscale; Risk zoning.

## 1. Introdução

As inundações são os desastres de maior recorrência no Brasil nos últimos anos. A situação normal do canal fluvial é alterada pelo rápido aumento da vazão, em virtude da deposição do volume pluviométrico, provocando a elevação temporária das águas fluviais. O escoamento destas águas até o limite máximo do canal de drenagem é denominado enchente, enquanto as inundações ocorrem a partir do transbordamento das águas fluviais para planícies. Já os alagamentos são oriundos do acúmulo das águas inundadas nas vias de acesso e/ou a partir da insuficiência do sistema de drenagem urbana, que não suporta o volume de chuva durante uma intensa precipitação (TUCCI; BERTONI, 2003; DEFESA CIVIL, 2023).

Entendendo que as planícies de inundação são características presentes em grande maioria dos rios de médio a grande porte o conhecimento da dinâmica natural dos cursos hídricos durante o período chuvoso acaba sendo de extrema importância. Primeiro, pela intensidade dos impactos causados nas planícies de inundação durante estes desastres. (JUNK; BAYLEY; SPARKS; 1989; RANIERI *et al.*, 2022), segundo, porque a ocupação dessas áreas corresponde a uma das principais ações que vão provocar prejuízos às populações.

Nessa perspectiva, Larentis *et al.* (2020) estabeleceu limites para a análise das planícies de inundações, tendo como referência as ocorrências e a espacialização das cheias em um determinado trecho hídrico. A identificação destas áreas pode ser determinada a partir da consideração de uma cota altimétrica segura, que indique os locais onde os eventos já ocorreram. Além disso, a identificação favorece o planejamento regional quanto à tomada de decisões, ao ordenamento do uso do solo, ao monitoramento e alertas de cheias e à identificação de novas áreas impactadas. É importante ressaltar que, por se tratar de fenômenos naturais, o zoneamento a partir de uma determinada cota não deve estabelecer um limite rígido devido às variações climáticas que podem influenciar no processo (LARENTIS, *et al.*, 2020).

Na identificação das áreas suscetíveis às inundações e alagamentos, busca-se representar no espaço-tempo o conjunto de percepções que melhor define a realidade analisada. O mapeamento temático sob a perspectiva da Cartografia Ambiental possibilita representar as relações sistêmicas presentes no espaço e fornece subsídios para a apreensão das informações de forma clara e sistematizada ao longo do tempo (MARTINELLI, 1994, 2005; 2018; ROVANI; CASSOL, 2012; OLIVEIRA; ROMÃO, 2020; ZACHARIAS; VENTORINI, 2021ab). As informações cartográficas em microescala possibilitam não somente a leitura horizontal dos fenômenos (classes taxonômicas), mas também orientam a leitura vertical, partindo de análises específicas e que podem tornar os impactos mais ou menos intensos (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2010; ZACHARIAS; VENTORINI, 2021ab; ZACHARIAS *et al.*, 2021).

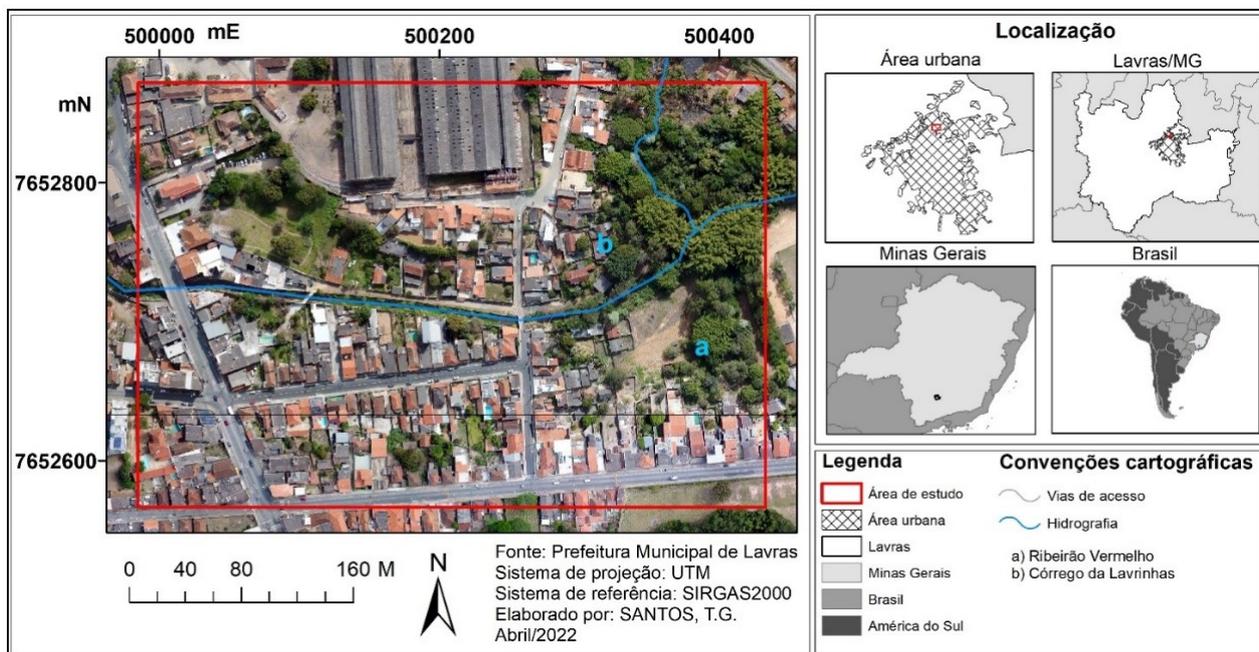
Pelo supracitado, este artigo tem como objetivo apresentar a Cartografia de Síntese no detalhamento da suscetibilidade às inundações e alagamentos, a partir de dados cartográficos e secundários em microescala do município de Lavras/MG, de modo que os resultados contribuam para sistematizar propostas metodológicas de acordo com os pressupostos da Cartografia Ambiental. E, para isto, a investigação foi aplicada na área denominada, neste manuscrito, como Zona de Suscetibilidade 1 (ZS1).

## 2. Metodologia

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende um trecho da planície de inundação do Ribeirão Vermelho, localizada no Bairro Esplanada, área urbana do município de Lavras/MG, entre as coordenadas 500000 a 500400 mE e 7652800 a 7652600 mN (**Figura 1**). A ZS1 é resultado do zoneamento das Zonas de Suscetibilidades (ZS) proposto na pesquisa de Autor (2022), que indica 8 (oito) zonas/áreas com maior potencial em relação às inundações e alagamento na área urbana de Lavras/MG.

O Ribeirão Vermelho é um afluente que pertence à Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) Vertentes do Rio Grande (GD2 – Rio Grande), considerado como canal de 5ª ordem segundo a classificação de Strahler em escala de 1: 50.000. No trecho em destaque, parte de seu leito encontra-se modificado a partir da confluência com o Córrego da Lavrinhas a jusante, cujo histórico de ocorrência de inundação é desde a década de 1950 (FAST, 2005).



**Figura 1:** Localização da área de estudo, Bairro Esplanada, Lavras/MG. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022)

O município de Lavras/MG/Brasil possui 105.756 habitantes (IBGE, 2022). O relevo é representado por superfícies onduladas, em altitudes que variam entre 780 metros a 1.280 metros, embasados por rochas gnáissicas e graníticas e solos do tipo Latossolo e Cambissolo (FUNDECC, 2016; SEMAD, 2021). O clima regional é classificado como Cwa (Köppen-Geiger), com período chuvoso entre outubro a março, representando 80% do índice anual pluviométrico, volume este que pode provocar problemas na infraestrutura de drenagem urbana em diversos municípios brasileiros (INMET, 2020).

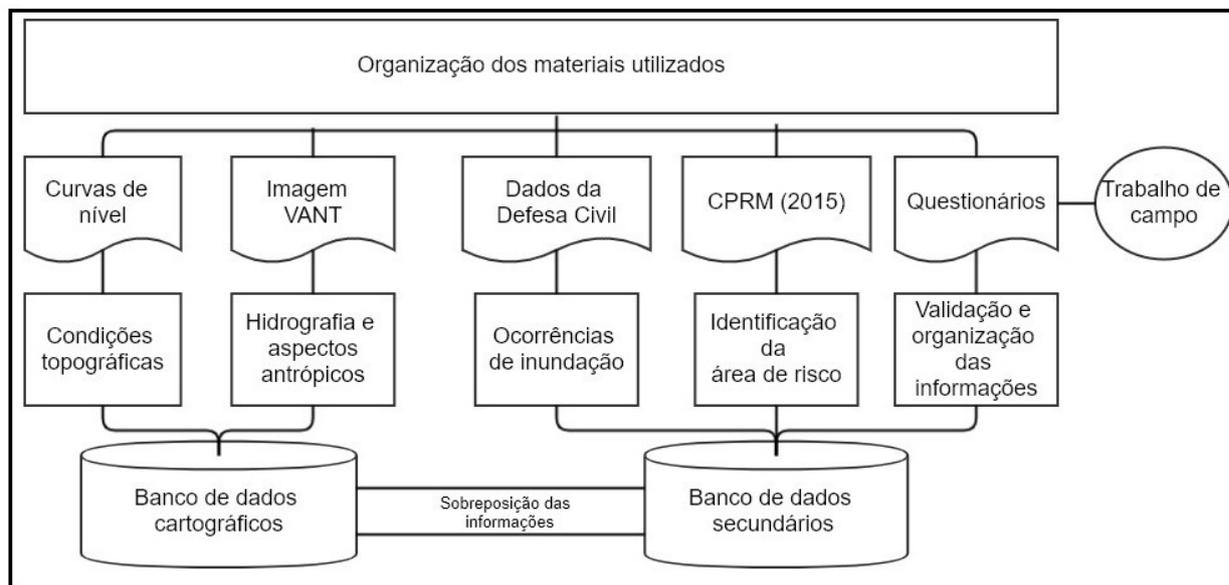
## 2.2. Fundamentação teórico-metodológica

A fundamentação teórico-metodológica teve como base a Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia Física. A abordagem sistêmica forneceu subsídios para a compreensão integrada dos elementos sistêmicos, cuja interação expressa a relação entre sociedade e natureza a partir da análise das ocorrências de inundações e alagamentos na área urbana (BERTALANFFY, 1979; HAGGETT; CHORLEY, 1964; CHRISTOFOLETTI, 1999; BERTRAND, 2004; ZACHARIAS; VENTORINI, 2021ab).

As aplicações sistêmicas na Geografia fornecem um importante aparato metodológico para os estudos integrados da paisagem, sobretudo em relação às análises ambientais associadas à influência antrópica. Tais investigações que levam em consideração os pressupostos da Cartografia Ambiental (MARTINELLI, 1994, 2005; 2018; ZACHARIAS; VENTORINI, 2021ab; ZACHARIAS *et al.*, 2021), possibilitam representar as interações sistêmicas a partir dos níveis de raciocínio analítico e de síntese, de modo que os resultados representem um cenário mais próximo da realidade. (HAGGETT; CHORLEY, 1967; CHRISTOFOLETTI, 1999; FERNANDES, 2016).

## 2.3. Materiais

Os materiais são compostos por dados cartográficos e secundários (**Figura 2**), que foram organizados e trabalhados no ArcGis® 10.7 e suas extensões (módulos ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox). O banco de dados cartográficos foi cedido gratuitamente pela Prefeitura Municipal de Lavras (PML) e conta com: a) arquivo em *shapefile* das curvas de nível com equidistância de 1 metro referente a área urbana do município para a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) e o Mapa de Declividade e; b) imagens aéreas obtidas por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), do ano de 2019 e em resolução espacial de 40 cm, para a vetorização da hidrografia e dos aspectos antrópicos que influenciam nas ocorrências de inundações e alagamentos.



**Figura 2:** Organização dos materiais base. **Fonte:** Autores (2022).

O banco de dados secundário conta com: a) levantamento das ocorrências de inundações entre os anos de 2006 a 2020 e das áreas indicadas pelo Painel de Controle, ambas informações levantadas junto com a Defesa Civil Municipal; b) Mapeamento elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2015), com informações sobre a localização das áreas de risco a inundações na área urbana de Lavras e; c) dados de questionário e trabalho de campo com informações sobre a situação vivenciada pelos moradores da ZS1. Dessa forma, o banco de dados secundários corresponde a uma importante ferramenta de análise e validação que possibilitou atribuir uma maior veracidade as informações mapeadas.

#### **2.4. Detalhamento das características sistêmicas na planície de inundação**

Inicialmente, as informações trabalhadas no SIG foram reprojetadas para o sistema Datum SIRGAS2000, no qual, posteriormente, realizou-se a conferência de possíveis erros relacionados a quebra de linhas, deslocamentos, ruídos entre outros.

A partir dos dados secundários, foram elaborados os mapas sobre a situação da ZS1 em relação a ocorrências de inundações e alagamentos na área. Entre os anos de 2006 a 2020, a Defesa Civil de Lavras/MG registrou 13 (treze) ocorrências de inundações que provocou alagamentos das vias de acesso próximas ao leito do Ribeirão Vermelho. Os registros foram representados de modo pontual conforme o endereçamento das residências e, ao serem espacializados sob a delimitação proposta pelo CPRM (2015), mostram-se pertinentes, visto que as ocorrências coincidem com a área classificada como alto risco de inundações (**Figura 3**).

Os documentos publicados pela PML indicam que os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento das inundações e alagamentos na ZS1 são: a) presença de pontes e passarelas; b) insuficiência da infraestrutura de drenagem pluvial e rede de esgoto; c) ocupação da planície do Ribeirão Vermelho (CPRM, 2015; FUNDECC, 2015; PLANMCON, 2020). As pontes são elementos que favorecem o estreitamento da vazão dos rios, provocando a elevação das águas para suas margens. Na ZS1, os pontos A e B não possuem estrutura suficiente para suportar a vazão de grandes precipitações que afetam as residências em seu entorno, diferentemente do ponto C., que possui estrutura satisfatória para a vazão das águas (TUCCI; BERTONI, 2003).

A ausência de infraestrutura de contenção afeta diretamente as residências na Rua Antônio Ribeiro Filho (localizadas na margem direita do Ribeirão Vermelho). Na margem esquerda, as próprias estruturas das residências desempenham a função de contenção do escoamento fluvial. As águas fluviais são direcionadas para a margem direita devido ao barramento provocado pelas residências durante a elevação das águas e podem provocar o alagamento de pontos específicos. Pela margem esquerda, o fluxo das águas inundadas irá ocupar as áreas onde não há presença de residências, escoando sentido aos bueiros localizados na Rua dos Expedicionários. A infraestrutura de coleta das águas pluviais durante a ocorrência de chuvas intensas pode acarretar uma sobrecarga da capacidade de suporte devido ao volume de água inundado diretamente para a margem esquerda do Ribeirão Vermelho (**Figura 4**).

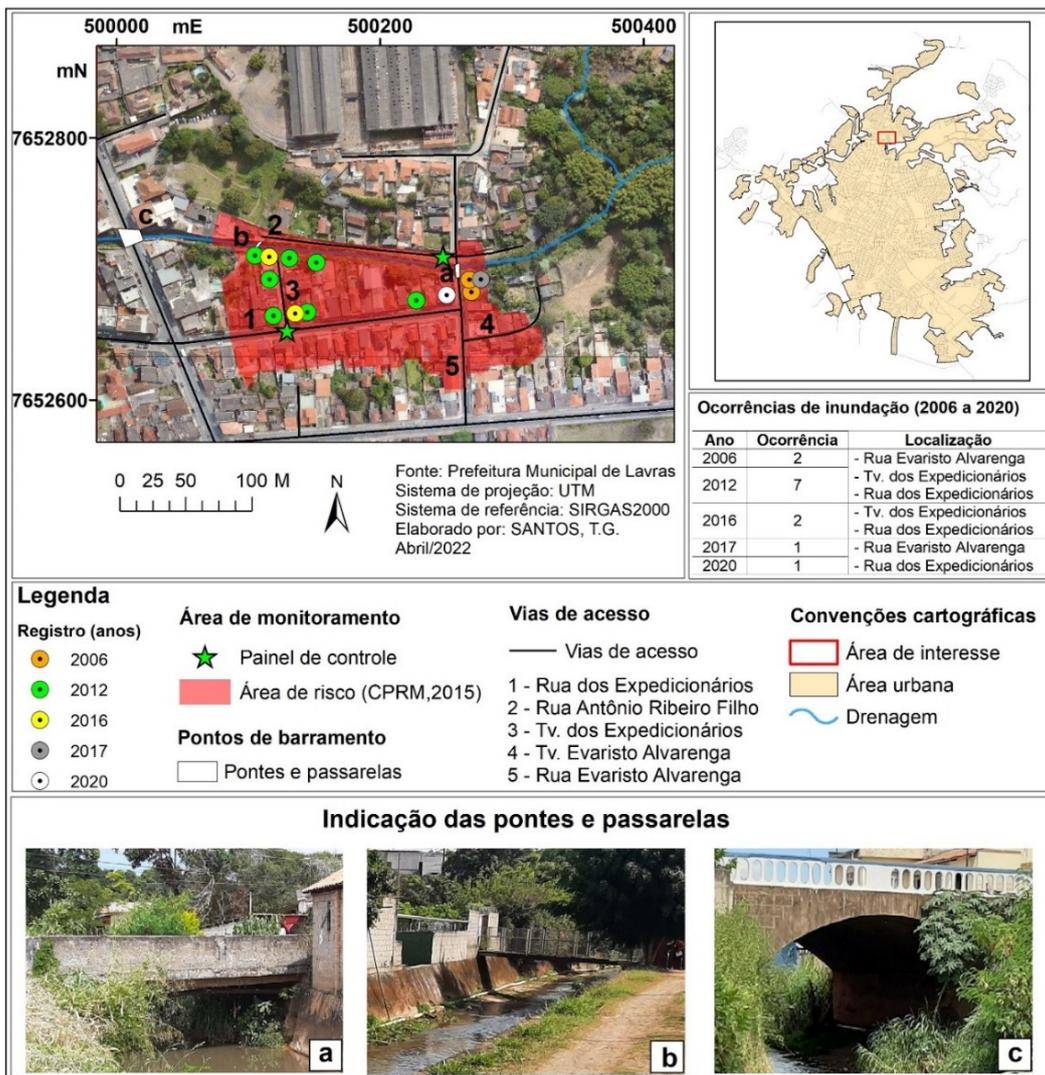


Figura 3: Situação dos riscos às inundações e alagamentos. Fonte: Adaptado de Santos (2022).

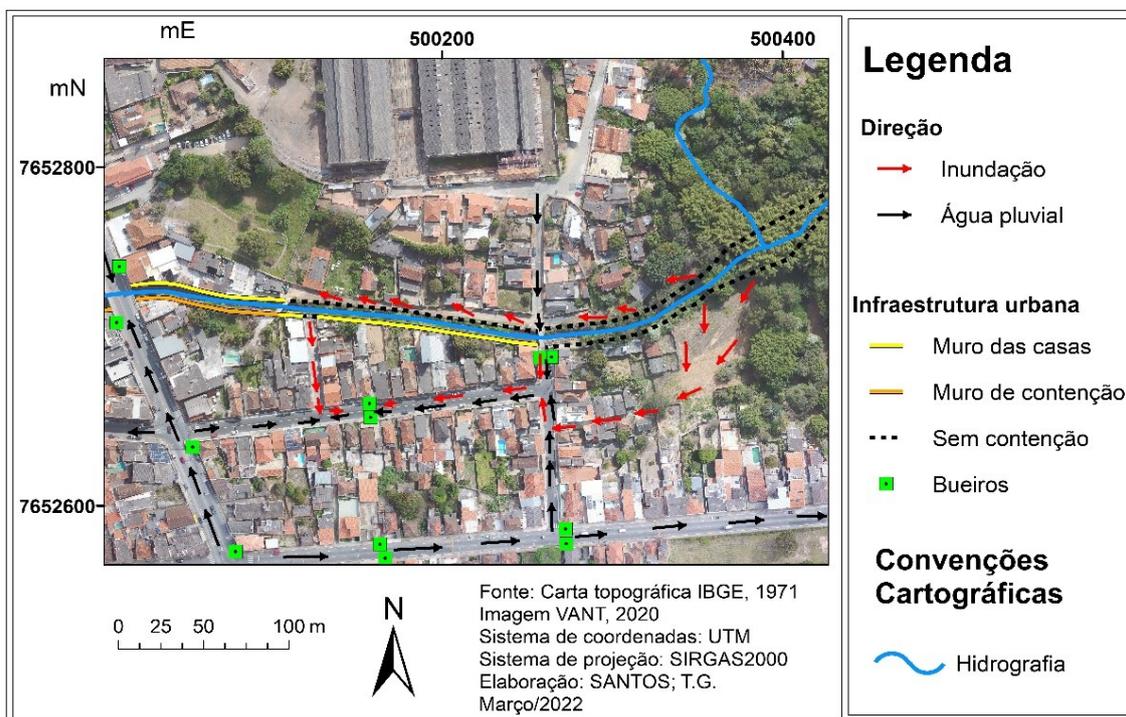
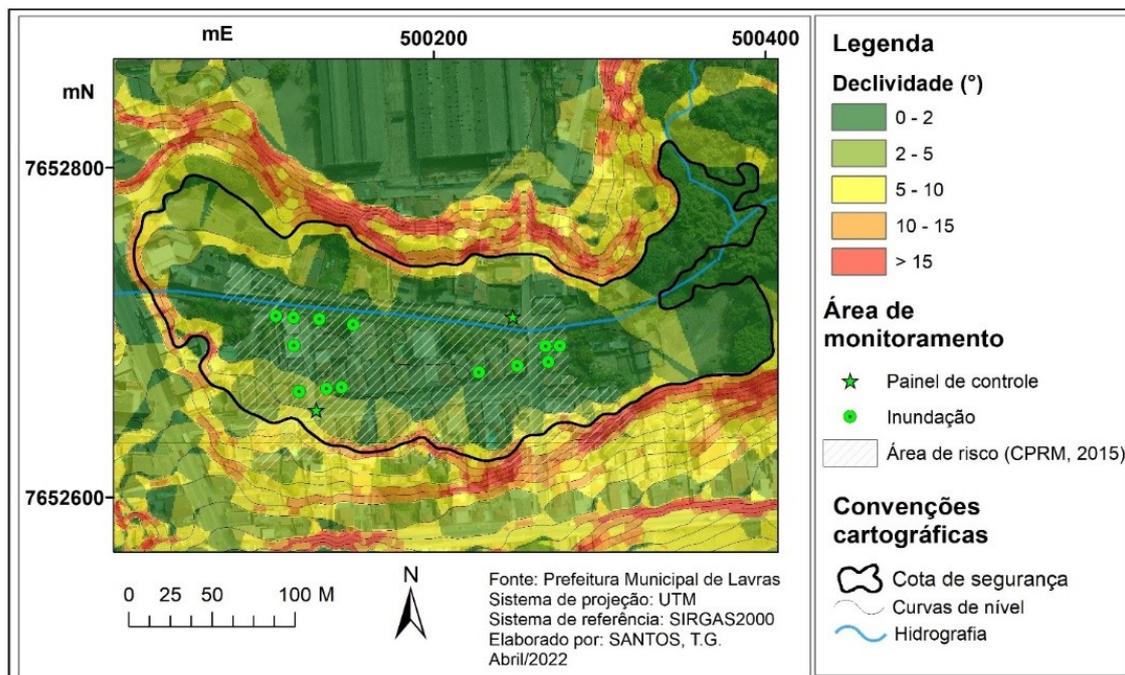


Figura 4: Infraestrutura urbana. Fonte: Adaptado de Santos (2022).

A partir das curvas de nível, foi elaborado o mapa hipsométrico que indica a amplitude altimétrica de 19 metros (823 a 842 metros), na qual as menores altitudes localizam-se na porção central, onde escoo curso hídrico do Ribeirão Vermelho. De acordo com a proposta de Larentis *et al.* (2020), a cota de segurança foi determinada pela altitude de 824 metros. As informações altimétricas permitiram a elaboração do mapa de declividade, que indica a espacialização dos registros de inundação entre 0° a 2° de inclinação do relevo (**Figura 5**). Estas áreas são caracterizadas pelo escoamento superficial lento, favorecendo o acúmulo das águas em um único ponto.

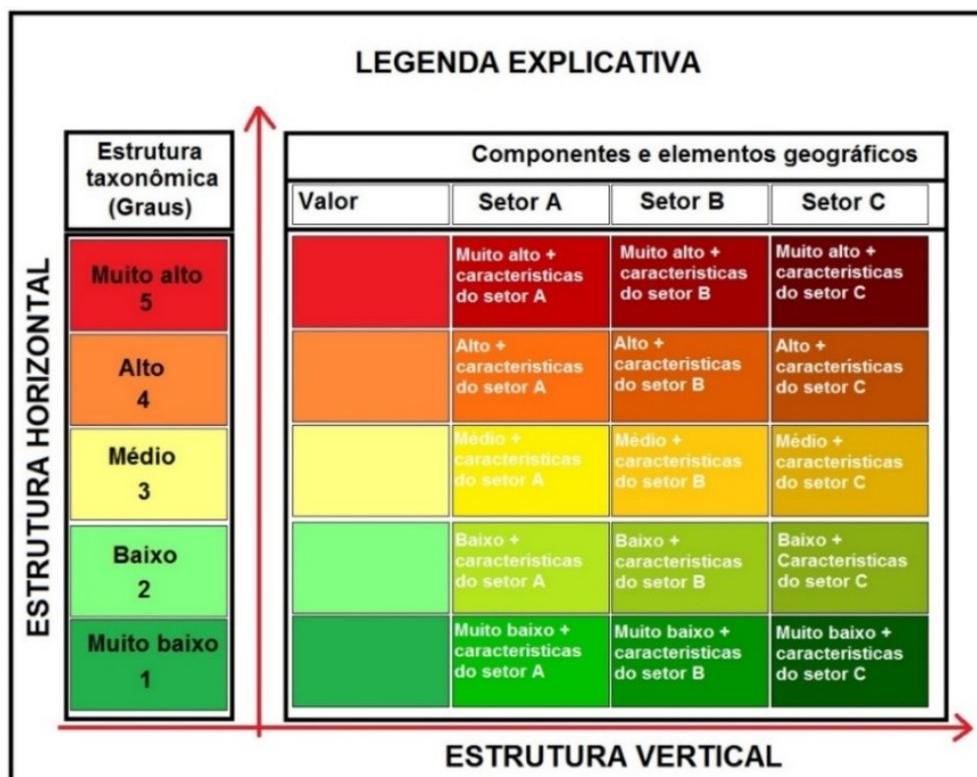


**Figura 5:** Mapa de declividade. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

A partir destes parâmetros, foi estabelecido o detalhamento da suscetibilidade na ZS1, considerando a cota de segurança (LARENTIS *et al.*, 2020) e as interações sistêmicas que favorecem as leituras verticais e horizontais da paisagem.

### 2.5. Cartografia de síntese: proposta de representação das diferenças na paisagem

A Cartografia de Síntese é expressa pela indicação e análises da **estrutura vertical**, que corresponde às classes taxonômicas agrupadas a partir da ordenação das informações de um sistema (muito baixo a muito alto) e pela **estrutura horizontal**, com indicações referentes às diferenças entre as hierarquias taxonômicas. Nesta última, a partir de uma reclassificação da estrutura vertical, são obtidos diagnósticos individualizados de cada classe analisada pela horizontalidade de seus componentes e atributos geográficos frente as potencialidades e/ou fragilidades do ambiente de suas paisagens (ZACHARIAS; VENTORINI, 2021; ZACHARIAS *et al.*, 2021). A **Figura 6** sintetiza a diferenciação das estruturas por meio de uma legenda explicativa que acompanha a cartografia de síntese.



**Figura 6:** Proposta de legenda explicativa para análise detalhada em microescala. **Fonte:** Adaptado de Zacharias e Ventorini (2021a).

Por fim, os resultados obtidos pela Cartografia de Síntese foram validados a fim de atribuir confiabilidade e veracidade nas informações mapeadas.

### 2.6. Validação

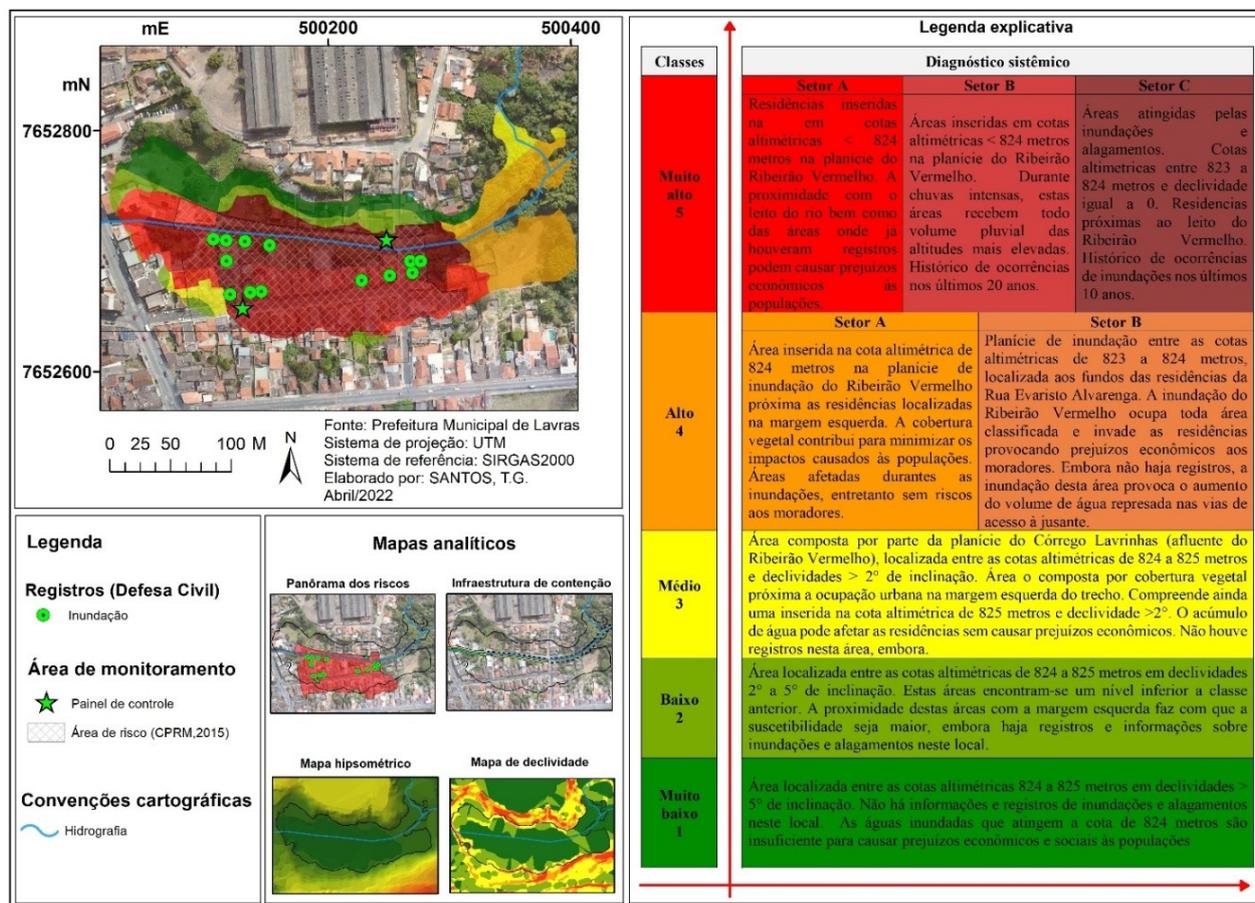
Para verificar a veracidade das informações mapeadas, realizou-se trabalhos de campo no período chuvoso, seco e intermediário. Foram observados os fatores naturais (cobertura vegetal, manutenção da dinâmica natural do curso, confluências etc.) e antrópicos (impermeabilização dos solos, pontes, acúmulo de resíduos sólidos etc.) que contribuem para a ocorrência de inundações e alagamentos na ZS1 (AUTOR, 2017). Além desses, os dados secundários permitiram realizar a validação por meio das informações oficiais levantadas junto à Defesa Civil e pela aplicação do questionário, composto por 8 (oito) questões objetivas associadas a ocorrências de inundações e alagamentos e à relação dos moradores com os desastres.

A seguir, apresentam-se os resultados referente ao detalhamento da suscetibilidade a inundações e alagamentos na ZS1.

### 3. Resultados

De acordo com o mapa síntese, o grau de suscetibilidade às inundações e alagamentos varia de muito baixo (1) a muito alto (5), no qual, a partir da leitura vertical e horizontal e da paisagem, foi possível classificar a variação da intensidade dos impactos, observando os componentes e atributos geográficos na horizontalidade do setor das duas últimas classes (**Figura 7**).

Com base na **Tabela 1**, o grau de suscetibilidade de muito baixo (1) a baixo (2) corresponde à 20% da área de investigação. As condições topográficas apresentam as características de declive acentuado, variando de 5° a 15° de inclinação, em uma amplitude altimétrica de um metro (824 a 825 metros), compostas de lotes vagos e pequenos fragmentos de cobertura vegetal. Não há informações de registros de ocorrências de inundações e alagamentos nessa área. As águas inundadas que atingem as cotas de 824 metros não são suficientes para causar prejuízos à população.



**Figura 7:** Cartografia de Síntese do detalhamento da suscetibilidade às inundações e alagamentos na ZS1, Lavras/MG. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

**Tabela 1:** Distribuição dos graus de suscetibilidade na ZS1.

Grau de suscetibilidade	Área (m <sup>2</sup> )	Área (%)
Muito baixo	5.055,20	12,60
Baixo	2.969,69	7,40
Médio	1.515,25	3,78
Alto (Setor A)	1.772,63	4,42
Alto (Setor B)	5.370,45	13,39
Muito alto (Setor A)	3.780,89	9,43
Muito alto (Setor B)	10.256,06	25,57
Muito alto (Setor C)	9.392,71	23,42
<b>Total</b>	<b>40.112,88</b>	<b>100</b>

**Fonte:** Santos (2022)

Pela **Figura 8**, os pontos A e B indicam os limites da área representada pela cota de segurança na altitude de 824 metros. Na margem esquerda, o fluxo das águas pluviais, oriundas do início da Rua Evaristo Alvarenga, direciona-se ao Ponto 1, assim como as águas inundadas que avançam do barramento da ponte (Ponto C), encaminhando em direção à Rua dos Expedicionários e, também, à Rua Antônio Ribeiro Filho (Ponto 2), localizada na margem direita. Nas áreas onde os graus de suscetibilidades às inundações variam de muito baixo a baixo, o Ponto D ilustra de modo aproximado a transição entre os táxons verticais, sendo que, de D para B, o primeiro e o segundo taxón estendem-se um metro a jusante, em direção ao leito do Ribeirão Vermelho (**vide Figura 1**).



**Figura 8:** Croqui iconográfico do grau de suscetibilidade muito baixo a baixo, Bairro Esplanada, Lavras/MG. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022)

A classe de médio grau compreende 3,78% da área, inserida entre as cotas altimétricas de 824 a 825 metros, declividades inferiores a 2° de inclinação e sem registros e/ou informações sobre pessoas atingidas pelas inundações e alagamentos. No entanto, a localização próxima às áreas de maior suscetibilidade, em virtude das ocorrências registradas, tornam o grau de suscetibilidade mais significativo do que nas classes anteriores (**figura 9**).



**Figura 9:** Croqui iconográfico do grau de suscetibilidade médio, Bairro Esplanada, Lavras/MG. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

A classificação do grau de suscetibilidade alto indica a diferenciação de dois setores dentro do mesmo táxon. O Setor A, pela leitura horizontal, encontra-se na planície de inundação do Ribeirão Vermelho na cota altimétrica de 824 metros, próximo às residências, na margem esquerda do curso hídrico. A presença de cobertura vegetal ao longo do Córrego da Lavrinha contribui para reduzir o avanço das águas inundadas e minimiza os impactos causados durante as chuvas. Essas áreas podem ser afetadas pelas inundações devido à proximidade com o leito do Ribeirão Vermelho, entretanto, sem causar danos diretos às populações.

No Setor B, a elevação das águas pode ocupar toda sua extensão, localizada aos fundos das residências da Rua Evaristo Alvarenga. De acordo com os moradores, a inundação do Ribeirão Vermelho não é recorrente nessa área, porém, a elevação das águas invade as residências pelos fundos, provocando prejuízos

econômicos aos moradores. Embora não haja registros, a inundação da área provoca o aumento do volume de água represada nas vias de acesso a jusante.

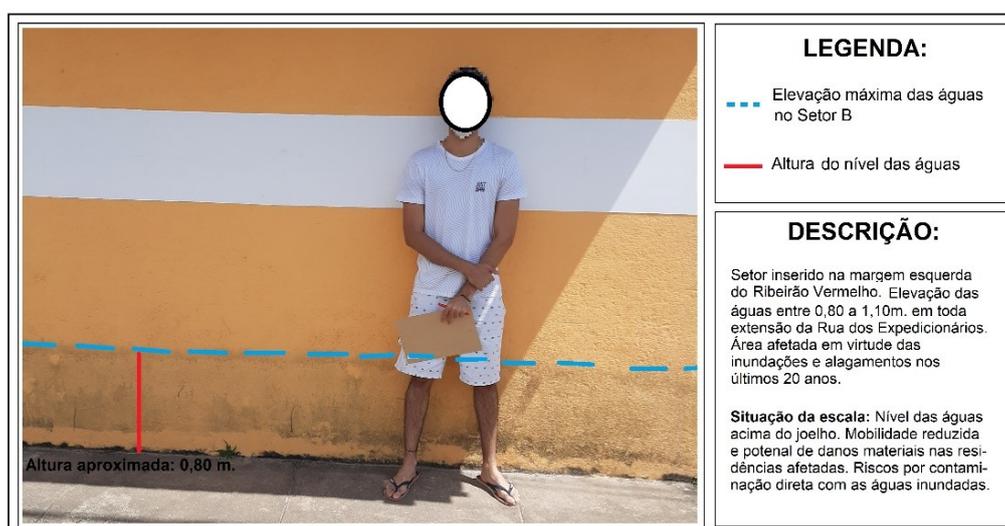
Da mesma forma, para a classificação do grau de suscetibilidade muito alto, foram adotadas três diferenciações horizontais a partir do mesmo t axo vertical, classificadas como: a) Setor A; b) Setor B e c) Setor C. Nesta classe, as condi es topográficas são semelhantes para todos os setores, e representam a ocupa o urbana em cotas altimétricas inferiores a 824 metros e declividades < 2  de inclina o.

No Setor A (**Figura 10**), o ponto A representa as residências que são afetadas pelas inunda es mediante   ocupa o das águas da área representada pelo ponto B. A ocorrência deste fato torna a Travessa Evaristo Alvarenga uma área onde os fluxos das águas inundadas irão escoar em dire o ao Ribeirão Vermelho e/ou diretamente para as vias adjacentes.



**Figura 10:** Croqui iconográfico do grau de suscetibilidade muito alto (setor A), Bairro Esplanada, Lavras/MG. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

No Setor B, durante as chuvas intensas, estas áreas recebem todo o volume pluvial das altitudes mais elevadas. De acordo com os dados da Defesa Civil, no setor houve registros de inunda es nos últimos 20 anos, com varia o do nível das águas entre 0,80 a 1,00 metro ao longo da via e/ou no interior das residências. Durante os trabalhos de campo, foi possível observar marcas d'água provocadas pelas inunda es e alagamentos nas paredes das residências. Neste exemplo, a eleva o das águas atingiu um limite máximo de 0,80 metro de altura (**Figura 11**). Os impactos podem acarretar em perdas materiais (móveis, eletrodomésticos, mantimentos etc.) como também reduzir a mobilidade da popula o em rela o a deslocamentos rápidos (saída da popula o das casas, eleva o de objetos em pavimentos superiores etc.)



**Figura 11:** Croqui icnogr fico com a indica o do nível das águas no Setor B. **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

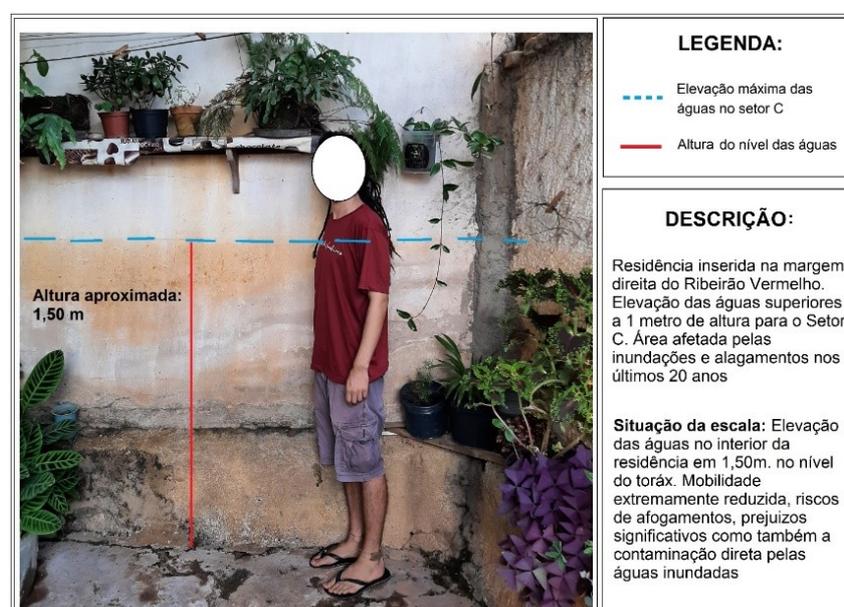
Já o Setor C corresponde às áreas de maior ocorrência de inundações, na planície de inundação do Ribeirão Vermelho. Com base na **Figura 12**, os pontos A e B representam parte das residências inseridas no setor em análise, localizadas às margens esquerda e direita respectivamente.



**Figura 12:** Croqui iconográfico do grau de suscetibilidade Muito Alto (Setor C). **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

Na margem esquerda, as inundações são condicionadas a escoarem diretamente pela Travessa dos Expedicionários (Ponto 1) devido à ausência de muro de contenção que suporte a rápida elevação das águas durante as chuvas intensas. O direcionamento dos fluxos das inundações a partir desse contexto é finalizado nos sistemas de coleta das águas pluviais, localizados na Rua dos Expedicionários, podendo agravar os impactos na área. Na margem direita, a elevação das águas ocupa diretamente o Ponto 2, afetando a frente das residências e provocando prejuízos aos moradores.

A exemplo deste fato, a **Figura 13** ilustra a situação de uma residência inserida nesse local, onde as águas inundadas atingiram (e ainda atingem quando temos o fenômeno) cerca de 1,50 metro dentro do imóvel. Em relação ao nível da água dentro da residência, destacam-se as marcas de água na escala da imagem, estas que atingem o nível torácico, o que representa um perigo eminente de afogamento, perda total de bens materiais, contaminação direta pela água, além da própria dificuldade de mobilidade e deslocamento no local.



**Figura 13:** Croqui iconográfico com o nível das águas no interior da residência no Setor C **Fonte:** Adaptado de Santos (2022).

Dessa forma, considerando a cartografia de síntese, a **Figura 14** ilustra alguns exemplos de eventos associados a inundações e alagamentos que ocorreram na ZS1, principalmente na Rua dos Expedicionários, local historicamente afetado a pelo menos desde a década de 1950 (FAST, 2005), situados na classe de suscetibilidade Muito Alto (5), nos setores A, B e C.

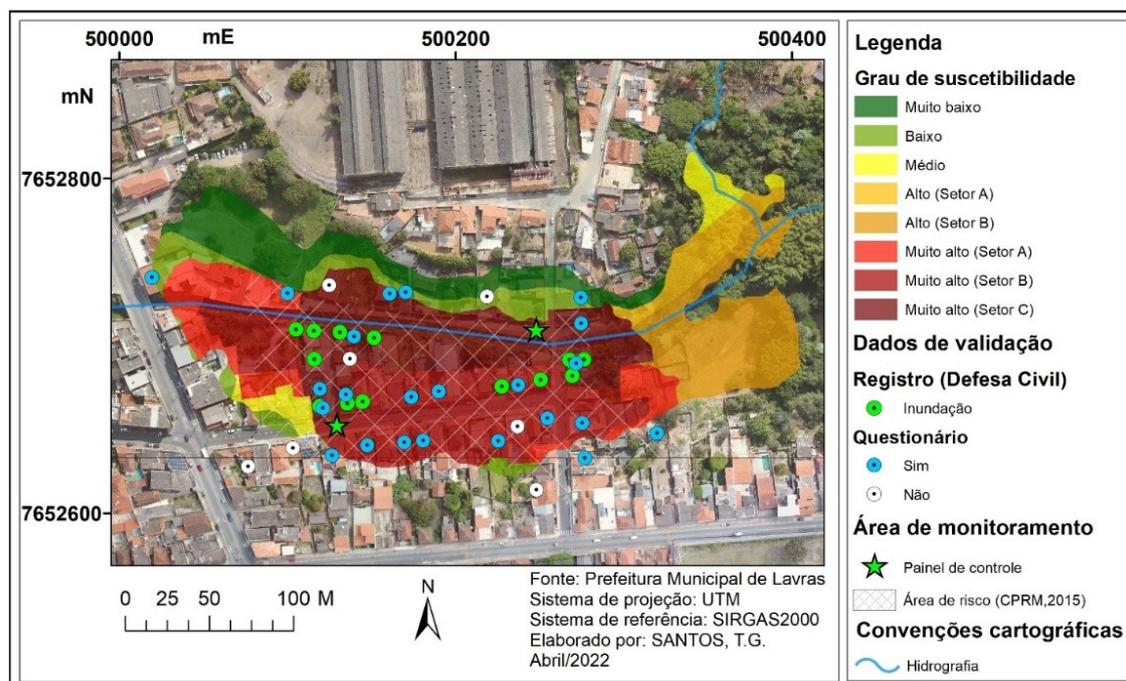


**Figura 14:** Ocorrência de inundações na Rua dos Expedicionários, Bairro Esplanada, Lavras/MG. Fonte: Adaptado de Santos (2022)

A validação do detalhamento da suscetibilidade a inundações e alagamento atribuem confiabilidade nos resultados gerados. Além dos dados secundários, os questionários aplicados forneceram informações relevantes acerca da realidade investigada. De acordo com o total de entrevistados (30 pessoas), 23 pessoas (76,67 %) afirmaram que já foram atingidas por inundações e alagamentos durante o período chuvoso (**Figura 15**).

Desse total, 9 (nove) entrevistados (39,13%) indicaram que o nível das águas dentro da residência foi menor que 1 metro. As causas estão associadas a modificações nas residências, que tem por objetivo evitar a entrada das águas inundadas para o interior do imóvel, como por exemplo, barreira de contenção em portões, como também estão relacionadas à distância entre essas residências e os canais fluviais.

Já 6 (seis) pessoas (26,09 %) afirmaram que o nível da água atingiu a altura entre 1 metro a 1,40 metro. Nestas casas, o padrão de infraestrutura urbana e residencial não é suficiente para o escoamento das águas durante as intensas precipitações. Por fim, 8 (oito) pessoas (34,78%) relataram que a elevação das águas dentro das residências variou entre 1,50 metro a 2 metros.



**Figura 15:** Validação do mapeamento das áreas suscetíveis na planície de inundação do Ribeirão Vermelho, Bairro Esplanada, Lavras/MG. Fonte: Adaptado de Santos (2022).

Além disso, problemas associados à infraestrutura de drenagem urbana provocam em alguns pontos o alagamento de vias e/ou residência em virtude da “invasão das águas pelo ralo”, problema descrito por um morador como “*sem solução, porque a água que desce para o bueiro quando encontra o ribeirão cheio volta tudo para a rua e para dentro de casa*”. A experiência relatada pelo entrevistado é refletida em alguns pontos da área analisada e indica que os problemas estruturais podem potencializar os prejuízos aos moradores que estão inseridos no grau de suscetibilidade muito alto, principalmente nos setores B e C.

#### 4. Considerações finais

A utilização de uma legenda explicativa possibilitou sintetizar a realidade mapeada, considerando as interações sistêmicas que influenciam diretamente na dinâmica das inundações e alagamentos. Com isso, considera-se que uma possibilidade eficaz de representar outros fenômenos geográficos conforme as percepções frente a um determinado objetivo.

O detalhamento das características sistêmicas na planície de inundação possibilitou as análises mais próximas da realidade. Os dados cartográficos em microescala permitiram representar os elementos físicos e antrópicos que influenciam diretamente na dinâmica dos desastres. A utilização das curvas de nível com equidistância de 1 metro demonstrou-se eficiente na identificação da cota de segurança máxima em relação ao inventário de risco, como também nas condições topográficas (altimetria e declividade) da área.

Pela Cartografia de Síntese do Detalhamento das condições de suscetibilidade às inundações e alagamentos na ZS1, foram indicadas com base em dados quantitativos e qualitativos as diferentes suscetibilidades a partir de uma mesma classe. As análises sistêmicas, considerando a estrutura vertical e horizontal da paisagem, foram pertinentes e fornecem o diagnóstico individualizado de cada classe analisada frente a suas potencialidades e/ou fragilidades.

A validação das informações mapeadas por meio da coleta de dados junto à Defesa Civil e aplicação dos questionários possibilitaram atribuir confiabilidade as informações mapeadas conforme o objetivo inicial da pesquisa. Ressalta-se que os resultados, por tratarem de aspectos naturais, a indicação de suscetibilidade não deve ser considerada como um limite rígido, pois os fenômenos podem variar em função do volume pluviométrico coletado pela Bacia do Ribeirão Vermelho e em relação a problemas de infraestrutura urbana que potencializam a elevação das águas.

Conclui-se que uma base de dados cartográficos com escala de detalhamento (microescala) possibilita ações e medidas eficazes no planejamento urbano-ambiental em Bacias Hidrográficas e na área urbana. Aos gestores públicos, esta pesquisa indica alguns parâmetros complementares que podem ser realizados de modo interdisciplinar entre os diferentes agentes sociais no município como: a) reconhecimento das bacias hidrográficas urbanas; b) informações sobre os aspectos urbanos que sirvam de subsídio para compreender a dinâmica socioeconômica da população, como por exemplo, identificação dos bairros, mapeamento das edificações, quadras etc. (tais análises podem ser complementadas com informações associadas a renda, escolaridade, número de moradores, infraestrutura etc.); c) monitoramento do sistema de drenagem urbana.

#### Notas

Este artigo faz parte da dissertação de mestrado do primeiro autor intitulada como “A cartografia de síntese no inventário das zonas suscetíveis aos riscos de inundação e alagamento na área urbana de Lavras/MG: reconhecimento e detalhamento das interações sistêmicas na dinâmica da paisagem”, financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), processo número 88887.607668/2021-00.

#### Referências

BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas**. 2. ed. Brasília: Petrópolis, 1975.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Ra'Ega**, Curitiba, v. 1, n. 5, p. 141-152, 2004. Olga Cruz. Trabalho publicado, originalmente, na “Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest”, Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968, sob título: Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. Publicado no Brasil no Caderno de Ciências da Terra. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n. 13, 1972. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389/2718>. Acesso em: 04 mar. 2022.

- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagens de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999. 236 p.
- CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes: Lavras, MG**. 2015. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/19140/>. Acesso em: 07 fev. 2020.
- DEFESA CIVIL. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade)**. s/d. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>. Acesso em: 08 maio 2023.
- FAST, F. D. de C. **Projeto CURA: complementação urbana e mudanças espaciais**. 2005. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Urbanismo - Proureb, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Ufrj), Rio de Janeiro, 2005.
- FERNANDES, N. F. Modelagem em Geografia Física: teoria, potencialidades e desafios. **Espaço Aberto**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 209-247, 2 jun. 2016. Revista Espaço Aberto. <http://dx.doi.org/10.36403/espacoaberto.2016.5243>. Acesso em: 17 ago. 2020
- FUNDECC. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Lavras – Volume 1 a 3: por FUNDECC**. – Lavras, Minas Gerais: [s.n.], 2016. 260p.
- HAGGETT, P.; CHORLEY, R. J. Models, Paradigms and The New Geography. In: **Models In Geography**. CHORLEY, R. J. e HAGGETT, P. (Ed.), Londres: Methuen & Co., 1967.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: [www.censo2010.ibge.gov.br](http://www.censo2010.ibge.gov.br). Acesso em: 20 mai. 2020.
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos do INMET**. 2020. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 05 set. 2020.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river –floodplain systems. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 106, p. 110-127, 1989. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/256981220\\_The\\_Flood\\_Pulse\\_Concept\\_in\\_River-Floodplain\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/256981220_The_Flood_Pulse_Concept_in_River-Floodplain_Systems). Acesso em: 15 mai. 2022.
- LARENTIS, D. *et al.* Procedimentos e critérios para zoneamento de planícies de inundação em áreas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 13, 22 jul. 2020. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. <http://dx.doi.org/10.21168/rega.v17e13>
- MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**. USP, São Paulo. n. 7, p. 61-80. 1994.
- MARTINELLI, M. Cartografia Dinâmica: tempo e espaço nos mapas. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 18, p. 53 – 66. 2005.
- MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: um mapa de síntese. **Confins**, [S.L.], n. 35, p. [S.N], 18 abr. 2018. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/confins.13273>.
- OLIVEIRA, I. J.; ROMÃO, P. A. As escalas da Geografia: pontes entre os cocneitos de escala cartográfica e escala geográfica. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 1-20, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/bgg/article/view/65735/36581>. Acesso em: 08 set. 2021
- PLAMCON. **Plano Municipal de Contingência**. Lavras, 2020, 61 p.
- RANIERI, C. L. W. *et al.* Análise das áreas suscetíveis a enchentes e inundações pelo Rio Tocantins no município de Tucuruí-PA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 1686–1695, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i4.5168. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5168>. Acesso em: 15 maio. 2022.

RODRÍGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010

ROVANI, F. F. M.; CASSOL, R. Cartografia Ambiental: contribuições nos estudos geográficos. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S.I], v. 64, n. 3, p. 389-403, maio 2012. <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/43800>. Acesso em: 7 mar. 2022.

SANTOS, T. G. **A cartografia de síntese no inventário das zonas suscetíveis aos riscos de inundação e alagamento na área urbana de Lavras/MG**: reconhecimento e detalhamento das interações sistêmicas na dinâmica da paisagem. 2022. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia (Ppgeog-Ufsj), Universidade Federal de São João Del-Rei, São João Del-Rei, 2022. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeog/Thiago.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2023.

SEMAD, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema)**. 2022. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 08 mar. 2022.

TUCCI, C. E.M.; BERTONI, J. C. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (Abrh), 2003. ISBN 85-88686-07-4.

ZACHARIAS, A.A.; VENTORINI, S. E. A Cartografia de Síntese, o ambiente e a paisagem: caminhos, desafios, perspectivas e proposta metodológica. **Geografia**: Publicações Avulsas, Teresina, v. 3, n. 1, p. 107-144, 20 set. 2021a. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/12022/7797>. Acesso em: 08 mar. 2022.

ZACHARIAS, A. A.; VENTORINI, S. S. A Cartografia de Síntese na práxis: estudos de casos na representação e modelagem do ambiente na paisagem. **Geografia**: Publicações Avulsas, Teresina, v. 3, n. 1, p. 145-173, 20 set. 2021b. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/11275/7798>. Acesso em: 08 mar. 2022

ZACHARIAS, *et al.* A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. **Geography Department University Of Sao Paulo**, [S.L.], v. 41, p. 1-16, 11 jun. 2021. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/eissn.2236-2878.rdg.2021.177185>. Acesso em: 08 mar. 2022.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).