



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ESTUDO AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS



PROCESSOS ANTROPOGÊNICOS INDUZIDOS EM MEIOS
URBANIZADOS, SEU ESTUDO A PARTIR DA GEOMORFOLOGIA
ANTROPOGÊNICA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA - MG

JEAN ROGER BOMBONATTO DANELON

Uberlândia/MG

2023

JEAN ROGER BOMBONATTO DANELON

PROCESSOS ANTROPOGÊNICOS INDUZIDOS EM MEIOS
URBANIZADOS, SEU ESTUDO A PARTIR DA GEOMORFOLOGIA
ANTROPOGÊNICA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA - MG

Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito final para aquisição do título de Doutor
em Geografia.

Área de Concentração: **Estudos Ambientais e
Geotecnologias.**

Orientador: **Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues.**

Uberlândia/MG

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

D179 2023	<p>Danelon, Jean Roger Bombonato, 1990- Processos Antropogênicos Induzidos em meios urbanizados, seu estudo a partir da Geomorfologia Antropogênica no município de Uberlândia - MG [recurso eletrônico] / Jean Roger Bombonato Danelon. - 2023.</p> <p>Orientador: Silvio Carlos Rodrigues. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Geografia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.203 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Geografia. I. Rodrigues, Silvio Carlos, 1965- (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Geografia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 910.1</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Jean Roger Bombonato Danelon

Processos Antropogênicos Induzidos em meios urbanizados, seu estudo a partir da Geomorfologia Antropogênica no município de Uberlândia - MG

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
(Orientador)

Prof. Dr. Alan Silveira
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Prof. Dra. Thallita Isabela Silva Martins Nazar
Universidade Federal de Catalão - UFCAT

Profa. Dra. Nina Simone Vilaverde Moura
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Profa. Dra. Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Data: 05 / 04 / 2023

Resultado: **APROVADO.**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppgeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Tese de Doutorado Acadêmico, Número 241 , PPGGEO				
Data:	05 de abril de 2023	Hora de início:	14h:00min.	Hora de encerramento:	18h:00min.
Matrícula do Discente:	11813GEO011				
Nome do Discente:	JEAN ROGER BOMBONATTO DANELLON				
Título do Trabalho:	PROCESSOS ANTROPOGÊNICOS INDUZIDOS EM MEIOS URBANIZADOS, SEU ESTUDO A PARTIR DA GEOMORFOLOGIA ANTROPOGÊNICA NO MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA - MG				
Área de concentração:	GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO				
Linha de pesquisa:	ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL/GEOPROCESSAMENTO				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se na sala 1H14 ([on-line](#)) do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em [GEOGRAFIA](#), assim composta: Professores Doutores: [Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia - UNESP - PP](#); [Nina Simone Vilaverde Moura - UFRGS](#); [Thallita Isabela Silva Martins Nazar - UFCAT](#); [Alan Silveira - IG-UFU](#) e [Sílvio Carlos Rodrigues - IG-UFU](#) (orientadora do(a) candidata). Os Professores externos participaram de forma remota.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, [Professor Sílvio Carlos Rodrigues - IG-UFU](#), apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

[Aprovado.](#)

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de [Doutor](#).

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Silvio Carlos Rodrigues, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/04/2023, às 18:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Nina Simone Vilaverde Moura, Usuário Externo**, em 05/04/2023, às 18:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **THALLITA ISABELA SILVA MARTINS NAZAR, Usuário Externo**, em 05/04/2023, às 18:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alan Silveira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/04/2023, às 18:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia, Usuário Externo**, em 05/04/2023, às 18:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4335761** e o código CRC **2ABE867D**.

Dedico esse trabalho a minha esposa Anna Carolina, meus pais Neusa e Valdemar, minha irmã Jacqueline e aos meus tios Valdemar Augusto (Neguito) e Eurides, pelo carinho, apoio e compreensão nessa longa jornada, pois sem o amor deles, nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

Minha caminhada na vida acadêmica começou como a de muitos colegas, pois, me vi inserido em um ambiente para o qual não me sentia e que realmente não havia sido preparado para enfrentar. Existiram diversas dificuldades, desde o início da graduação, onde me adaptar aos métodos exigentes da universidade pública me fizeram superar barreiras e evoluir. Algumas destas barreiras foram transpostas à duras penas, e tenho o entendimento que sem o lastro de criação digna e afetuosa que tive durante minha infância e os anos iniciais da juventude isto não teria sido possível. Portanto, nesse momento tenho o dever moral de agradecer aos meus pais Valdemar Danelon e Neusa Maria Bombonato Danelon, pela exemplar educação a qual me ofereceram. Também agradeço muito a minha irmã Jacqueline, que foi um espelho acadêmico para mim, sendo através dela que entendi a necessidade do estudo e pude conhecer o ensino superior.

E hoje entendo que o processo de formação de caráter de um ser humano depende de muitos fatores, sejam estes, ambientais, históricos e sociais, no entanto serei eternamente grato por ter tido em meu círculo familiar próximo pessoas como meus Tios Valdemar Augusto (Neguito) e Eurides, Judith e Carlos (Calú), Charles e Eleni, Altamiro (Tamiro) e Édina, onde cada um à sua maneira, contribuiu com a minha construção de caráter, pois, a partir dos seus exemplos, tive como me espelhar nas mais diversas nuances que compõe a estirpe de um ser humano.

Portanto, gostaria novamente de agradecê-los e dizer que, se hoje defendo o título de Doutor em Geografia, muito disso se dá graças a contribuição de vocês, meus amados pais e familiares, muito obrigado, amo-os com todas as forças que Deus me dá. No entanto, é necessário lembrar que meu caminho, acabou por me distanciar desse núcleo familiar que tanto me foi íntimo e caro.

No final do ano de 2009, ano em que havia ingressado no curso de Geografia, passei a fazer parte como voluntário e posteriormente estagiário do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos - LAGES. Em outra cidade, outro estado, tive no a grata surpresa de encontrar no LAGES uma outra parte da minha família (universal) a qual ainda não havia

encontrado. Nesse ambiente acadêmico, de estudo e construção de conhecimento, onde o fazer ciência nos é apresentado em sua plenitude, tive a felicidade de desfrutar de todas as possibilidades de ensino-aprendizado que a universidade poderia me oferecer, foram anos de muita dedicação, dois quais não me arrependo nenhum segundo. Dos muitos, colegas e amigos de laboratórios, alguns tiveram participação importante em minha formação acadêmica e pessoal. Hoje compondo minha banca de defesa de doutoramento, a Profa. Dra. Thallita, foi minha companheira de LAGES ainda quando ela estava na graduação, me auxiliando a dar os primeiros passos nos tão temidos softwares GIS ainda pouco utilizados na época. Da primeira turma que tive maior contato no LAGES, juntamente à Thallita estavam a amiga Lísia, o José Fernando, Josimar, Alcione, Paulinha, Iron, Camilla, Fausto e Lilian. Todos eles somando e me ajudando durante a jornada de formação acadêmica, desde a Iniciação Científica, Monografia, Mestrado e Doutorado.

E com toda certeza dos amigos de laboratório com os quais mais tive experiências acadêmicas e de vida estão o Carlos Felipe, Juliana (Jú), Renato Jr. e Pedro Henrique (Pedrão). Com eles realizei muitas atividades de campo, congressos, dividimos quarto em muitas viagens e mutuamente evoluímos enquanto pesquisadores em formação, por isso, agradeço a vocês queridos amigos, por terem compartilhado comigo todas essas experiências. Como eu disse inicialmente o LAGES se tornou uma família na minha vida em Uberlândia, e uma família grande, que não posso deixar de mencionar os amigos mais jovens que eu tive o prazer recepcionar enquanto já veterano no laboratório e também dividir com eles vários momentos importantes. Dessa turma é fácil me lembrar da Marina e da Dhulia, Giliander, Renato, Luiz Humberto, Yasmmin, Isabele, Diego, Jefferson, Lara, onde os cinco últimos tiveram grande participação na parte mais atual da minha vida, dividindo comigo muitos momentos alegres e também de muito crescimento intelectual e pessoal. AH! Preciso fazer um agradecimento especial ao Renato, que foi um amigo especial durante um vazão criativo que me deixou “travado” na escrita da tese, e graças ao seu auxílio eu pude dar seguimento ao trabalho.

Dessa geração mais recente de lageanos, que não é tão mais recente assim, houve uma pessoa que transformou minha vida de uma forma que eu agradeço todos os dias a Deus e fico lisonjeado em ser merecedor da sua presença ao meu lado, obviamente estou me referindo a minha adorada esposa Anna Carolina, que chegou no LAGES ainda tão jovem

com seus dezoito anos recém completados, e que com sua espontaneidade característica e uma luz maravilhosa me conquistou. E meses após nosso primeiro encontro no SBGEO-2014 em Salvador, que tenho certeza de que foi marcado por Deus para unir novamente nossas almas, começamos a namorar e hoje somos casados comungando de uma vida de pleno companheirismo e amor. Por isto e muito mais que não seria possível expressar com palavras que eu lhe agradeço meu amor, por desde o primeiro dia e até hoje e ao infinito ser a luz que ilumina minha existência, muito obrigado, por tudo.

Ainda, sobre a família colocada por Deus na minha estada em Uberlândia, incluo com muita alegria os irmãos na total expressão da palavra que fiz aqui, Will e João Paulo. Nos conhecemos logo no nosso primeiro dia em Uberlândia e daí em diante nossos caminhos nunca mais se distanciaram, pois mesmo afastados momentaneamente por questões diversas, sempre damos um jeito de estarmos perto, seja fisicamente ou por ligações e conversas nas redes sociais. Junto deles passei nove anos da minha vida, onde comungamos de muitas, aflições e adversidades, mas também muitas alegrias e divertimentos, portanto agradeço também a vocês meus amigos pela parceria, passada e a que tenho certeza de que sempre existirá entre nós, irmãos de alma.

Uberlândia, foi uma cidade que me recebeu de braços abertos e somou grandemente para o meu amadurecimento enquanto pessoa, pois viver longe da família testa a gente em muitos quesitos, pois isso sou grato a esta cidade por ter me acolhido. E quando falo em acolhimento, sem dúvida devo mencionar a Dona Cristiane e o Sr. Clayton Barcelos, meus sogros, que são como pais para mim, e o quais confiaram a mim seu bem mais preciso e amado, que a minha esposa Anna Carolina. Logo agradeço muito a vocês por toda a confiança e apoio em vários momentos, muito obrigado.

É comum dizemos que academicamente temos um “Pai”, e sem dúvida o meu é o Silvio Carlos. Meu primeiro contato com o Silvio foi durante a entrevista de seleção do LAGES, pois eu não havia assistido aulas ministradas por ele, o que não foi um impeditivo para que eu escolhesse o LAGES para ser o local onde gostaria de desenvolver minhas atividades extracurriculares. Durante quase quatorze anos de parceria, espero ter atendido as expectativas que você Silvio tinha ao meu respeito, e julgo que procurei fazer o meu melhor sempre. Assim como você, serei o primeiro integrante da minha família a

carregar o título acadêmico de Doutor e você muito teve contribuição nessa jornada. Pois, “orientar” uma pessoa é uma tarefa árdua e subjetiva, pois cada ser humano responde a estímulos específicos no que diz respeito ao ensino-aprendizado, logo executar esse papel exige muito respeito como tempo de cada aluno. Para mim Silvio, sua melhor característica enquanto orientador é a autonomia que nos dá, permitindo que nos experimentemos em temáticas e metodologias que nos desafiem e contribuam para nossa evolução, sempre observando atento, os frutos colhidos pelo nosso esforço. Dessa forma, gostaria de lhe agradecer, por ter sido a ponte intelectual que possibilitou a realização de um sonho que não era só meu, mas de muitas pessoas que compartilham esse momento de alegria comigo. Muito Obrigado.

Também gostaria de deixar meu agradecimento especial a Profa. Dra. Rita de Cássia Martins de Souza ao Prof. Dr. António de Sousa Pedrosa, pelo carinho especial que sempre apresentaram por mim, contribuindo diretamente para meu desenvolvimento acadêmico e me auxiliando em diversos momentos importantes pelos quais passei.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo / UFU pelo respaldo dado possibilitando a execução das atividades referente ao meu processo de doutoramento. Por fim, gostaria de agradecer aos demais membros da banca examinadora, Prof. Dr. Alan Silveira, Profa. Dra. Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia e a Profa. Dra. Nina Simone Vilaverde Moura, pela disponibilidade em participar da defesa e pelas contribuições realizadas à pesquisa.

*“A ciência mais útil é aquela cujo fruto é o mais comunicável”
Leonardo Da Vinci*

RESUMO

A Geomorfologia Antropogênica é um ramo da ciência geomorfológica responsável por estudar as alterações realizadas na superfície do relevo terrestre as quais tiveram o Homem como seu agente gerador. Considerar as ações humanas como forças que modificam e alteram o relevo terrestre é algo de fundamental importância ao passo que as atividades antrópicas ganham cada vez mais proporção e relevância na superfície do globo. Os adensamentos urbanos representam sem dúvida o maior símbolo da ação antrópica no planeta, haja visto que desde o início das civilizações modernas as cidades foram se multiplicando pelos territórios e ocupando áreas cada vez maiores. Atualmente existem no planeta uma grande quantidade de metrópoles que são pano de fundo para as atividades cotidianas de suas populações. No entanto, é necessário atentar que para que estes adensamentos urbanos tomassem tamanha proporção, muitas ações foram necessárias, dentre as quais, a modificação da superfície do relevo visando viabilizar a implantação dos sítios urbanos se destaca com notoriedade. As paisagens naturais tendem a possuir um equilíbrio dinâmico entre os fluxos de energia e matérias, uma vez que cada ação natural se autorregula dentro de um período de tempo. Porém, a partir da implantação e evolução do sítio urbano, esse equilíbrio é rompido e outras forças passam a atuar e modificar os fluxos de energia e matéria, dentre estes nos concentramos nos processos geomorfológicos ocorrentes nos ambientes urbanizados, procurando analisar sua gênese e dinâmica de funcionamento nesses locais. Para tal, foi necessário realizar uma distinção conceitual desses processos geomorfológicos, uma vez que os mesmos possuem particularidades que os distinguem dos processos geomorfológicos ocorrentes em ambientes não urbanizados. Nesse contexto, foi proposto o conceito de processos antropogênicos induzidos (P.A.I), visando definir os processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos, os quais são passíveis de serem relacionados diretamente às ações antrópicas, as quais tenham sido mecanismo inicial ou preponderante para sua ocorrência ou agravamento. Feito isto, foi utilizado o município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, para exemplificação da ocorrência dos processos antropogênicos induzidos em ambientes urbanizados, apresentando uma série de exemplos desses fenômenos que foram identificados na área de estudo. A identificação deles seguiu as seguintes etapas: identificação dos processos geomorfológicos existentes; análise da dinâmica desses processos; apontar a existência de fatores condicionantes (influenciadores e controladores estruturais); e analisar se há relação entre os processos identificados com a existência de fatores influenciadores e controladores, que possam ser caracterizados como P.A.I. Entre os P.A.I apresentados estão: ravinas e voçorocas de origem antropogênica; processos de piping antropogênicos; escoamentos de alta difusão; e inundações de caráter antropogênico. Após a exposição e discussão realizada a respeito dos processos antropogênicos induzidos, foi possível inferir que utilizar tal abordagem de viés antropogênico se apresentada como uma ferramenta relevante no estudo e compreensão das paisagens urbanizadas, uma vez que, estas paisagens são dinâmicas e complexas demandando de ferramentas que sejam representativas na sua efetiva análise e compreensão.

Palavras-chave: Geomorfologia Antropogênicas; Processos antropogênicos induzidos; influenciadores e controladores estruturais; Uberlândia, Minas Gerais.

ABSTRACT

Anthropogenic Geomorphology is an offshoot of geomorphological science responsible for studying the alterations carried out on the landform surface caused by human activities. Considering human actions as forces that modify and alter the Earth landform is something of fundamental importance, because anthropic activities have gained increasingly proportion and relevance on the Earth surface. The urban clusters undoubtedly represent the greatest symbol of anthropic action on the planet, given that since the beginning of modern civilizations cities have been multiplying across territories and occupying ever larger areas. There are currently a large number of metropolises on the planet that are the backdrop for the daily activities of their populations. However, it is necessary to pay attention that for these urban clusters to take on such proportions, many actions were necessary, among which, the modification of the landform surface in order to make the implantation of urban sites feasible stands out with notoriety. Natural landscapes tend to have a dynamic balance between energy and material flows, since each natural action self-regulates within a period of time. However, from the implementation and evolution of the urban site, this balance is broken and other forces start to act and modify the flows of energy and matter, among these we focus on the geomorphological processes occurring in urbanized environments, trying to analyze their genesis and dynamics of operating in these locations. For this, it was necessary to make a conceptual distinction of these geomorphological processes, as they have particularities that distinguish them from the geomorphological processes occurring in non-urbanized environments. In this context, the concept of anthropogenic induced processes (A.I.P) was proposed, aiming to define the geomorphological and hydrogeomorphological processes, which are likely to be directly related to anthropic actions, which have been the initial or preponderant mechanism for their occurrence or aggravation. Their identification followed the following steps: identification of existing geomorphological processes; analysis of the dynamics of these processes; point out the existence of conditioning factors (influencers and structural controllers); and analyze whether there is a relationship between the identified processes and the existence of influencing and controlling factors that can be characterized as P.A.I. Among the anthropogenic induced processes presented are: ravines and gullies of anthropogenic origin; anthropogenic piping processes; high diffusion runoff; and anthropogenic floods. After the exposition and discussion carried out regarding the anthropogenic induced processes, it was possible to infer that using such an anthropogenic character approach is presented as a relevant tool in the study and understanding of urbanized landscapes, since these landscapes are dynamic and complex, demanding skills that are representative for its effective analysis and understanding.

Keywords: Anthropogenic Geomorphology; Anthropogenic induced processes; Influencers and structural controllers; Uberlandia, Minas Gerais.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localizada da área de estudo. Município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.....	25
Figura 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.	65
Figura 3: Classificação dos Processos Antropogênicos Induzidos.....	73
Figura 4: Fluxograma da gênese dos processos antropogênicos induzidos.....	78
Figura 5 – [A] Processo de inundação registrado no cruzamento das avenidas João Naves e Ávila e Anselmo Alves dos Santos, bairro Santa Mônica. [B] Escoamento de alta difusão ocorrido na avenida Geraldo Abraão, bairro Santa Luzia. Fonte: Fernando Natálio, 2022.....	79
Figura 6 – Ravinamento inserido na base do dissipador de energia, localizado no interior da área de preservação permanente do Córrego Buritizinho, Uberlândia – MG.	80
Figura 7 - [A] Erosão de margem ocasionada pelo escoamento superficial drenado para o interior da área de preservação permanente do Córrego Buritizinho, Uberlândia - MG. [B] Leito assoreado do Córrego Perpétua, Uberlândia-MG. [C] Erosão de margem no Córrego Buritizinho, na imagem é possível identificar que o processo erosivo já começa a comprometer a estabilidade da vegetação existente no local.	81
Figura 8: Mapa de localização do bairro Tibery, indicando os processos erosivos de estudo e informações complementares do bairro.	88
Figura 9: Modelo Hipsométrico Tridimensional do bairro Tibery.	90
Figura 10: Processo de ravinamento na Rua Florestano de Macedo, Bairro Tibery. Data: Novembro, 2019.	92
Figura 11: Processo de ravinamento na Rua Florestano de Macedo, Bairro Tibery. Data: Novembro, 2019.	93
Figura 12: Processo de voçorocamento, desencadeado por falha estrutural "fissura" na coletora de água pluvial, localizada na Rua Haia próximo ao nº 15 no bairro Tibery. Data: Novembro, 2019.	95

Figura 13: Cratera gerada pelo colapso da cobertura asfáltica da via pública, devido carreamento de material gerado pelo fluxo hídrico em sub superfície Na imagem é possível visualizar a manilha da galera de esgotamento sanitário exposta. Data: Novembro, 2019.	96
Figura 14: Na imagem é possível notar parte das tubulações hidrossanitárias expostas devido a retirada de material (solo). Nota-se também o grande volume de solo que foi carreado do local, juntamente como parte do passeio público e do alambrado de cercamento do parque. Data: Novembro, 2019.	97
Figura 15: Climograma do município de Uberlândia, série história de 1981 à 2018.....	98
Figura 16: Destaque para o segundo plano da imagem onde é possível identificar uma grande quantidade de material depositado no interior do Parque, localizado no patamar topográfico inferior. Data: Novembro, 2019.	100
Figura 17: Início do processo de voçorocamento a partir da coletora de água pluvial. Data: Dezembro, 2019.	101
Figura 18: Detalhes do voçorocamento no talude de corte. Data: Dezembro, 2019. ...	102
Figura 19: Estruturas de sustentação do alambrado do Complexo Virgílio Galassi expostas. Data: Dezembro, 2019.....	105
Figura 20: Ravinamentos provocados pelo fluxo hídrico no talude de corte do Complexo Virgílio Galassi, dado o rompimento da coletora de água pluvial. Data: Dezembro, 2019.	106
Figura 21: Visão panorâmica da espacialização das ravinas pelo talude de corte. Data: Dezembro, 2019.	106
Figura 22: A – Início do Processo de Ravinamento no mês de Novembro de 2019; B – Início do Processo de Ravinamento do mês de Dezembro de 2019; C – Volume de material carreado pelo processo erosivo no mês de Novembro de 2019; D – Volume de material carreado pelo processo erosivo no mês de Dezembro de 2019.	107
Figura 23 - Avenida Rondon Pacheco, durante o processo de ampliação, asfaltamento e canalização do Córrego São Pedro na década de 1980. Fonte: Google Imagens.	113
Figura 24 - Colapso de parte da pista da Marginal Tietê na cidade de São Paulo, ocasionado por um desmoronamento na obra de escavação de um trecho da Linha 6 do metrô. De acordo com o Secretário Transportes, o desabamento foi ocasionado pelo vazamento de uma galeria de esgoto situada no local. Fonte: Portal G1 Notícias / BBC – Brasil.....	115

Figura 25 - Ruptura circular na cobertura asfáltica que expôs o processo de pipe antropogênico já desenvolvido em subsuperfície.....	117
Figura 26 - A imagem retrata um pipe (duto) antropogênico situado por sobre a tubulação de esgotamento sanitário	121
Figura 27 - Diferenciação entre os pacotes de material onde está inserida a tubulação de esgotamento sanitário.....	123
Figura 28 - Processos de Piping Antropogênico no município de Uberlândia que foram apresentados na pesquisa.	126
Figura 29 – [A] Tomada aérea do processo de piping antropogênico da R. Da Carioca. [B] Nessa imagem é possível verificar o veículo dentro da cratera formada pelo colapso da camada asfáltica e notar que devido o rompimento da adutora secundária de abastecimento de água, rapidamente a cratera foi preenchida pelo fluxo hídrico. [C] Técnicos do DMAE (Departamento de Água e Esgoto) realizando a manutenção da adutora de fornecimento de água. Fonte: Diário de Uberlândia e Portal G1 Notícias. .	127
Figura 30 - Veículo de transporte preso em cratera originada por processo de piping antropogênico na R. Rio Grande do Sul cruzamento com Av. Rondon Pacheco. Fonte: Portal G1 Notícias.	130
Figura 31 – [A] Imagem da cratera gerada pelo colapso do passeio público. [B] Pedestre sendo resgatada pela Polícia Militar e Profissionais socorristas. [C] Pedestre após a queda no interior da cratera gerada pelo processo de piping antropogênico. [D] Equipe do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto realizando as obras de reparo no local de ocorrência do processo erosivo. Fonte: Portal G1 Notícias.	136
Figura 32 - Processo de piping antropogênico atrelado a estrutura de saneamento no cruzamento da Av. Sacramento com R. José Andraus no barro Martins. Fonte: Tv Vitoriosa.	137
Figura 33 – [A] Retrato das vias comprometidas pela obra de contenção do vazamento da adutora; [B] Técnicos do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto realizando a contenção do vazamento; [C] Imagem aproximada do processo de soldagem, da adutora; [D] Tomada geral, contextualizando a amplitude da obra e os recursos técnicos necessários para a execução da mesma.	140
Figura 34 – [A] Extravasamento do fluxo pela fissura gerada acidentalmente na obra de manutenção; [B] Destaque para a fissura que gerou o extravasamento; [C] Reparo realizado pela equipe de manutenção do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto. Fonte: Portal G1 Notícias.	141

Figura 35 – [A] Esquema Teórico do "Plano de Avenidas", exemplificando seu caráter radiocêntrico de composição viária; [B] Ilustra parte do projeto que indicava a retificação do trecho do Rio Tietê no bairro de Santana, próximo ao atual Campo de Marte na zona Norte da cidade de São Paulo. Fonte: TOLEDO, 2005. 149

Figura 36 – [A] Imagem ilustra uma inundação na Zona Norte de São Paulo, na Marginal Tietê (Rod. Professor Simão Faiguenboim) no ano de 1960, já após ao processo de retificação do canal do rio; [B] Inundação ocorrida no ano 1976 na Av. Nove de Julho, onde vale destacar que a mesma se encontra situada por sobre o Córrego Saracura, um dos muitos cursos d'água da cidade de São Paulo que foram canalizados. Fonte: Sampa Raiz / Kenji Honda – Estadão Conteúdo. 151

Figura 37 – [A] Escoamento de alta difusão turbulento, gerando a alagamento da via pública no bairro Pampulha, Uberlândia-MG. Fonte: Junyor Rodrigues, 2021; [B] E.A.D na Av. Segismundo Pereira, Uberlândia – MG, tomando parte da via pública após extrapolar a sessão de contenção de escoamento de água pluvial; [C] Motocicleta sendo arrastada pelo E.A.D turbulento na Av. Anselmo Alves dos Santos, próximo a entrada de veículos do "Parque do Sabiá". Fonte: Augusto Queiroz, 2012. 155

Figura 38 – [A, B e C] Trechos distintos da Av. Segismundo Pereira (altura nº 2000), com ocorrência de Escoamento de alta difusão, gerando o alagamento total da via pública, dificultando o tráfego de veículos de passeio devido à altura da lâmina d'água formada..... 156

Figura 39 – Mapa Temático apresentando o processo de Escoamento de alta difusão ocorrido na Av. Segismundo Pereira, bairro Santa Mônica, Uberlândia - MG 158

Figura 40 - [A] A imagem retrata o processo de alagamento ocorrido na Av. Francisco Vicente Ferreira, no bairro Santa Mônica, que foi gerado a partir da ocorrência de um escoamento de alta difusão (E.A.D), atrelado ao evento chuvoso do dia 13 de fevereiro de 2020; [B] Representa trecho tomado pelo escoamento configurando um processo clássico de alagamento. Reforçando que o trecho em questão não está atrelado a um canal fluvial; [C] Trecho final da Av. Francisco Vicente Ferreira, já em sua confluência com a Av. João Naves de Ávila que receberá todo volume escoado. Valendo destacar que a Av. João Naves de Ávila se coloca como o um dos principais eixos viários do município, responsável por fluir um grande volume de veículos e transportes coletivos pelo corredores de integração. 163

Figura 41 - Mapa Temático apresentando trechos com ocorrência de processo de Escoamento de alta difusão ocorrido na Av. Francisco Vicente Ferreira, bairro Santa Mônica, Uberlândia - MG..... 165

Figura 42 - Mapa apresentando os referidos pontos de alagamentos localizados nos exutórios dos córregos Lagoinha e Mogi e do córrego Jataí. Os pontos sofrem grande sobrecarga de fluxo hídrico devido a este fator posicional que é agravado pelo processo de canalização realizados em todos os cursos d'água envolvidos. Fonte: [Fotografias] - Pedro Henrique Santana (08.12.2020); Luiz Humberto Carneiro (16.01.2022)..... 177

Figura 43 – Apresentação de uma das vias transversais que realiza a captura do escoamento superficial. Com a captura o fluxo de escoamento que seguia isolado em cada via, passa a ser concentrado na via de captura que realiza sua descarga em um único ponto na avenida Rondon Pacheco. 181

Figura 44 – [A] Efeitos do processo de inundação urbana ocorrido na avenida Rondon Pacheco no ano de 1986; [B] Em comparativo aos estragos de 1986 temos os impactos gerados pela inundação de 2022. Fonte: Portal G1.com; Jornal Diário de Uberlândia..... 183

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Linha do tempo das obras internacionais de maior relevância para a Geomorfologia Antropogênica.	48
Tabela 2: Linha do tempo das obras brasileiras de maior relevância para a Geomorfologia Antropogênica.	53

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	17
Introdução	17
Problematização	26
Hipótese	29
Proposição da Tese e Objetivos	29
<i>Objetivo Geral</i>	29
<i>Objetivos Específicos</i>	30
Estruturação do Trabalho	30
CAPÍTULO I.....	35
1. A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica	36
1.1. O início do pensamento Geomorfológico.....	36
1.2. Os pilares da Geomorfologia Moderna.....	37
1.3. O caráter multidisciplinar da Geomorfologia	39
1.4. A Geomorfologia Antropogênica.....	41
CAPÍTULO II.....	59
2. Procedimentos Teórico-Metodológicos	60
CAPÍTULO III.....	67
3. A classificação de Processos Antropogênicos Induzidos em ambientes urbanizados.....	68
3.1. O enquadramento do conceito na ciência Geomorfológica.....	68
3.2. O entendimento do homem como agente transformador do relevo	70
CAPÍTULO VI	83
4. O surgimento de Ravinas, Voçorocas e o desenvolvimento de Piping em áreas urbanizadas. O debate de sua gênese e formação a partir dos processos antropogênicos.....	84

4.1. Ravinas e Voçorocas.....	91
4.2. Piping	109
CAPÍTULO V	145
5. Escoamento de alta difusão e Inundações urbanas, sua relação com a impermeabilização do solo e a ocupação dos fundos de vales. Análise da sua complexidade pela Geomorfologia Antropogênica.....	146
5.1. Escoamentos de alta difusão (E.A.D)	152
5.2. Inundações Urbanas	169
CONSIDERAÇÕES.....	186
Considerações Finais.....	186
REFERÊNCIAS.....	188

APRESENTAÇÃO

Introdução

Muitas são as definições a respeito do objeto de estudo da Geografia. Moraes (1994) apresenta um dos primeiros conceitos atribuídos a Geografia, o qual a intitulava como a área do conhecimento destinada ao estudo da superfície terrestre. Devemos levar em consideração que este conceito data de meados do século XIX, quando a vinculação da ciência geográfica às ações pertinentes à descrição dos aspectos naturais da superfície terrestre era vigente. Relação essa, muito por influência da visão kantiana ligada aos estudos relacionados à Geografia na época.

Milton Santos aponta o espaço geográfico, como objeto de estudo da Geografia, levando em consideração suas categorias analíticas como o espaço social (SANTOS, 1986, p. 116). Espaço social este que toma como pano de fundo a localidade em que são desenvolvidas as relações humanas conforme exposto por Saquet e Silva (2008):

“O espaço social corresponde ao espaço humano, lugar de vida e trabalho: morada do homem, sem definições fixas. O espaço geográfico é organizado pelo homem vivendo em sociedade e cada sociedade, historicamente, produz seu espaço como lugar de sua própria reprodução.”

O espaço geográfico, tal qual o espaço social, são conceitos que definem uma dinâmica de ações desenvolvidas pela sociedade, logo cabe ressaltar que essas ações são exercidas em um local concreto, que é a superfície terrestre, ou seja, o relevo. E procurando entender o processo de apropriação do relevo pelo homem e suas implicações, que se faz necessário o esforço de buscar ir além do que está posto

conceitualmente e fomentar o debate a respeito dessa temática. Logo, nesse contexto de espaço, onde homem e meio interagem de maneira dinâmica, que a presente pesquisa busca realizar o estudo das características geomorfológicas, a partir de um viés que coloca este homem como ser integrante e transformador do relevo, que é pertinente à Geomorfologia Antropogênica. Pois, como destaca Casseti (1995), dissociar o fator humano do natural é algo inadequado, quando se pretende desenvolver um estudo a respeito da paisagem, uma vez que a produção do espaço se dá exatamente a partir dessa interação.

É válido recordar que ao discorrer a respeito dos diversos estratos geográficos que compõem a abordagem geossistêmica, Penteado (1981) traz o conceito de antroposfera, como sendo a superfície de contato onde “o homem agride, corrige e torna economicamente produtivos os sistemas naturais [...]”. Portanto, é possível indicar a existência de um entendimento, que o homem não é apenas um componente desse estrato geográfico, mas sim um agente transformador do mesmo, colocando-se em posição de destaque na dinâmica que condiciona os fluxos de energia e matéria ali ocorrentes. E o termo “agredir” pode ter diversas interpretações, mas no ramo da geomorfologia, não é difícil atrelar tal expressão aos processos agradacionais e degradacionais de formação do relevo.

Ou seja, quando é indicado que o ser humano “agride” o relevo é possível interpretar tal ação como uma alteração / modificação dessa superfície. Porém é necessário colocar que esta interpretação de forma alguma coloca o Homem, no papel de escultor como em um processo artístico, alterando as formas e criando a escultura perfeita. Pois, o relevo possui uma dinâmica própria e equilibrada, a partir dos fluxos de energia e matéria, que uma vez

alterados indiscriminadamente irão ocasionar reflexos que serão notados e poderão impactar as populações que habitam esse espaço social que é a superfície do relevo.

Ross (2001) apresenta de forma consistente a relação desenvolvida entre o homem e o espaço habitado, quando de forma poética define o relevo terrestre como sendo “parte importante do palco, onde o Homem, como ser social, pratica o teatro da vida”. E anteriormente, De Martonne (1964) também havia exposto sua ideia de que, “o relevo terrestre assumia expressão como recurso ou suporte da vida, o palco do desenvolver da história”. Estes conceitos não só contextualizam a ideia já apresentada a respeito do espaço social, como também reforçam que o Homem está sim presente e atuante nas alterações do relevo terrestre.

As interações que envolvem o relevo e o desenvolvimento urbano são conhecidas a séculos (CSIMA, 2010). Historicamente a análise da paisagem e por consequência do relevo, era um dos principais fatores levados em consideração quando se procurava realizar a implantação de determinado sítio urbano. No entanto é necessário ressaltar que esta análise não partia de um viés científico, ou tão pouco vinculada ao planejamento urbano para ocupação dessa paisagem.

Tal análise se baseava em suprir necessidades básicas, como o acesso a água para consumo humano ou para irrigação de plantações, implantação de estradas, devido condições de relevo menos movimentados, entre outros fatores. Cabe ressaltar que parte dos principais sítios urbanos ao redor do mundo iniciaram seu processo de desenvolvimento urbano ainda na Idade Média (Séc. V à XV) ocupando as planícies de grandes rios, a exemplo de Paris às margens do Rio Sena, ou Berlin e Londres, que se expandiram às margens dos rios Spree e Tâmis. Podemos também citar importantes

idades da antiguidade como Ur (4.000 a.C) que foi uma proeminente cidade-estado suméria (atual Tell el-Muqayyar, Iraque), localizada no vale do rio Eufrates que juntamente com o Rio Tigre, compunham a região da Mesopotâmia, sítio de implantação e expansão dos principais “aglomerados” urbanos da época, amplamente indicada como berço da civilização (ROUX, 2002; KRIWACZEK, 2018)

No entanto, esse pensamento estratégico da época, não deve ser confundido com o que entendemos hoje por Planejamento Urbano, pois como supracitado, as ideias adotadas buscavam atender pontos específicos e essenciais às populações da época, portanto, obviamente podendo ter negligenciado princípios básicos de padrões construtivos e a escolha de locais para instalação de determinadas estruturas urbanas.

Porém, é inegável a existência de uma relação longa entre as paisagens naturais e a transformação destas pelas populações humanas. Ao passo que tais modificações passaram ter papel de destaque na dinâmica dos processos físico-naturais ocorrentes nesses locais.

E é válido lembrar que o desenvolvimento das populações urbanas e sua expansão pela superfície do relevo não é algo estático no tempo e no espaço, fato este, que proporcionou cenários extremamente complexos no que diz respeito as paisagens urbanizadas. De modo que é possível encontrar os mais diversos padrões de ocupação, que vão desde inúmeras cidades que se desenvolveram nas costas litorâneas dos continentes, às ocupações localizadas em grandes altitudes, a exemplo de La Paz, um aglomerado urbano com aproximadamente 2 milhões de habitantes em sua região metropolitana, um verdadeiro enclave urbano, situado em um amplo vale na Cordilheira dos Andes a mais de 3.600 metros de altitude. E realizando um ponto de contraste, é possível mencionar

vários sítios urbanos que se desenvolveram abaixo do nível do mar, tendo como destaque grande parte dos municípios holandeses, uma vez que 60% da população da Holanda reside em áreas situadas topograficamente nessa condição.

E o que dizer das *Palm Islands*, um arquipélago artificial construído em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos, composto por aproximadamente 100 milhões de metros cúbicos de areia. Local onde atualmente existe uma gama gigantesca de infraestruturas, composta por edifícios, arruamentos e uma série de outros imóveis para moradia e turismo que abrigam uma população de aproximadamente 80 mil pessoas.

Retomando a linha de raciocínio iniciada anteriormente, é possível chegar ao ponto no qual os aglomerados urbanos ao redor do mundo tiveram seu início atrelado a uma determinada dinâmica, que, com o passar dos anos não foi “abandonada”, mas sim modificada, passando por diversas transformações relacionadas a cada período histórico e aos interesses da época, interesses estes que podem ter sido econômicos, políticos, ou para fins de planejamento.

A preocupação quanto ao desenvolvimento das cidades na paisagem, sempre foi o escopo da Geografia Urbana, a qual procura encontrar meios que possibilitem que determinada ação (obra de expansão urbana) não ocasione impactos negativos de grande intensidade, no meio urbano. Entre estes impactos estão as alterações na dinâmica do meio físico, onde tais modificações urbanísticas podem desencadear mudanças no comportamento hidrológico, geomorfológico e hidrogeomorfológico de tal localidade, acarretando diversos problemas que irão impactar diretamente a ação / obra que se pretende desenvolver, além das demais áreas já consolidadas desse aglomerado urbano e suas respectivas populações. Portanto, realizar uma análise de como o desenvolvimento

das cidades impacta as paisagens e seus componentes, se coloca como um ponto de grande relevância. Partindo desse pressuposto que o presente estudo se propõe a analisar um dos componentes dessa paisagem alterada que é o relevo urbano, atentando diretamente a sua dinâmica e seus agentes transformadores.

No Brasil existem inúmeros exemplos de cidades que cresceram de maneira desordenada e atualmente enfrentam uma série de dificuldades devido a este fato. O aumento populacional ocorrido desde a década de 1970, vinculado a migração das populações do campo para as cidades, fez com que enormes e desordenados aglomerados urbanos se formassem. Esse grande contingente populacional modificou a estrutura das cidades, fazendo que estas adquirissem maior porte num intervalo de tempo relativamente curto, fato este que muitas vezes dificultou que ações ligadas ao ordenamento urbano fossem realizadas e aplicadas com efetividade.

Muitos são os reflexos que podem ser notados em grandes metrópoles brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Belo Horizonte entre outras. Várias delas sofrem com inundações / alagamentos urbanos devido a fatores como a elevada taxa de impermeabilização dos solos urbanos, que dificulta o processo natural do escoamento e infiltração das águas pluviais; além da retificação e canalização de canais sem que haja o devido estudo quanto aos impactos que esta alteração acarretaria à dinâmica hidrogeomorfológica do curso d'água; entre outras várias causas que poderiam e serão mencionadas no decorrer do presente estudo.

A ocupação de áreas com relevo acidentado também gera uma série de impactos, uma vez que, são realizadas obras de engenharia, como a construção de taludes ou aterramento de determinadas áreas, que acabam por alterar a estrutura e dinâmica do

relevo nesses locais, podendo ocasionar movimentos em massa, como escorregamentos de solo e detritos. Cabe aqui pontuar a relação trabalhada por Caseti (1995) entre a declividade e a intensidade dos processos morfogenéticos na vertente. Fato este que reforça o cuidado e o nível de entendimento que se deve ter ao tratar dos processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos ocorrentes em áreas urbanizadas inseridas em vertentes íngremes e/ou com componentes morfológicos que otimizem seu balanço morfogenético.

De outra forma, na ocupação de áreas extremamente planas, também podem surgir impactos negativos, principalmente quando existe a insuficiência ou até mesmo a inexistência de um sistema de drenagem pluvial adequado, uma vez que a morfologia natural dessas localidades dificulta o escoamento do fluxo hídrico, favorecendo a ocorrência de alagamentos, principalmente durante eventos chuvosos de maior intensidade. Destacam-se entre as áreas dotadas de relevos planos e frequentemente ocupadas de maneira irregular as várzeas dos rios urbanos, que por serem locais não utilizados para realização de edificações regulamentadas por força da lei, (embora existam exceções) são áreas diretamente impactadas com a cheias dos cursos d'água, que apresentam picos de cheia extremos devido a alta taxa de urbanização e impermeabilização do solo das áreas do entorno (TUCCI, 2005). No entanto, essa série de ocorrências não é exclusividade dos grandes centros urbanos, pois muitas cidades médias¹ já enfrentam dificuldades relacionadas aos impactos supracitados, como é o caso de Joinville (SC), e Petrópolis (RJ), conforme apresentado nos estudos de Silveira et al. (2009) e Santos (2007) respectivamente.

O município de Uberlândia (Fig. 1) não fugiu à regra de outros vários municípios brasileiros, tendo seu volume populacional aumentado significativamente nos últimos 50 anos. Conforme apresentado por Fernandes et al. (2015), o município contava com uma população de

¹ Conforme a Organização das Nações Unidas – ONU -, as cidades médias são aquelas com aglomerações entre 100.000 e 1.000.000 de habitantes [...] (MAIA, 2010).

111.466 habitantes na década de 1970, número este que já atinge a casa dos 725.536 habitantes conforme estimativa² do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. É possível afirmar que uma expansão urbana dessa grandeza em um período de tempo relativamente curto, não se daria sem que impactos fossem produzidos, direta ou indiretamente.

E quando tratamos de impactos ambientais, muitos são os exemplos associados à evolução urbana, conforme já apresentado anteriormente. Tomando como referência o município de Uberlândia, é possível mencionar fatos relacionados aos alagamentos / inundações urbanas, geradas principalmente pela elevada impermeabilização do solo associada ao deficiente sistema de galerias pluviais existente no município (PEDROSA et al., 2016). Além da existência de canalização de canais fluviais; ocupação de fundos de vale; implantação de loteamentos em áreas úmidas; assoreamento de cursos d'água e nascentes; processos erosivos em cabeceiras de drenagem; voçorocamentos associados às capturas de drenagem urbana, entre outros.

Dada a existência dessa série de fatos, os quais devem ser explorados pelo meio acadêmico, visando o estudo e entendimento de sua dinâmica, que se julga pertinente a execução da presente tese. Para que desta forma seja possível desenvolver o debate e buscar uma estruturação conceitual que futuramente possibilite propor formas de minimização destes impactos ou até mesmo a supressão de alguns deles. Tendo o entendimento que a Geomorfologia Antropogênica será instrumento de significativo auxílio na compreensão da dissonância muitas vezes presente na relação Sociedade e Natureza existente nos sítios urbanos, que a presente tese trará esse ramo científico como ponto norteador das exposições aqui realizadas.

² Não foi possível inserir dados populacionais atualizados oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, pois o Censo - 2021 foi suspenso, uma vez que o orçamento sancionado pela presidência para aquele ano, não previa recursos para a realização da pesquisa.

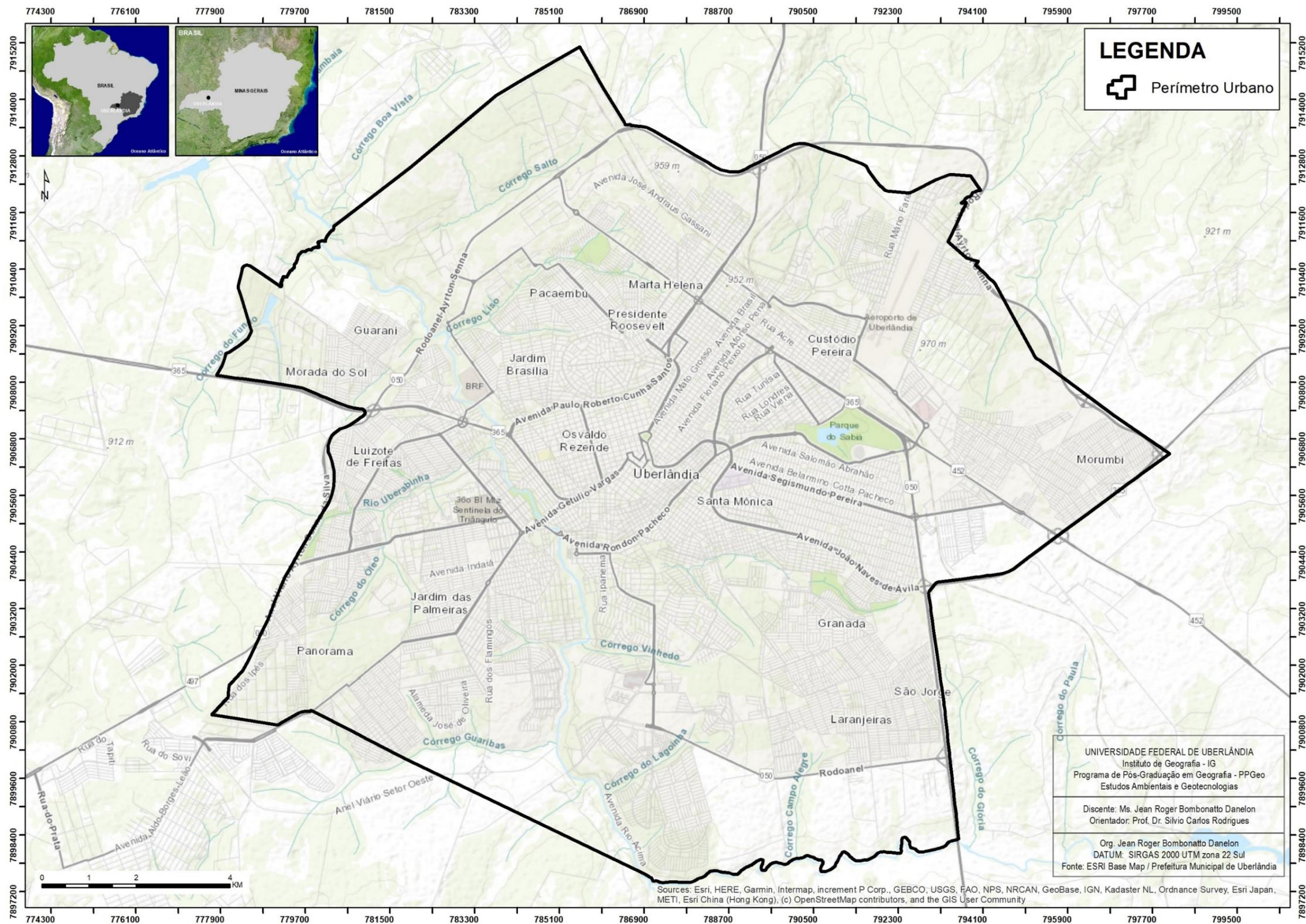


Figura 1 - Mapa de localizada da área de estudo. Município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

Problematização

Rodrigues (1994) aponta que a relação Sociedade e Natureza diz respeito não apenas aos assuntos relacionados à dinâmica natural (Natureza), mas também à assuntos decorrentes da ação social. A autora coloca ainda que até um período recente do nosso passado a questão ambiental era pertinente aos eventos da natureza que interferiam na organização socioespacial, mas eram independentes da ação humana.

Atualmente, é possível dizer que esse pensamento se encontra superado, haja visto o entendimento de que as relações humanas são intrínsecas às dinâmicas ambientais. E a partir do entendimento da Geomorfologia Antropogênica e dos processos a ela inerentes, as ações humanas não só interagem como também modificam os cenários ambientais, sobretudo o relevo foco desta pesquisa.

E dentre as mais significativas e ocorrentes ações antrópicas que alteram o meio natural, destacam-se os processos de urbanização os quais estão diretamente relacionados às alterações desempenhadas na morfologia do relevo, conforme já discutido anteriormente, de modo que alguns de seus impactos frente às populações urbanas e o espaço por elas habitado, foram apresentados (LIMA, 1990; CARVALHO, 2004; GOUVEIA, 2010).

Szabó (2010) defende a ideia de que, sendo a investigação da ação morfológica dos rios e seus produtos, denominada de “Geomorfologia Fluvial” uma definição análoga pode ser aplicada também à “Geomorfologia Antropogênica”. Esta que foi definida por Nir (1983), como a área de estudo que considera a ação antrópica um dos agentes modificadores do relevo. E ao pensar em alterações realizadas no relevo, logo nos vem à mente os processos morfogenéticos, responsáveis pela esculturação e transformação do mesmo.

Nos ambientes tropicais os processos de esculturação do relevo estão prioritariamente relacionados à erosão hídrica e como já mencionado o município de Uberlândia – MG tem sua localização geográfica inserida nesse domínio de abrangência climática. Logo, os processos geomorfológicos atuantes no município são originados prioritariamente a partir da ação do fluxo hídrico.

É de longa data que o município e a população de Uberlândia são impactados por processos geomorfológicos, porém, é foco de o presente trabalho realizar uma distinção destes processos, uma vez que praticamente em toda e qualquer localidade ocorre a existência de processos geomorfológicos, ocasionando acúmulo ou retirada de materiais. No entanto como dito anteriormente a Geomorfologia Antropogênica visa diferenciar os processos geomorfológicos que tem relação direta com as ações humanas. Devido a este fato que se faz necessário colocar pontos importantes que delinearão a problemática da tese.

Diversos estudos apontam a existência de processos morfogenéticos na área que abrange o município de Uberlândia (BACCARO,1993; CARRIJO & BACCARRO, 2000; RODRIGUES, 2010), com ênfase aos processos erosivos, haja visto sua inserção no ambiente de Cerrado que favorece a ocorrência de tais fenômenos devido a suas características climáticas, pedológicas e vegetativas (SILVA, 2010; RODRIGUES, 2014; 2018; RODRIGUES et al., 2022).

No entanto, é necessário atentar quanto ocorrência dos processos geomorfológicos que estão inseridos no meio urbano desse município, e tem sua dinâmica atrelada e influenciada pelo fenômeno de urbanização. Del Grossi (1991), foi pioneira a suscitar a influência das ações de urbanização frente aos processos geomorfológicos em

Uberlândia, apresentando que:

“As décadas de 60, 70 e 80 foram palco de várias decisões políticas e econômicas que concorrem para uma grande expansão do sítio urbano. (...) Como resultado dessa expansão, processos geomorfológicos são alterados, e, em consequência, cheias, ravinas, voçorocas e desabamentos passam a constituir problemas afetando toda a comunidade”.

Portanto é possível afirmar que há várias décadas vêm sendo notadas alterações na dinâmica dos processos geomorfológicos em Uberlândia, e que estas modificações têm causado impactos que se refletem nas esferas sociais, ambientais e econômicas do município. Uma vez que periodicamente o município enfrenta dificuldades ocasionadas pela ação de processos erosivos (ravinamentos, voçorocamentos, piping) em meio urbano, além da ocorrência escoamento de alta difusão e alagamentos / inundações durante eventos chuvosos, fatos que impactam diretamente as populações ali residentes. Impactos estes que também atingem diretamente o poder público, o qual repetidamente é responsável por arcar com os custos de limpeza, reparos e reconstrução das áreas impactadas por estes fenômenos.

A partir do exposto, a problemática deste estudo fundamenta-se nos seguintes questionamentos:

- (i) Seria possível aplicar uma metodologia voltada ao estudo da Geomorfologia Antropogênica em cidades médias, tendo como pano de fundo hipotético o município de Uberlândia (MG)?
- (ii) A Geomorfologia Antropogênica será uma ferramenta de análise significativa no entendimento das questões relacionadas a processos geomorfológicos que acarretem problemas ambientais nessas cidades?

A problemática apresentada serviu como ponto de partida para a elaboração dos

objetivos que permitirão a construção e desenvolvimento desta pesquisa.

Hipótese

Os processos antropogênicos induzidos são processos geomorfológicos ocorrentes em meios urbanizados, os quais possuem uma diferenciação em sua dinâmica que os distinguem dos processos geomorfológicos naturais / espontâneos.

Proposição da Tese e Objetivos

Dadas as colocações iniciais, a tese discute a necessidade de uma diferenciação conceitual imposta a determinados processos geomorfológicos, a qual dar-se-á a partir de uma leitura antropogênica, que corroborará na interpretação dos processos em questão, quando estes ocorrerem em meios urbanizados sob a égide de uma dinâmica inerente à esta realidade. Para tal, foram pensados os objetivos a serem atendidos pela pesquisa que desencadearão de forma complementar, a exposição e a discussão teórico-conceitual a respeito do tema, assim como a apresentação de estudos de caso específicos que darão sustentação à proposição inicial aqui apresentada.

Objetivo Geral

Buscar-se-á estudar os processos geomorfológicos ocorrentes na área urbana do município de Uberlândia (MG) sob a luz da Geomorfologia Antropogênica, a fim de compreender a maneira como se dá a ocorrência deles. Para que desse modo se possa adotar uma categoria / classe que represente os processos geomorfológicos desencadeados, controlados ou otimizados por ações antrópicas, ocorrentes em áreas urbanizadas.

Objetivos Específicos

- § Realizar discussões teóricas a respeito da Geomorfologia Antropogênica, com intuito de possibilitar que a partir desses conteúdos se possa contribuir com novos pontos a serem inseridos nessa temática no que diz respeito a área urbanizadas;
- § Estruturar um conceito que contemple os processos geomorfológicos que têm sua ocorrência desencadeada, controlada ou otimizada por ações antrópicas;
- § Desenvolver uma forma de análise que possibilite a identificação dos processos geomorfológicos de origem antrópica, que se desenvolvem em áreas urbanizadas;
- § Pontuar processos antropogênicos existentes no município de Uberlândia, analisando-os a partir da sua gênese e formação, descrevendo as características que os distinguem dos processos geomorfológicos naturais / espontâneos.

Estruturação do Trabalho

Na **Apresentação** da tese o texto da **Introdução** se inicia contextualizando a ideia das interações existentes entre Homem e meio, as quais são objeto de estudo da ciência geográfica, conduzindo a discussão à Geomorfologia e suas ramificações existentes, para que em seguida seja colocada em destaque a Geomorfologia Antropogênica, que configura o tema central da tese. Suscitada a discussão a respeito da Geomorfologia Antropogênica, pontos são destacados a fim de caracterizar a relação íntima da mesma com as ações antrópicas desenvolvidas no planeta e como o entendimento dessas se faz necessário na compreensão e validação da referida abordagem.

Após apresentação de pontos importantes, conforme mencionado, a introdução do trabalho caminha para seu desfecho, mas não sem antes trazer uma questão fundamental, a qual se trata da localidade que será pano de fundo para grande parte dos assuntos trabalhados no decorrer da tese.

Nesse contexto são apresentadas características e ocorrências inerentes a Geomorfologia de diversos municípios, para posteriormente após contextualização ser apresentado o município que será trabalhado como área de estudo da pesquisa.

Em seguida a **Problematização** surge com o intuito estrutural de proporcionar a tese o apontamento de colocações (“Problemas”) pertinentes à abordagem proposta, visando construir a estrutura hipotética que norteará o texto no decorrer do trabalho. Nesse momento foram apresentados três questionamentos que uniam as ideias da Geomorfologia Antropogênica às características fisiográficas, estruturais e populacionais do município de Uberlândia (MG).

Posteriormente é apresentada a **Hipótese**, que se trata de uma afirmativa que posteriormente a apresentação e discussão de todos os conteúdos que compõe o trabalho, culminará na conclusão do mesmo, que poderá assim validar ou não a hipótese que foi apresentada pelo autor.

E logo após são apresentadas as **Proposições da Tese e Objetivos** contextualizando o foco central do trabalho e suas ramificações a partir do Objetivo Geral e Específicos, que dão estrutura ao trabalho uma vez que orientam o desenvolvimento do mesmo por momentos distintos.

Superados os itens que compõem a **Apresentação** da tese, foi desenvolvida a divisão em capítulos que buscam contemplar os pontos em discussão levantados no presente trabalho. Para tal, foram pensados cinco capítulos, sendo estes: 1. A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica; 2. Procedimentos Teórico-Metodológicos; 3. A classificação de Processos Antropogênicos Induzidos em ambientes urbanizados; 4. O surgimento de Ravinas, Voçorocas e o desenvolvimento de Piping em áreas urbanizadas. O debate de sua gênese e formação a partir dos processos antropogênicos; 5. Escoamento de alta difusão e Inundações urbanas, sua relação com a impermeabilização do solo e a ocupação dos fundos de vales. Análise da sua complexidade pela Geomorfologia Antropogênica.

O Capítulo 1, "**A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica**", buscou-se realizar a imersão do leitor no contexto teórico que norteia o trabalho, apresentando as origens do conceito de Geomorfologia Antropogênica e como este foi discutido e aperfeiçoado durante os anos. Não se tem no capítulo a pretensão de esgotar os conteúdos que abrangem o tema, mas sim trazer um significativo volume de informações que possibilitem sustentar as discussões e proposições teóricas e conceituais apresentadas na tese.

No Capítulo 2, "**Procedimentos Teórico-Metodológicos**" traz as informações pertinentes ao modo como se fez possível alcançar as respostas às indagações apresentadas na tese. Nesse momento são expostas técnicas utilizadas para a obtenção dos resultados, assim como os alinhamentos metodológicos da pesquisa, com as diretrizes a serem seguidas a partir de dada linha de raciocínio.

Dado passo importante na edificação e entendimento da temática, o Capítulo 3, **“A classificação de Processos Antropogênicos Induzidos em ambientes urbanizados”**, traz um dos pontos fundamentais da tese, que é a proposição do conceito de Processos Antropogênicos Induzidos, que objetiva diferenciar processos geomorfológicos recorrentes em ambientes urbanizados, dotados de características específicas no que tange sua gênese e dinâmica, colocando-os em uma ramificação particular na temática geomorfológica.

O Capítulo 4, **“O surgimento de Ravinas, Voçorocas e o desenvolvimento de Piping em áreas urbanizadas. O debate de sua gênese e formação a partir dos processos antropogênicos”**, traz à tona uma discussão pertinente, porém árdua, uma vez que por si só a temática ravinas e voçorocas já é dotada de alta complexidade quanto a sua morfogênese. No entanto se faz necessário adicionar a esse arranjo conceitual, alguns pontos teóricos visando corroborar para o entendimento da dinâmica dessas feições, quando as mesmas se encontrem inseridas em centros urbanos e condicionadas de certa forma por eles. Nesse mesmo capítulo ainda será suscitado debate a respeito dos processos de piping antropogênico, seguindo a linha de raciocínio apresentada no Capítulo 3, a qual será norteadora para as colocações apresentadas em todo trabalho.

O Capítulo 5, **“Escoamento de alta difusão e Inundações urbanas, sua relação com a impermeabilização do solo e a ocupação dos fundos de vales. Análise da sua complexidade pela Geomorfologia Antropogênica”**, coloca em pauta como as ações antrópicas que influenciam diretamente o comportamento dos processos hidrogeomorfológicos nos ambientes urbanos, uma vez que estes processos seguem

uma dinâmica física, que quando confrontada a um pano de fundo modificado tende a adotar um comportamento diferenciado.

Por fim são apresentadas as “**Considerações**” onde buscou-se realizar o agrupamento e síntese das exposições realizadas nos capítulos anteriores, de modo que o leitor após a apreciação desses conteúdos pudesse ratificar o entendimento das ideias apresentadas na tese, reforçando a proposta de uma interpretação dos processos geomorfológicos a partir de um viés antropogênico. Abordagem esta que buscou a partir de exemplificações técnicas pontuais, alinhadas a apresentação de postulados teóricos já consagrados e outros dotados de certo ineditismo, debater pontos importantes da Geomorfologia que careciam no entendimento do autor de uma discussão mais ampla quanto a sua ocorrência em ambientes urbanizados.

CAPÍTULO I

A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica ^a

^a A partir desse capítulo foi elaborado o artigo “A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica”, publicado na Revista Physis Terrae em 31/12/2022.



CAPÍTULO I

1. A Geomorfologia e as interações humanas: Contribuições Teóricas da Geomorfologia Antropogênica

1.1.O início do pensamento Geomorfológico

A palavra geomorfologia, tem sua origem derivada de outras três palavras Gregas, *Γη* (Terra), *Μορφή* (Forma) e *Ομιλία* (Discurso), que literalmente a traduz como “um discurso sobre as formas da Terra” (HUGGETT, 2007). Cientificamente a Geomorfologia é uma área da Geografia, que estuda as formas de relevo (CHORLEY *et al.*, 1985), pautando-se em sua origem, estrutura, natureza das rochas, clima regional e as diferentes forças endógenas e exógenas, que atuam como modificadoras do relevo terrestre (GUERRA & GUERRA, 2009).

Indagações a respeito das formas que compõem o relevo terrestre, datam de tempos pretéritos, haja visto que antigos filósofos gregos e romanos, já teciam comentários sobre como haviam se formado as montanhas ou como teriam sido esculpidos os profundos vales observados por estes. A existência de conchas marinhas em regiões montanhosas intrigava o filósofo grego Xenófanés de Cólofon (570 a.C. — 475 a.C.), da mesma maneira que levou Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) e muitos séculos depois Leonardo Da Vinci (1452 – 1519) defenderem a hipótese de que áreas que se encontravam emersas na crosta terrestre, poderiam ter estado submersas em dados momentos históricos pretéritos (CHORLEY *et al.* 1964; KENNEDY, 2005).

Fato este, hoje já comprovado e amplamente debatido a partir da teoria das *transgressões e regressões marinhas*, baseada nos fenômenos de *eustatismo* e *epirogenismo*.

1.2.Os pilares da Geomorfologia Moderna

O conceito de Geomorfologia como conhecemos atualmente, passou a ser empregado nos anos finais do século XIX, como é possível identificar nos trabalhos de McGee (1888) e De Margerie (1886), citados por Huggett (2007). No entanto os conhecimentos pertinentes a Geomorfologia moderna ganhou lastro principalmente com a contribuição das obras de dois autores principais, o geógrafo norte-americano William Morris Davis (1850 – 1934) e o geólogo e geomorfólogo alemão Walther Penck (1888 – 1923).

De acordo com Ramos-Pereira (1994) o trabalho inicial em língua portuguesa que trata do tema da Geomorfologia atribui-se a Silva Telles, em 1910-1911, com uma análise sobre a ex-colônia portuguesa na Índia, que se intitulava “Goa – um estudo de Geomorfologia”.

Huggett (2007), coloca que a teoria do Ciclo Geográfico (*Geographical Cycle*) desenvolvida por William M. Davis, foi a primeira teoria moderna que versava a respeito da evolução da paisagem, a qual foi apresentada e discutida por Davis em seus trabalhos: “*The rivers and valleys of Pennsylvania*” (1889), “*The Geographical Cycle*” (1899) e “*Geographical Essays*” (1909). Entretanto, como toda obra pioneira a teoria davisiana obteve grande sucesso, mas também foi alvo de críticas, conforme expõe Abreu (1983):

“O sucesso da postura davisiana foi grande e rápido no mundo de língua inglesa e francesa. Sua permanência no tempo pode inclusive ser avaliada através do significado que ele ainda tem na nona edição da obra monumental de MARTONNE (1950), que tanto influenciou nosso meio científico. Todavia desde

a divulgação de suas ideias, encontrou Davis seus críticos, principalmente no meio intelectual germânico contemporâneo, que com ele conviveu durante sua permanência em território alemão, em época de grande brilho da *Gesellschaft fuer Erdkunde zu Berlin*.”

Como dito, muitos foram os críticos da teoria davisiana, no entanto, não cabe a este momento enumerá-los todos, uma vez que, também seria possível elencar uma vasta lista de pesquisadores de grande reconhecimento que publicaram trabalhos apoiando os postulados de Davis. No entanto, um dos opositores à teoria davisiana merece realce e este se trata de Walther Penck, já mencionado anteriormente.

Os estudos de Penck, ganharam grande destaque no continente americano, a partir do momento que foram debatidos com significativo interesse em um simpósio organizado no ano de 1939 na cidade de Chicago (USA), o qual teve como objetivo discutir a relevância dos estudos desenvolvidos pelo autor para o conhecimento geomorfológico (ABREU, 1983). A organização de um evento para debater a obra de um autor alemão, a qual contrapunha uma teoria defendida por um pesquisador norte-americano, em solo americano, pode ser interpretada como um grande passo para a superação de um paradigma que dizia respeito à ciência geomorfológica da época.

O interesse dos geomorfólogos norte-americanos em incorporar os ideais de Penck a respeito da dinâmica de evolução das paisagens, evidenciou-se quando o renomado geólogo Oskar Dietrich von Engel (1880–1965), o qual havia coordenado o supracitado simpósio de Chicago, destinou um capítulo em seu livro “Geomorphology: systematic and regional” (1942), exclusivamente para discorrer a respeito dos estudos até então desenvolvidos por Penck, intitulando-o “Sistema Geomorfológico de Walther Penck”

(ABREU, 1983).

Neste capítulo Von Engeln, trabalhou a importância com a qual futuramente deveriam ser conduzidos os estudos a respeito das vertentes e os “processos a elas associados”, deixando evidenciada preocupação em compreender a “parte” analisando o “todo”, não avaliando apenas as vertentes, mas também os processos a elas concernentes. Pode-se, portanto, colocar que houve uma incorporação espontânea da teoria de Walther Penck por parte da comunidade científica geográfica norte-americana, uma vez que esta julgou que seus postulados haviam suplantado a até então dominante teoria do Ciclo Geográfico, criada por William Morris Davis.

Com o intuito de rematar o que foi apresentado a respeito da obra de dois dos principais nomes da Geomorfologia moderna, se faz necessário destacar a importância de ambos na evolução das teorias e do pensamento da Geomorfologia como ciência. Christofolletti (1980), coloca que a influência de Davis se constituiu em suas observações, fato que o possibilitou, integrar, sistematizar e definir a sequência normal dos acontecimentos relativos ao relevo, em um ciclo “ideal”. Os princípios desenvolvidos por Penck representaram uma evolução na forma que a Geomorfologia analisava os processos formadores do relevo, de modo que, a partir dessa análise mais abrangente, foi possível que novos paradigmas fossem superados.

1.3.O caráter multidisciplinar da Geomorfologia

Recentes estudos como Silva e Rodrigues (2009), Martins e Rodrigues (2016) e Bhunia et al (2022) apontam que a Geomorfologia se apresenta como uma ciência integradora, haja vista que na busca do entendimento dos processos formadores do relevo, ela

perpassa por conhecimentos que abarcam as características litológicas, tectônicas, climáticas, hidrológicas e pedológicas.

Dada como um campo da Geografia Física, a Geomorfologia é dotada de mecanismos que possibilitam o estudo e compreensão de processos naturais de um modo abrangente, fato este, que favorece uma redução de equívocos interpretativos relacionados a incipiência de conteúdo.

Martins (2013) aponta o sistema geomorfológico como sendo:

[...] “composto pelas formas, pelos processos e pela relação entre ambos. Trata-se de um sistema aberto, pois interage com outros sistemas, de modo a receber influência e também atuar sobre eles. Essa relação entre processos e formas é compreendida pela ciência geomorfológica, a qual busca o seu entendimento, a partir da análise do funcionamento do sistema do relevo. O resultado dessa análise implica em conhecer os aspectos e a dinâmica topográfica atual, que varia conforme a diversidade climática e estrutural. Pode-se dizer que os processos e as formas são dependentes das variáveis estruturais e climáticas, pois, as formas são respostas dos processos, enquanto os processos são respostas às condições estruturais e climáticas (CHRISTOFOLETTI, 1980).”

Nesse contexto, fica claro o entendimento que a Geomorfologia não se pauta apenas e tão somente na análise do relevo, e sim em como a dinâmica da paisagem e seus componentes atuam construindo e modificando esse relevo. Logo, é cabível salientar que o homem, como agente integrante na paisagem também atua e pode modificar as formas do relevo.

Já constava nos estudos de Christofolletti (1980) o papel do homem citado como agente modificador do relevo, de modo que o autor o insere entre fatores colaboradores do sistema geomorfológico, juntamente com o clima, a biogeografia e a geologia. Nessa lógica Silva (2013) indica que para que haja uma melhor compreensão das formas de relevo e do sistema geomorfológico se faz necessário explicitar os quatro já mencionados

sistemas, os quais são:

- (1). O sistema climático que, através do calor, da umidade e dos movimentos atmosféricos, sustenta e mantém o dinamismo dos processos;
- (2). O sistema biogeográfico que, representado pela cobertura vegetal e pela vida animal lhe são inerentes, e de acordo com suas características, atua como fator de diferenciação na modalidade e intensidade dos processos, assim como fornecendo e retirando matéria;
- (3). O sistema geológico que, através da deposição e variação litológica, é o principal fornecedor do material, constituindo o fator passivo sobre o qual atuam os processos;
- (4). O sistema antrópico, representado pela ação humana, é fato responsável por mudanças na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas, e modifica o equilíbrio dos mesmos. Consciente ou inadvertidamente, o homem produz modificações sensíveis nos processos e nas formas, através de influências destruidoras ou controladoras sobre os sistemas em sequência (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 10 -11 *apud*, MARTINS, 2013).

Portanto, posta a complexidade do sistema geomorfológico e o modo como ele está interligado aos seus fatores controladores, é possível afirmar que cada fator pode apresentar-se em um dado momento com grau de relevância diferenciado no balanço energético do sistema, assumindo assim o maior ou menor peso nessa equação.

1.4.A Geomorfologia Antropogênica

Conforme apresentado anteriormente, as ações humanas e sua relação como os processos de modificação do relevo é foco de estudo da Geomorfologia Antropogênica (BROWN et al., 2017; AGUILAR et al., 2020). Tal área do conhecimento passou a ser enfoque de publicações científicas já no início do Século XX, “como uma série de trabalhos que tratavam de formas de relevo construídas pelo homem” (LI et al, 2017, p.111).

Woeikof (1901) em sua publicação “*De l'influence de l'homme sur la terre*” apresenta uma

série de apontamentos a respeito dos impactos ocasionados pelas atividades humanas na superfície do planeta. Seus apontamentos permeiam vários conteúdos geográficos desde o regime pluviométrico na Índia, alterações nos padrões de temperatura influenciados pela floresta Amazônica, até modificações na morfologia dos terrenos, fato que nos é mais pertinente à análise. O autor discorre a respeito de ações como a drenagem das águas do Lago Haarlem na Holanda que proporcionou que não mais ocorressem frequentes inundações no município de mesmo nome, evitando assim danos recorrentes. Nesta mesma linha são apresentadas as obras de drenagem de planícies pantanosas na bacia hidrográfica do rio Pripyat (Ucrânia), fato que possibilitou a ocupação e exploração agrícola e industrial dessa vasta região. Discutiu ainda em sua obra a relação da retirada de vegetação e o surgimento de ravinamentos, fato que em tal altura impossibilitava por muitas vezes a utilização das áreas afetadas por tais processos.

Antes mesmo da referida publicação de Aleksandr I. Woejkov, em 1864, George P. Marsh publicou o livro *“Man and Nature: Physical Geography as Modified by Human Action”* trabalho pioneiro quanto as alterações das ações antrópicas no meio ambiente, desde a influência na atmosfera até as modificações na superfície do relevo (GOUVEIA, 2010). Na obra é possível encontrar pontos importantes quando a alteração do potencial de erosão hídrica após a retirada das áreas florestadas para utilização agrícola na Europa. Além de colocações pertinentes a respeito das implantações de canais artificiais ligando localidades que anteriormente eram separadas por istmos de terra em regiões costeiras, onde tais mudanças poderiam redirecionar correntes alterando os pontos de erosão e deposição de material ao longo da costa (MARSH, 1864).

É possível inferir ao analisar as obras de Woejkov e Marsh, que ambas embora não tragam diretamente delineado o conceito que define a Geomorfologia Antropogênica, deixam clara a ação do homem como agente atuante, que em escalas variáveis interfere nos processos morfogenéticos de esculturação do relevo.

Construindo uma sequência temporal, outros autores apresentaram publicações que procuraram desenvolver conceitualmente a temática, a exemplo de Grove Karl Gilbert (1917) no trabalho *“Hydraulic-mining debris in the Sierra Nevada An in-depth geomorphic study on the consequences of gold mining inland from San Francisco”*, que como o próprio título apresenta, traz a preocupação com as formas ocasionadas pelos processos de mineração, formas estas caracterizadas por vastos depósitos nas encostas que além de alterarem a morfologia original do relevo, também eram facilmente erodidos e transportados devido as características dos materiais. Esse volume de detritos alcançava os canais fluviais contribuindo significativamente com a carga de sedimentos transportado e com os processos de assoreamento.

É possível, indicar que tais processos relacionados à Geomorfologia fluvial da área apresentada por Gilbert (1917) foram claramente condicionados por ações antrópicas, fazendo com que os processos naturais de retirada, transporte e deposição de materiais, fossem altamente acelerados, mesmo sem que houvesse mudanças drásticas em seus fatores climáticos desencadeadores (incidência solar, pluviosidade, velocidade dos ventos, entre outros). Ou seja, conservadas as condições climáticas originais, o fator preponderante para a mudança no comportamento em parte dos processos

geomorfológicos atuantes está diretamente relacionado as ações humanas, representas neste caso pelas atividades minerárias descritas pelo autor.

Influência direta esta, que já era salientada por Carl O. Sauer no artigo, “The morphology of landscape”, publicado em 1925, quando o autor expõe a necessidade de considerarmos as atividades humanas como um agente geomorfológico direto, uma vez que este tem interferido nas condições dos processos de denudação e deposição na superfície terrestre (BROWN et al., 2017; LI et al., 2017; MANDAL et al. 2022).

Das et al., (2020) apresenta outros autores e obras que foram pioneiras e essenciais para o desenvolvimento da Geomorfologia Antropogênica, dentre os quais podemos mencionar o livro, “*The Rape of the Earth: A World Survey of Soil Erosion*” publicado em 1939 por Graham V. Jacks e Robert O. Whyte, que foi uma pesquisa a nível global que trouxe o debate quanto aos perigos da perda de solo.

Nota-se ao observar as supracitadas publicações uma escalada nas abordagens que relacionavam as ações antrópicas com as alterações nos variados sistemas que compõe as estruturas do meio físico da natureza. E contemporânea as discussões mais ativas a respeito da ação do homem nos processos de esculturação do relevo, os postulados da Teoria Geral do Sistemas, já expunha a necessidade de incluir o homem entre os componentes que interagiam e compunham o Geossistemas. De modo que Sotchava (1978) na obra “Introdução à doutrina sobre os geossistemas” (Tradução), já apresentava os conceitos de Meio, Natureza e Paisagem, sendo o Meio, “o local onde vive o homem e é definido por ele”. Obviamente, que não nos ateremos aqui em discorrer a respeito das especificidades do Geossistemas, pois tal ação destoa ao intuito do

presente trabalho, no entanto, faz-se importante realizar esta apresentação colocando que o fator antrópico vinha ganhando corpo nas temáticas (disciplinas) que se debruçavam ao estudo e entendimento da relação sociedade e natureza.

Pode-se dizer que tal ganho conceitual a respeito da temática teve como ponto de ruptura o Simpósio Internacional intitulado “*Man's role in changing the face of the Earth*”, realizado no ano de 1955 na Universidade de Princeton (USA), o qual foi organizado pela *Werner-Gren Foundation for Anthropological Research*, fundação que tinha como intuito angariar fundos e aplica-los em ações relacionadas a antropologia, visando o desenvolvimento de pesquisas científicas na área, a literatura, educação e caridade. Foi nesse contexto de viés antropológico que foi possível que estudos diretamente relacionados a Geomorfologia Antropogênica fossem apresentados amplamente a comunidade científica da época. Li et al, (2017) apresenta informações a respeito da importância da realização do simpósio, expõe que:

“Em 1955, a conferência internacional com o tema “O papel do homem na mudança da face da Terra” foi realizada em Princeton, EUA, indicando que os estudos sobre geomorfologia antropogênica haviam atraído ampla atenção na academia (Gregory e Walling, 1981). Desde então, *Man as a Geological Agent* de Jennings (1966), *Human Shape the Earth* de Brown (1970), *The Human Influence on the Natural Environment* de Detwyler (1971) e *The Earth and Human Events* de Collier (1972) foram trazidos como resultados de pesquisas representativas em estudos geomorfológicos antropogênicos (Mu e Tan, 1990a)”.

Cabe ressaltar que os trabalhos apresentados no simpósio foram editados e organizados por William Leroy Thomas Jr. e publicados no formato de livro, com o mesmo título do evento no ano de 1956. A oportunidade de publicar trabalhos que suscitasse a importância do fator antrópico nas alterações ocorrentes na natureza, era algo significativo para a época, haja visto que essa temática ainda procurava ganhar campo

no meio científico, pois se tratava de uma ruptura de paradigma, frente às teorias e conceitos já estabelecidas e no campo da Geomorfologia não foi diferente.

Amplamente discutido e arraigado no meio científico, o sistema geomorfológico é composto por fatores influenciadores, que são os fatores endógenos e exógenos de formação do relevo. E para a Geomorfologia Antropogênica, soma-se a esses supracitados fatores um terceiro agente modificador do relevo, o homem, espécie que povoa o planeta há milhares de anos, encontrado nas mais remotas áreas da superfície terrestre (DIAO et al., 2000; LI, et al., 2017). Sua estadia neste local passou por impressionantes modificações, ao passo que ele se tornou habitante “supremo” e detentor de recursos que o colocaram como o ser vivo hegemônico no planeta.

O grau de desenvolvimento alcançado pela civilização humana atualmente é bastante significativo, e graças a esse desenvolvimento o homem passou a ter controle sob diversos fatores dos quais ele não possuía anteriormente. No que diz respeito aos fenômenos da natureza, ainda é leviano afirmar que o homem os controla com plenitude. No entanto é inegável que já se faz possível a realização de uma série de mensurações, previsões e até mesmo modificações junto aos agentes naturais. Haja visto, que muitos exemplos poderiam ser citados, como mensuração de abalos sísmicos, monitoramento da movimentação de tempestades e de outras variáveis climáticas.

Todavia, é possível colocar que os exemplos mais claros e que simbolizam o relativo controle do homem face às forças da natureza, estão materializados sob a forma de suas construções desenvolvidas no decorrer do tempo.

Os avanços da engenharia conquistados durante séculos, possibilitaram enormes e

significativas alterações na superfície terrestre. Modificações estas que vão desde a construção de uma pequena ponte para transpor um riacho, até obras faraônicas, como usinas hidroelétricas, retificação de canais fluviais, e como não mencionar a criação de aglomerados urbanos com arranha-céus e edificações a se perder de vista (TSERMEGAS, 2015; TAROLLI et al. 2019).

E é a respeito dessas profundas mudanças impostas pelas sociedades humanas na superfície terrestre, que trata a Geomorfologia Antropogênica, disciplina a qual vem sendo foco principal dos conteúdos até aqui discutidos (RODRIGUES, 1997; RODRIGUES, 2005). Até o momento já foram apresentados alguns dos principais pensadores e obras que contribuíram para o amadurecimento dos conceitos que situavam o homem como agente modificador do Planeta. E a partir desse ponto traremos autores os quais publicaram trabalhos diretamente atrelados a Geomorfologia Antropogênica em si, pois uma vez superada a questão do homem como fator influenciador, foi necessário o debate e a estruturação de ideias e conceitos que o definiram como um agente geomorfológico.

Brown (1970) na sua publicação "*Man Shape The Earth*", desenvolve a respeito dessa influência exercida pelo homem face aos processos geomorfológicos, de modo que o primeiro item do artigo foi nomeado como "*Man, the Geomorphologic process*". Nesse item o autor define três situações que compreendem as ações humanas na Geomorfologia, sendo estas, a influência direta e intencional, a influência direta e acidental e por fim as modificações ocorridas nos processos geomorfológicos devido à influência antrópica (Tabela 1). Exemplificando as ações diretas e intencionais, o autor

cita as obras de aplainamento executadas na cidade do Rio de Janeiro na década de 1920, onde colinas como o “Morro do Castelo” foram aplainadas a partir da retirada mecânica de materiais, os quais foram utilizados para aterrar áreas rebaixadas ao redor da Baía de Guanabara (BROWN, 1907; SILVA & EDUARDO, 2020).

Tabela 1: Linha do tempo das obras internacionais de maior relevância para a Geomorfologia Antropogênica.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	ANO	ÁREA
Lyell	Principles of Geology	1830	Geologia
Marsh	Man and Nature: Physical Geography as Modified by Human Action	1864	Ciências Naturais
Woeikof	De l'influence de l'homme sur la terre	1901	Geografia
Gilbert	Hydraulic-mining debris in the Sierra Nevada An in-depth geomorphic study on the consequences of gold mining inland from San Francisco	1917	Geografia
Sauer	The morphology of landscape	1925	Geografia
Jacks & Whyte	The Rape of the Earth: A World Survey of Soil Erosion	1939	Geografia
Thomas	Man's role in changing the face of the Earth	1955	Geografia
Golomb & Eder	Landforms made by man	1964	Geografia
Jennings	Man as a Geological Agent	1966	Geologia
Brown	Human Shape the Earth	1970	Geografia
Detwyler	Man's impact on environment	1971	Geografia
Collier	The Earth and Human Events	1972	Geologia
Nir	Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology	1983	Geografia
Goudie	The Human Impact on the Natural Environment	1986	Geografia
Goudie	Human influence in Geomorphology	1993	Geografia
Szabó et al.	Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms	2010	Geografia
Tarolli & Sofia	From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology	2016	Geografia

Fonte: Autoria própria.

Ainda na década de 1970 podemos mencionar a contribuição de duas obras a respeito da temática, sendo elas, “*Man's impact on environment*” de Detwyler, publicada em 1971 e “*The Earth and Human Events*”, escrita por C. R. Collier em 1972, as quais

desempenharam importante papel introduzindo o assunto, que conforme supracitado passaria a ganhar melhores contornos nos anos subsequentes.

Goudie (2022) aponta dois trabalhos como responsáveis pela “virada de chave” na análise do papel do homem nas alterações da superfície do Planeta, sendo estes a já referida publicação de Eric H. Brown (1970) “*Man Shape The Earth*” e o livro “*Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology*” do geógrafo israelita Dov Nir, publicado em 1983. O autor destaca que a obra de Dov Nir “relacionou mudanças geomorfológicas às esferas específicas da atividade humana, como desmatamento, pecuária extensiva, agricultura, mineração, transporte, gestão de leitos de rios, gestão costeira e urbanização (GOUDIE, 2022).

Uma importante contribuição realizada por Nir (1983) foi a conceituação de “Antropogeomorfologia”, terminologia criada por Golomb e Eder (1964) que até então buscava englobar a participação humana nas alterações das superfícies de relevo.

Nir (1983) define a Geomorfologia Antropogênica como sendo a área do conhecimento que estuda o homem como o agente das modificações diretas e indiretas em atributos de materiais e formas tais como: coesão e deposição de materiais, declividade, assim como o desencadeamento e a aceleração, e ou interrupção de processos existentes que compõe a dinâmica geomorfológica. Ou de forma mais suscinta “é uma disciplina que investiga relevos formados por atividades humanas na superfície da Terra, com ênfase em sua constituição material, origem, evolução e leis de distribuição” (NIR, 1983).

O homem efetuando papel atuante na criação de formas de relevo, assim como em processos geomorfológicos, como o ciclo do processo erosivo, é defendido por Goudie

(2013) como uma temática de grande relevância, entre as pesquisas geomorfológicas. O mesmo autor ainda lamenta que o assunto tenha sido pouco trabalhado no meio acadêmico ocidental.

As contribuições de Andrew S. Goudie para Geomorfologia são de vasta gama, e no que se refere a Geomorfologia Antropogênica, juntamente com Dov Nir, ele foi um dos principais divulgadores da temática nos últimos 40 anos. Autor de inúmeras obras das quais podemos destacar *“The Human Impact on the Natural Environment”* de 1986 e *“Human influence in Geomorphology”* de 1993, obras estas que abriram caminho para a consolidação da Geomorfologia Antropogênica como disciplina, fazendo com que a temática galgasse patamares de maior prestígio dentro do meio acadêmico dos estudos geomorfológicos. Goudie continua a publicar textos a respeito da temática, como o livro *“Geomorphology in the Anthropocene”* lançado em 2016 em parceria com Heather A. Viles, geógrafa que juntamente com ele ocupa cadeira de professora na Universidade de Oxford.

Outra publicação recente que obteve destaque no cenário científico e merece ser destacada na presente discussão é o livro *“Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms”* de 2010, organizado e editado por József Szabó, Lóránt Dávid e Dénes Lóczy. O livro traz uma coletânea de artigos científicos atuais, com estudos de caso que apresentam situações trabalhadas a partir de um viés ligado a Geomorfologia Antropogênica, desde apresentações teóricas debatendo a temática, até a relação da Geomorfologia Antropogênica com atividades minerárias, recursos hídricos, expansão urbana, atividades agrícolas entre outras.

Tal publicação se apresenta como uma porta de entrada extremamente importante a quem busca iniciar estudos a respeito da Geomorfologia Antropogênica, uma vez que o livro reúne pontos variados a respeito do tema, possibilitando que o leitor tenha uma experiência abrangente e enriquecedora do assunto. E caso o leitor interessado busque um aprofundamento no tema, o referencial teórico que compõe o livro é vasto e contempla desde os trabalhos clássicos dos quais alguns foram por nós apresentados nesse item da tese, até publicações contemporâneas a data de publicação do livro.

No presente capítulo, o qual tem como foco principal apresentar as contribuições da Geomorfologia Antropogênica para o entendimento das interações humanas face a ciência geomorfológica, apresentamos conteúdo abarcando as obras internacionais de maior relevância para a temática, as quais trouxeram pontos desde o florescer dos estudos que passaram a cogitar o papel do homem agente atuante nas modificações da natureza, até obras de grande importância conceitual que firmaram postulados teóricos apresentando a Geomorfologia Antropogênica ao meio acadêmico.

No entanto, tal movimento de escalada dos estudos ligados a Geomorfologia Antropogênica não ficaram restritos ao continente europeu e áreas limítrofes, de modo que na década de 1990, pesquisadores brasileiros já desenvolviam pesquisas tendo essa temática como linha norteadora (Tabela 2).

Compondo esse grupo de pioneiros podemos citar as publicações desenvolvidas por Lima (1990), Coltrinari (1996), Rodrigues (1997, 2004, 2005), Peloggia (1997 e 1998), Suertegaray e Nunes (2001). Autores estes que com importantes contribuições na Geografia e Geologia, também buscaram contribuir para o desenvolvimento de uma

disciplina emergente e dotada de caráter inovador, pois, apresentava a necessidade de discussões teórico-conceituas que ainda não haviam sido amplamente trabalhadas no cenário acadêmico brasileiro.

Desse modo, é inegável a significativa contribuição de tais estudos para o desenvolvimento da Geomorfologia Antropogênica no Brasil, haja visto que transposta a barreira do idioma estrangeiro, as publicações nacionais favoreciam uma melhor expansão desse conteúdo possibilitando o acesso desses conceitos a um maior número de leitores e pesquisadores interessados.

Seguindo essa linha de raciocínio diversas publicações relativas ao tema que foram baseadas nesse estudo de vanguarda, que pavimentaram as discussões sobre a Geomorfologia Antropogênica em nosso país. Dentre os muitos trabalhos que foram frutos das obras pioneiras, podemos citar a tese de Gouveia (2010), “Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo” sob a orientação da Dra. Cleide Rodrigues que como supracitado foi a pesquisadora responsável por tratar diretamente com a Geomorfologia Antropogênica no Brasil na década de 1990, com publicações primordiais para o desenvolvimento do tema no território brasileiro.

Outra publicação que trata das alterações antrópicas na morfologia do relevo, a partir de uma análise antropogênica é o trabalho de Silva (2018) intitulado “Assinaturas topográficas humanas (ATH’S) no contexto dos canais derivados multifuncionais e suas repercussões hidrogeomorfológicas”, sendo apresentadas morfologias antropogênicas

criadas a partir da construção de canais artificiais, e discutidos os impactos ocasionados por essas alterações.

Tabela 2: Linha do tempo das obras brasileiras de maior relevância para a Geomorfologia Antropogênica.

AUTOR	PUBLICAÇÃO	ANO	ÁREA
Lima	Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica	1990	Geografia
Coltrinari	Natural and anthropogenic interactions in the brazilian tropics	1996	Geografia
Rodrigues	Geomorfologia aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros	1997	Geografia
Peloggia	A ação do Homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo	1997	Geologia
Peloggia	O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo	1998	Geologia
Suertegaray e Nunes	A Natureza de Geografia Física na Geografia	2001	Geografia
Rodrigues	Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades especiais de planejamento urbano: Exemplo da Metrópole Paulista	2005	Geografia
Gouveia	Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo	2010	Geografia
Silva	Assinaturas topográficas humanas (ATH'S) no contexto dos canais derivados multifuncionais e suas repercussões hidrogeomorfológicas	2018	Geografia

Fonte: Autoria própria.

Quanto às alterações na morfologia do relevo, no que tange a Geomorfologia Antropogênica, é válido ressaltar que a “morfologia” antropogênica consiste em conjuntos de elementos morfológicos, criados diretamente pela ação humana na superfície topográfica (BROWN, 1970; LIMA, 1990; RODRIGUES, 2005). Rodrigues (2005) explicita de forma bastante clara a definição de morfologia antropogênica, apontando que estas áreas são:

“Discerníveis pela especificidade de sua forma e gênese. Estas se caracterizam por apresentarem gênese na formação humana, ou seja, seu agente geomorfológico é o homem e, se qualifica por se processar no rápido tempo da sociedade. Portanto, esta ação, que cria esta forma, é uma ação teleológica que se realiza sob ação de uma técnica”.

Relacionados à morfologia antropogênica, é possível apresentar elementos hidromorfológicos a exemplo de canais fluviais canalizados ou retificados, assoreamentos decorrentes diretamente da ação humana, criação de novos vetores de escoamento pluvial, entre outros. No que diz respeito às vertentes, podemos mencionar o padrão de arruamentos, posicionamento de edificações e deposição de materiais longitudinal, utilizados na criação de superfícies aplainadas (aterros) (CARVALHO, 2004).

Goudie (2013) atenta ainda aos processos antropogênicos de origem indireta, os quais possuem a mesma significância que os de origem direta, e por sua vez não são tão facilmente identificados, por se tratarem muitas vezes de alterações nos processos naturais. Essas alterações podem causar distúrbios nos processos naturais, podendo por exemplo aumentar drasticamente a carga de sedimento que chega a um canal fluvial, assoreando-o precocemente. O autor destaca ainda que esses acontecimentos estão prioritariamente ligados ao uso inadvertido de determinadas técnicas pela sociedade.

Nessa mesma linha de raciocínio Hooke (1994) classifica o Homem como “agente geomórfico” o qual altera e realoca significativas quantidades de materiais (solo e rocha), deixando registrado na superfície os sinais característicos de sua atuação, as já referidas “Assinaturas Topográficas Humanas”, que podem variar em proporção, desde vastas áreas alteradas por atividades minerárias de alta complexidade, até canais fluviais derivados multifuncionais, comumente encontrados em propriedades rurais com intuito de facilitar o acesso aos recursos hídricos empregados para os mais diversos fins (TAROLLI & SOFIA, 2016; SILVA, 2018).

Sobretudo se faz necessário atentar ao fato das intervenções diretas e indiretas, que podem originar ou modificar formas de relevo, assim como alterar os processos morfogenéticos. Alterações estas que serão discutidas no decorrer do presente trabalho buscando possibilitar um melhor entendimento das mudanças ocorridas nos processos de esculturação do relevo, com enfoque nos processos de erosão hídrica, o quais são mais atuantes na localidade onde está inserido o município que servirá de área de estudo da pesquisa.

1.5. Cenário atual da Geomorfologia Antropogênica

Dada a exposição de parte importante das obras históricas que pavimentaram os estudos relativos à Geomorfologia Antropogênica, assim como estudos que se apresentaram com significativa relevância no cenário acadêmico internacional e obras de destaque elaboradas pela comunidade científica brasileira, fica claro que essa corrente científica é possuidora de abrangência e tem se desenvolvido em profundidade conceitual e volume de publicações ao longo dos anos.

Nesse contexto, buscou-se realizar de modo a contribuir com a revisão teórica a respeito da temática em questão, um breve levantamento das publicações existentes no meio científico atual, com intuito de demonstrar como os estudos que abordam a Geomorfologia Antropogênica têm se apresentado e quais linhas de abordagem têm figurado com maior destaque. Ao analisar as publicações relacionadas a esta área do conhecimento nos últimos dez anos, foi possível encontrar significativa contribuição em importantes periódicos de abrangência nacional e internacional, dos quais podemos mencionar, a Revista Brasileira de Geomorfologia e Revista Mercator no âmbito nacional,

além dos periódicos *Land of Degradation & Development*, *Earth Surface: Processes and Landforms* e *Geomorphology* como contribuições internacionais. Vale destacar que além das publicações presentes em periódicos com elevado fator de impacto, as pesquisas ligadas a Geomorfologia Antropogênica tem suscitado discussões a respeito do tema nos mais relevantes encontros da comunidade científica a exemplo da 9th International Conference on Geomorphology, realizada no ano de 2017 em Nova Delhi (IN), onde alguns eixos temáticos (*Anthropocene Geomorphology*; *Geomorphic processes in coupled human and natural systems*) trouxeram uma série de trabalhos que buscavam contribuir com as atuais discussões a respeito das ações humanas frente a Geomorfologia e seus processos constituintes. E mais recentemente ocorreu a 10th International Conference on Geomorphology no ano de 2022 em Coimbra (PT), a qual contava com o eixo temático *Sustainability in Geomorphology: Anthropocene and Urban Geomorphology*, o qual foi composto por trabalhos que apresentavam como os impactos e alterações humanas modificavam as superfícies de relevo, com detalhe especial ao relevo urbano, o qual apresenta maior antropização.

No que se refere as abordagens temáticas norteadas pela Geomorfologia Antropogênica, é possível destacar trabalhos relacionados as mais diversas linhas da Geomorfologia, de modo que o viés antropogênico passa a aplicar um novo olhar, com novas propostas e respostas a situações, impactos e processos geomorfológicos antes abordados de um modo “tradicional”, não considerando o homem e suas ações com a relevância necessária para o entendimento de determinados cenários. Portanto, nos referidos periódicos e também em parte dos eventos realizados pela comunidade científica a exemplo dos já referenciados, é possível encontrar um importante volume de trabalhos

que discorrem a respeito das ações humanas e seus impactos nas formas e nos processos de esculturação do relevo, a partir de uma abordagem dirigida pelos preceitos que compõe a Geomorfologia Antropogênica. Desse modo, serão encontrados desde publicações teóricas debatendo conceitualmente o papel do homem e a Geomorfologia Antropogênica, como é o caso da presente pesquisa, até trabalhos aplicados, como monitoramento de feições antropogênicas ligadas a Geomorfologia Costeira e Fluvial, a partir da mensuração de formas e análise de sedimentos. Outras pesquisas trarão o debate dos processos erosivos desencadeados ou otimizados pelas ações antrópicas, debatendo a ocorrências de ravinas e voçorocas em meios urbanizados e áreas de expansão urbana.

Essa exposição quanto ao atual cenário da Geomorfologia Antropogênica, reforça a relevância desse ramo científico e apresenta sua presença nas discussões científicas atuais, sejam estas representadas por publicações em periódicos, eventos ou em mesas e conferências que trazem esse tema como foco de debate.

Por fim, esperamos que os conteúdos apresentados no presente capítulo norteiem e contribuam para o melhor entendimento dos assuntos que serão abordados no decorrer da tese. Buscou-se trazer parte importante dos clássicos que contribuíram para a construção conceitual da Geomorfologia Antropogênica no exterior e no Brasil, assim como trabalhos que retrataram os avanços metodológicos na tratativa da temática e publicações mais recentes que dão o tom de como se encontram as pesquisas desenvolvidas atualmente à luz das alterações antrópicas na superfície do relevo.

E foi a partir do estudo, interpretação e análise das leituras aqui apresentadas, que se desenvolveu o arcabouço teórico-metodológico que possibilitou a criação da proposta metodológica que visa delinear o entendimento e estudo dos processos antropogênicos induzidos, a qual será abordada em detalhe no próximo capítulo.

CAPÍTULO II

Procedimentos Teórico-Metodológicos ^b

^b A partir desse capítulo foi elaborado o artigo “A classificação e identificação dos processos antropogênicos induzidos em ambientes urbanizados, uma contribuição conceitual”, publicado na Revista Mercator em 15/02/2023.



CAPÍTULO II

2. Procedimentos Teórico-Metodológicos

2.1. Pesquisa Bibliográfica

Serão abordados os temas e conceitos pertinentes a Geomorfologia Antropogênica e seus desdobramentos presentes em teorias que já se tornaram públicas, através de extensa pesquisa bibliográfica em produções brasileiras e também internacionais por meio de consulta a livros, periódicos, trabalhos acadêmicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado, anuários, publicações oficiais de órgãos e entidades, entre outros (LAKATOS & MARCONI, 2001).

2.2. A abordagem Antropogênica nos estudos do meio físico

Os estudos relacionados à Geomorfologia Antropogênica não podem ser considerados uma “novidade” no meio científico, haja visto que os primeiros registros que fazem menção direta a esta terminologia datam da década de 1980, quando o conceito de Geomorfologia Antropogênica já havia sido discutido direta e indiretamente nos trabalhos de Goudie (1981) “The Human Impact on the Natural Environment”, Nir (1983) “Man, a Geomorphological Agent” e em uma série de outras proeminentes publicações as quais já foram anteriormente apresentadas.

Pioneira nos estudos da Geomorfologia Antropogênica no Brasil, Rodrigues (2005) tomando como base conceitual as obras de Hart (1986) “Geomorphology, Pure and Applied”; Nir (1983) “Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic

geomorphology”; Verstappen (1983) “Applied Geomorphology: Geomorphological Survey for Environmental Development”; Tricart (1978) “Géomorphologie Aplicable”; Toy e Hadley (1987) “Geomorphology and Reclamation of Disturbed Lands”; entre outras, elaborou orientações básicas para os estudos das ações antrópicas desenvolvidas no meio físico. Sendo estas:

1. Observar as ações humanas como ações geomorfológicas na superfície terrestre;
2. Investigar nas ações humanas padrões significativos para a morfodinâmica;
3. Investigar a dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com os estágios pré-perturbação;
4. Empregar diversas e complementares escalas espaço-temporais;
5. Empregar e investigar as possibilidades da cartografia geomorfológica de detalhe;
6. Explorar a abordagem sistêmica;
7. Usar a noção de limiar geomorfológico e a análise de magnitude e frequência;
8. Dar ênfase à análise integrada em sistemas geomorfológicos;
9. Levantar em consideração as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais;
10. Ampliar o monitoramento de balanços, taxas e geografia dos processos derivados e não derivados de ações antrópicas (RODRIGUES, 2005).

Desse modo, a partir das ideias e desenvolvimentos teóricos a respeito das ações humanas frente às modificações de relevo presentes nas obras dos autores citados, foi objetivado pela tese, abordar a geomorfologia da área de estudo pelo viés antropogênico, almejando se debruçar sobre os processos geomorfológicos atuantes nessa área e sobretudo, discorrer a respeito das características que os condicionam e os diferem dos processos ditos naturais, atribuindo a estes a classificação de antropogênicos.

2.3. Proposta Metodológica

Serão levados em consideração os mecanismos que são “gatilho” para o início dos processos, os quais poderão variar de acordo com a realidade do local a ser estudado. Nesse contexto, cabe enfatizar que se tratando de estudos geomorfológicos relacionados aos meios urbanos, se faz necessário o entendimento das particularidades que envolvem cada um destes, uma vez que a dinâmica geomorfológica de um determinado local pode

diferir significativamente quando comparado a outro. De modo que áreas urbanizadas localizadas em regiões serranas com relevo movimentado, terão seus processos geomorfológicos fortemente condicionados à dinâmica de vertentes, onde a ocupação desordenada de encostas íngremes, somada à eventos chuvosos pode vir a acarretar danos significativos como a ocorrência de queda de blocos, corridas de lama ou *landslides*. Já em municípios dotados de relevos suavizados, com predominância de áreas planas a levemente onduladas, dificilmente ocorrerão processos similares aos mencionados anteriormente.

No entanto, outros processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos serão passíveis de ocorrer nesses locais, a mencionar processos erosivos como ravinamentos e voçorocamentos, solapamentos de margens em cursos d'água; além de alagamentos nos fundos de vale, frequentemente relacionados a impermeabilização dos solos e ocupação das áreas de várzea dos rios e córregos existentes em centros urbanos.

Nesse contexto como ato inicial se faz necessário identificar a gama de processos existentes na área de interesse, para que a partir dessa identificação seja possível evoluir para a etapa posterior que é a análise e compreensão da dinâmica dos mesmos frente às particularidades do local em questão.

E dentre alguns dos processos comumente existente em áreas tropicais, a exemplo do município de Uberlândia (MG), é possível elencar, os ravinamentos; voçorocamentos; erosões de margem; e assoreamento de canais fluviais, todos estes classificados como processos geomorfológicos, além dos escoamentos de alta difusão e inundações urbanas, vinculados aos processos hidrogeomorfológicos. Feita a inventariação dos

processos, cabe ao profissional técnico / pesquisador à interpretação da dinâmica dos mesmos, identificando “atores” influenciadores, que possam desencadear, direcionar ou agravar algum dos supracitados processos.

Visando provocar o debate e o aprimoramento das discussões a respeito da temática da tese, algumas indicações com pretensão conceitual serão realizadas, visando classificar processos, assim como os referidos atores que atuam como controladores estruturais dos processos em questão. Pontando é passível indicar a existência de um “controle estrutural antropogênico” em ambientes urbanizados, que pode interferir diretamente na forma e dinâmica de ocorrência dos processos geomorfológicos.

Esse controle se dá prioritariamente a partir de edificações que desenvolvidas nos centros urbanos passam a condicionar as forças envolvidas nos processos morfogenéticos. Tucci e Bertoni (2003) apresentam os controladores estruturais de forma genérica os definindo como obstruções. É possível indicar como exemplos de controladores estruturais: o padrão de sistema viário de um bairro, podendo este ser radial, ortogonal, ortogonal misto radial ou linear (FERRARI, 1977), de modo que cada padrão apresentará uma influência frente aos fatores que compõem os processos geomorfológicos, podendo destacar principalmente nesse ponto a condução do escoamento superficial (*runoff*), envolvendo seu ponto de captura e direcionamento (PEDROSA et. al, 2016); a existência de taludes de corte ou de aterro, também são importantes controladores, uma vez que estes se apresentam como alterações topográficas na paisagem, podendo ser negativas (talude de corte) ou positivas (talude de aterro), atuando como facilitador ou obstáculo respectivamente, quando levado em consideração por exemplo o próprio escoamento superficial.

Vale ressaltar que determinadas estruturas presentes nos centros urbanos, a exemplo dos sistemas de drenagem pluvial, serão fatores influenciadores dos processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos ali atuantes. Ao passo que seu mau dimensionamento ou até mesmo sua inexistência como ocorre em alguns casos, irá influenciar diretamente o comportamento e as consequências resultantes de tais processos. Tais estruturas também podem interagir com os processos atuantes em subsuperfície, condicionando seu comportamento. Quanto a este fato, é possível destacar o papel das tubulações, como estruturas de saneamento, podendo estas ser destinadas ao abastecimento de água ou ao esgotamento sanitário, variando em proporção e complexidade de acordo com a necessidade e porte do município em questão. Tendo como foco central as cidades médias, é possível afirmar que praticamente a totalidades desses locais são dotados de tais estruturas.

Portanto, a caracterização dos processos antropogênicos induzidos ocorrerá a partir dos seguintes passos – 1. A identificação dos processos geomorfológicos atuantes no local, a qual será realizada a partir de visitas de campo, ou por meio de produtos de sensoriamento remoto dotados de resolução espacial adequada para visualização das feições, ressaltando que a identificação deverá ser realizada o mais próximo possível da data de ocorrência do processo, visando retratar possíveis etapas evolutivas do mesmo (Ex. colapso de alcovas de regressão, colapso de superfície de piping, sinais de picos de cheia / inundações, entre outros); 2. Análise da dinâmica de tais processos, que deverá levar em consideração, o local de início do processo e materiais constituintes, posição na vertente, direção adotada em sua evolução e volume atingido; 3. Apontamento da existência de fatores influenciadores e controladores estruturais no local foco, que poderá

ser realizado a partir de visita de campo, utilizando ferramentas de sensoriamento remoto, consultando materiais oficiais como plantas e mapas que indiquem a localização de infraestruturas urbanas; 4. Analisar a relação dos processos identificados face aos fatores influenciadores e controladores, para que após comprovada a relação direta entre os mesmos, estes possam ser classificados como processos antropogênicos induzidos. Tal relação dar-se-á a partir da aplicação dos conhecimentos técnicos / teóricos a respeito dos processos geomorfológicos em questão, juntamente com o estudo dos componentes que formam a paisagem de ocorrência, para assim compreender como os processos estão se desenvolvendo nesse local, ao passo de notar nesse comportamento pontos que os diferenciem da sua dinâmica espontânea / natural (Fig. 2).

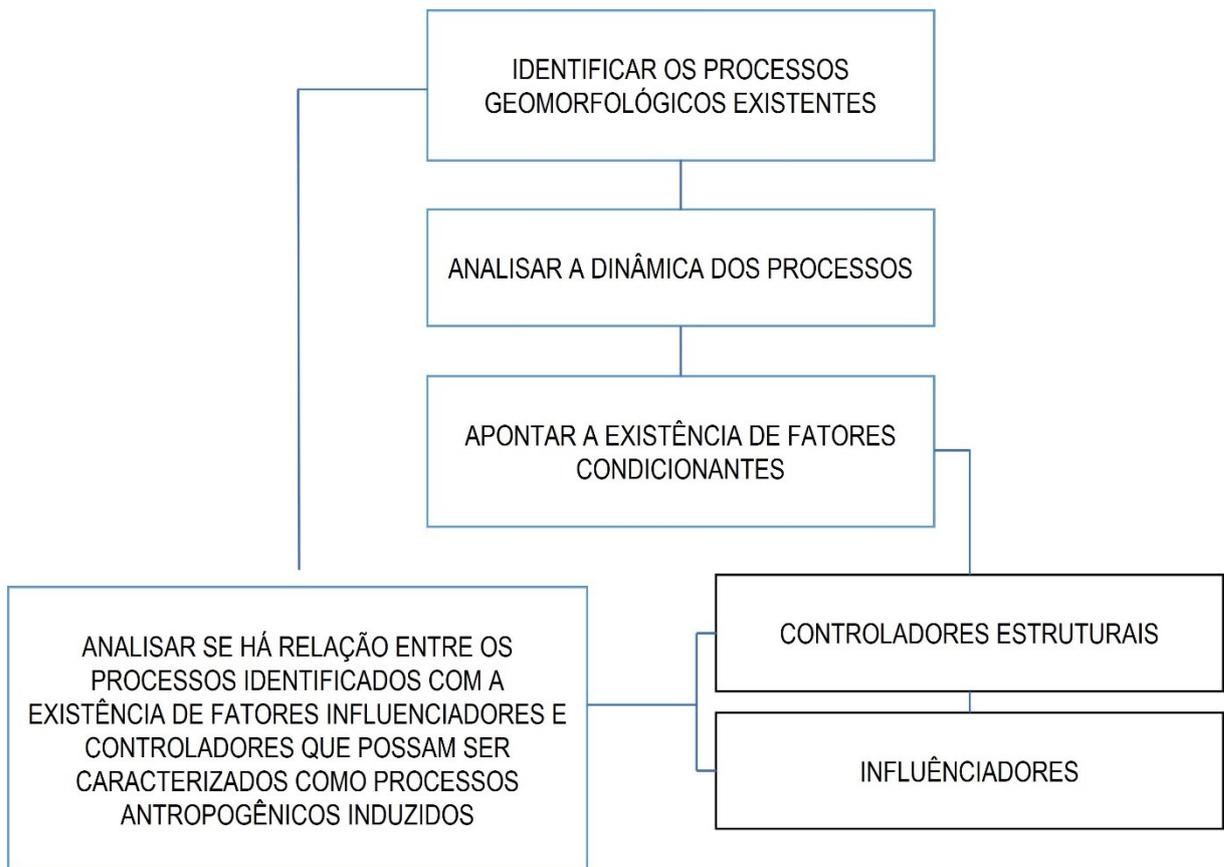


Figura 2: Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

Feita a classificação dos processos existentes no local de estudo, poderá o técnico / pesquisador ter ferramentas teóricas e aplicadas, para mitigar, ou conter possíveis danos ocasionados por efeitos dos processos antropogênicos em questão, de modo que sem tal diferenciação não seria possível a realização de tais medidas, haja visto que o comportamento e o impacto gerados por esses processos não segue a mesma lógica e dinâmica dos processos geomorfológicos naturais / espontâneos. Concluindo que, a ausência do entendimento desta distinção conceitual dificultará a tomada de decisão na tratativa dos impactos provocados pelos processos antropogênicos induzidos, acarretando transtornos a todos os setores da sociedade envolvidos, sejam estes o poder público em suas diversas esferas administrativas ou a população civil, que preponderantemente é a mais afetada quando há a existência de impactos da ordem dos aqui apresentados.

CAPÍTULO III

A classificação de Processos Antropogênicos Induzidos em ambientes urbanizados ^o

^o A partir desse capítulo foi elaborado o artigo “A classificação e identificação dos processos antropogênicos induzidos em ambientes urbanizados, uma contribuição conceitual”, publicado na Revista Mercator em 15/02/2023.



CAPÍTULO III

3. A classificação de Processos Antropogênicos Induzidos em ambientes urbanizados

3.1. O enquadramento do conceito na ciência Geomorfológica

Ao almejar que determinado conceito científico seja bem compreendido, se faz necessário a priori que sua estrutura seja compreendida, neste viés, serão apresentados pontos fundamentais, os quais foram utilizados na elaboração do conceito em questão. Buscando desse modo conduzir o leitor pelo trajeto que culminou na construção do que se entende por “Processos Antropogênicos Induzidos” em ambientes urbanizados.

Inicialmente, foi necessário que os processos geomorfológicos abordados fossem relacionados a dois ramos científicos que dariam a estes o arcabouço teórico para o seu desenvolvimento. Os ramos em questão são a Geomorfologia e a Hidrogeomorfologia. Quanto aos embates filosófico-científicos que permeiam o entendimento da Hidrogeomorfologia como ciência aplicada, estes não serão discutidos neste momento, por não se tratar do foco principal do trabalho. No entanto, cabe ressaltar que Goerl et al. (2012) coloca que o objeto de estudo da Hidrogeomorfologia são os processos hidrogeomorfológicos. Pois, ao definir o seu objeto de estudo, os estudos hidrogeomorfológicos passam a ser analisados de outra maneira, enfatizando se estes atendem ou não o objeto, independentemente do método utilizado (SCHEIDEGGER, 1973; RICHARDS, 1988, SIDLE & ONDA, 2004). É a partir dessa leitura

que no presente trabalho se utiliza a hidrogeomorfologia para dar escopo aos processos de inundações urbanas e de escoamentos de alta difusão, uma vez que os mesmos estão claramente inseridos no âmbito da temática.

Tal decisão está baseada em diversos estudos em que as inundações e os escoamentos de alta difusão são analisados sob a ótica hidrogeomorfológica, estudando o desenvolvimento e características dos processos em questão (EVANS et al.,2001; MONTGOMERY e BOLTON, 2003; WILFORD et al.,2004; SAKALS et al.,2006). Também podemos mencionar Goudie (2004), que define a hidrogeomorfologia como a interface entre os conhecimentos geomorfológicos e hidrológicos, sendo parte do campo da ciência geomorfológica, podendo ser definida como “Geomorfologia Hidrológica”. Fato este que nos faz retomar ao pensamento de Goerl et al. (2012), reafirmando que os processos em questão atuam na interface Geomorfologia / Hidrologia, e tendo este entendimento não há motivos para enveredarmos em discussões que se desliguem da temática proposta e que não trariam contribuição significativa para o entendimento e desenvolvimento dos processos antropogênicos induzidos.

Tratando dos processos sob a égide da Geomorfologia, estão incluídos no estudo, os ravinamentos, formação de piping, voçorocas (incisões profundas), erosões de margens e o assoreamento de canais pluviais urbanos, que são processos já amplamente discutidos no meio científico, tendo sua gênese e desenvolvimento analisados a partir das mais diversas abordagens e métodos. No entanto, ainda existem pontos a serem discutidos a respeito dos mesmos. E quando se propõe a análise destes processos geomorfológicos a partir de uma leitura prioritariamente atrelada a Geomorfologia

Antropogênica, vê-se que há a existência ainda de um vasto campo a ser explorado.

3.2.O entendimento do homem como agente transformador do relevo

Brown (2016) coloca que na Geomorfologia e na Geologia, os estudos que consideravam as ações humanas como parte dos processos a essas ciências relacionados, se iniciaram no Século XIX destacando os estudos de Marsh (1874) e Gilbert (1877), conforme já apresentado anteriormente. Nesse viés é necessário dar destaque a obra *Principles of Geology* de Charles Lyell publicada em três volumes entre os anos de 1830 e 1833, apresentada por Pelóggia (2005), onde é colocado que o autor (Lyell) mesmo que indiretamente já apontava certa relevância das interferências humanas na superfície do relevo, expondo exemplos como drenagem de áreas pantanosas e de lagos para a implantação e consolidação de estruturas antropizadas, a exemplo de sítios urbanos. E quando este discorre a respeito da existência de um agente antrópico, ele o faz a partir de um viés Geológico, inerente da origem de sua formação acadêmica. Contudo esse fato realmente faz com que as ações antrópicas fiquem minimizadas quando justapostas aos mecanismos naturais, por exemplo quando comparadas aos derrames mesozóicos citados em sua obra, carecendo assim uma reflexão quanto à aplicação de um conceito norteador a ser utilizado nos debates relativos às ações antropogênicas.

Ao tratar de processos antropogênicos em Geomorfologia é impossível negligenciar a obra de Andrew S. Goudie, que foi uma das pioneiras em considerar as ações humanas como agentes modificadores do relevo. O autor coloca o homem responsável por efetuar papel atuante na criação de formas de relevo, assim como em processos geomorfológicos, como o ciclo do processo erosivo. Goudie (2013) salienta atenção às

interferências antrópicas que atuam de forma indireta junto aos processos geomorfológicos, que por sua vez não são facilmente identificadas, por desencadearem muitas vezes distúrbios / alterações na dinâmica natural destes processos, podendo por exemplo aumentar drasticamente a carga de sedimento que chega a um canal fluvial, provocando seu precoce assoreamento.

Pelóggia (2005) deixa claro que há uma certa convergência nas colocações de Lyell e Goudie, haja visto que ambos apresentam em suas explicações a existência e a importância do homem como agente transformador da superfície terrestre. Conquanto, ambos, mas essencialmente Lyell, procura enfatizar um papel de coadjuvante ao ser humano frente a exponencial grandeza dos processos naturais, colocando que as modificações antrópicas embora importantes, seriam “insignificantes” ao serem comparadas aos grandes processos geológicos globais. Tal colocação soa carregada de certa obviedade, ao nos remetermos à dimensão dos já referidos derrames basálticos do Mesozóico, ocorridos no hemisfério sul do antigo continente Gondwana, os quais puderam ser notados nas áreas hoje representadas pela Índia, África do Sul e continente Sul-Americano, tendo sua área de abrangência estimada em cerca de 2 milhões de quilômetros quadrados (LEINZ, 1949).

No entanto, cabe aos pesquisadores que buscam trabalhar tais temáticas, utilizar os clássicos como bússolas na procura de seu entendimento, mas sem cercear a oportunidade do contraponto e do debate. Nesse contexto é preciso colocar que embora salvaguardada a justa proporção entre os processos antrópicos e naturais, devemos ressaltar que a relevância do “homem” como agente transformador da paisagem, passou

por significativo incremento no decorrer dos últimos 200 anos. Nesse ponto talvez se faça necessário a realização de uma clara distinção conceitual, que por vezes configura certa dificuldade no desenvolvimento de alguns raciocínios, e aqui nos referimos ao fato de colocar o Homem (as atividades humanas) como agente transformador do relevo. Fazendo com que essa diversidade conceitual que perpassa alguns ramos científicos não dificultem o entendimento da importância antrópica nos processos transformadores da superfície terrestre.

É importante ressaltar que certos conceitos a exemplo de alguns dos supracitados, passaram a ser trabalhados com maior ênfase nas décadas finais do XIX e início do século XX, fato este que corrobora com o entendimento da razão pela qual os mesmos não foram discutidos com a máxima clareza em obras do início deste período, uma vez que ainda estavam sendo debatidos e passando por um processo de maturação quanto ao seu entendimento. No entanto, o decorrer de décadas de debates e pesquisas realizadas nos possibilita utilizá-los com o rigor teórico-conceitual necessário, para que dessa forma as discussões desenvolvidas possam estar respaldadas da melhor forma possível.

Procurando ocupar essa lacuna conceitual, deixada pelo acelerado ritmo de mudanças que ocorrem nas paisagens modificadas pelos agentes antrópicos, que se pensou a classe dos Processos Antropogênicos Induzidos (Fig. 3). Essa nomenclatura abarca os processos (geomorfológicos e hidrogeomorfológicos) envolvidos nas alterações abruptas das paisagens naturais e construídas. Portanto, entende-se por Processos Antropogênicos Induzidos, **os processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos, os quais são passíveis de serem relacionados diretamente às ações antrópicas, as quais**

tenham sido mecanismo inicial ou preponderante para sua ocorrência ou agravamento.

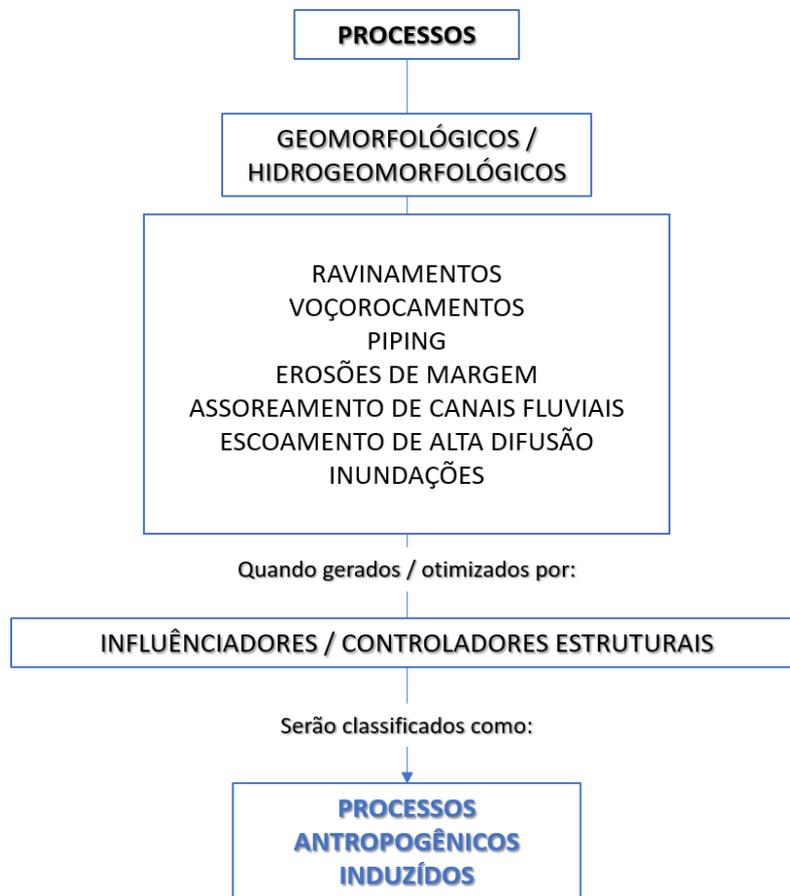


Figura 3: Classificação dos Processos Antropogênicos Induzidos.

Foi com o intuito de colaborar com a evolução conceitual dos processos geomorfológicos a partir de um viés antropogênico, que o presente estudo trará a discussão a respeito dos processos de ravinamentos, formação de piping, voçorocamentos, ocorrência de escoamento de alta difusão e inundações, abordando sua dinâmica e ocorrência em áreas urbanizadas, discutindo e enfatizando os pontos que os distinguem dos processos naturais já conhecidos e os enquadrando como processos antropogênicos induzidos.

Não ateremos neste momento diretamente à morfologia do relevo urbano, mas sim ao entendimento dos processos que o modificam. Ressaltando que grande parte dos processos geomorfológicos ocorrentes nos meios urbanos atualmente não deixam

significativos indícios após sua ocorrência, salvo eventos de grande magnitude, como os movimentos em massa de grandes proporções ou o aparecimento de crateras a partir do colapso do solo relacionado à características cársticas regionais ou diretamente por obras de escavação que levaram a retirada do material que atribuía estabilidade a esta camada superficial do solo.

Quando é dito que os processos de média e baixa intensidade não deixam registros significativos de sua ocorrência na paisagem, isto não se dá apenas devido sua intensidade, mas muito pelo fato de que uma vez modificado por estes processos, o meio urbano tende a passar o mais rápido possível por obras de engenharia que buscam devolver àquele local impactado pelo processo, as suas características anteriores. Ou seja, no local onde houve a ocorrência de um escoamento de alta difusão que gerou o aparecimento de uma ravina em via pública, ou um colapso de solo pela existência de um processo de piping antropogênico em subsuperfície que provocou surgimento de uma cratera nessa mesma via, tendem a ser executadas o quanto antes obras de engenharia que buscarão na maioria dos casos, mesmo que sem eficácia a longo prazo, “sanar o problema”. Onde normalmente é realizado o aterramento das referidas feições para que seja possível a recomposição da manta asfáltica e o restabelecimento do fluxo de veículos no local impactado.

Este fato leva à discussão de dois pontos pertinentes ao presente estudo, sendo ambos ligados a agilidade em executar obras de correção nos locais impactados pelos processos geomorfológicos. O primeiro ponto mostra que esta rapidez impossibilita em parte que sejam desenvolvidos estudos de caso específicos para estas feições,

impedindo a realização de medições, coletas de material, análises e ensaios estruturais das mesmas, o que contribuiria para sua melhor compreensão. E também, ligado a velocidade das obras corretivas podemos destacar a ineficácia das mesmas frente a mitigação e / ou contenção destes processos, uma vez que não existindo estudos em vasta gama que debatam a ocorrência e desenvolvimento dos processos antropogênicos induzidos em meios urbanos, o corpo técnico que compõe o poder público / privado acaba por utilizar métodos inadequados para sanar, corrigir ou coibir os aparecimentos das feições em questão, por julgá-las de maneira inapropriada desconsiderando características próprias e intrínsecas às mesmas, fato este que contribuirá para o reaparecimento destas feições nesse mesmo local dentro de um intervalo de tempo.

Após essas considerações é necessário que seja realizada uma reflexão quanto às colocações supracitadas, uma vez que é posta a relevância e a necessidade da realização de estudos científicos específicos a respeito dos processos antropogênicos induzidos em meios urbanos, se faz necessário compreender a complexidade do caso, pois o impacto do aparecimento de uma feição geomorfológica em meio a um centro urbano, provoca uma ruptura na dinâmica ali estabelecida, causando distúrbios dos mais diversos possíveis.

Podemos citar como os mais comuns, a alteração no fluxo normal de veículos, uma vez que a feição pode impactar uma via arterial com grande movimentação, ou desalojamento de moradores, dado por danos estruturais nas residências ou mesmo pela obstrução do acesso às mesmas. Portanto a preocupação em realizar obras que sanem esses fatos o mais rápido possível é algo totalmente compreensível, no entanto nos cabe

neste momento buscar meios para que estes impactos possam ser compreendidos da melhor maneira possível e que por sua vez o poder público possa atuar junto aos mesmos da forma correta, desenvolvendo medidas eficazes no trato com os processos antropogênicos induzidos e propiciando as populações impactadas o melhor e efetivo atendimento.

A Figura 4 se trata do fluxograma que visa sintetizar a gênese de ocorrência dos processos antropogênicos induzidos, apresentando a interação entres os fatores que compõe essa dinâmica. Desse modo temos a apresentação do ponto inicial do processo, representado pelo **“Evento de Precipitação”**, haja visto que no ambiente de estudo os processos erosivos predominantes têm a água como fator desencadeador. As **“Estruturas / Ações Antrópicas”** representando a gama de ações desempenhadas e estruturas que compõe os ambientes antropizados, enfatizando as áreas urbanizadas, foco do presente estudo.

Também é apresentada a lista de **“Fatores Influenciadores / Controladores Estruturais”**, que são atrelados a cada classe de processo erosivo, atribuindo a este o caráter de processo antropogênico induzido.

Nesse contexto, é necessário realizar o cruzamento dessas informações para alcançar o entendimento do conceito que define os processos antropogênicos induzidos. Para tal, deve-se considerar como passo inicial o Evento de Precipitação, o qual poderá variar quanto a sua intensidade de ocorrência, contribuindo diretamente na proporção dos impactos que possam ser gerados. Uma vez que, com a precipitação ocorrerá a formação de escoamento superficial, o qual dada a intensidade e duração da precipitação

poderá acarretar a formação de um escoamento de alta difusão. E quando utilizamos a expressão “poderá”, é devido a inserção dos Fatores Influenciadores / Controladores Estruturais nessa equação.

Tendo a precipitação como primeiro componente da equação, é necessário nesse momento considerar a existência e participação das Estruturas / Ações Antrópicas, por meio da existência dos Fatores Influenciadores / Controladores Estruturais. Portanto, dando sequência ao raciocínio inicial, formado o escoamento superficial, devemos levar em consideração as estruturas que compõe a superfície do relevo onde vêm se desenvolvendo os processos.

Dessa forma, é necessário atentar que se tratando de uma área urbanizada, tal local poderá contar com a impermeabilização total ou parcial do solo, assim como a existência ou não de galerias de escoamento de água pluvial, das quais deverá ser considerado o correto dimensionamento das mesmas, ou a existência de fissuras ou rachaduras que possam comprometer a plena eficácia dessas estruturas. Uma vez que, os referidos Influenciadores / Controladores Estruturais (impermeabilização do solo, existência e condições das estruturas de drenagem pluvial) irão contribuir diretamente para a evolução e desencadeamento dos referidos processos antropogênicos induzidos.

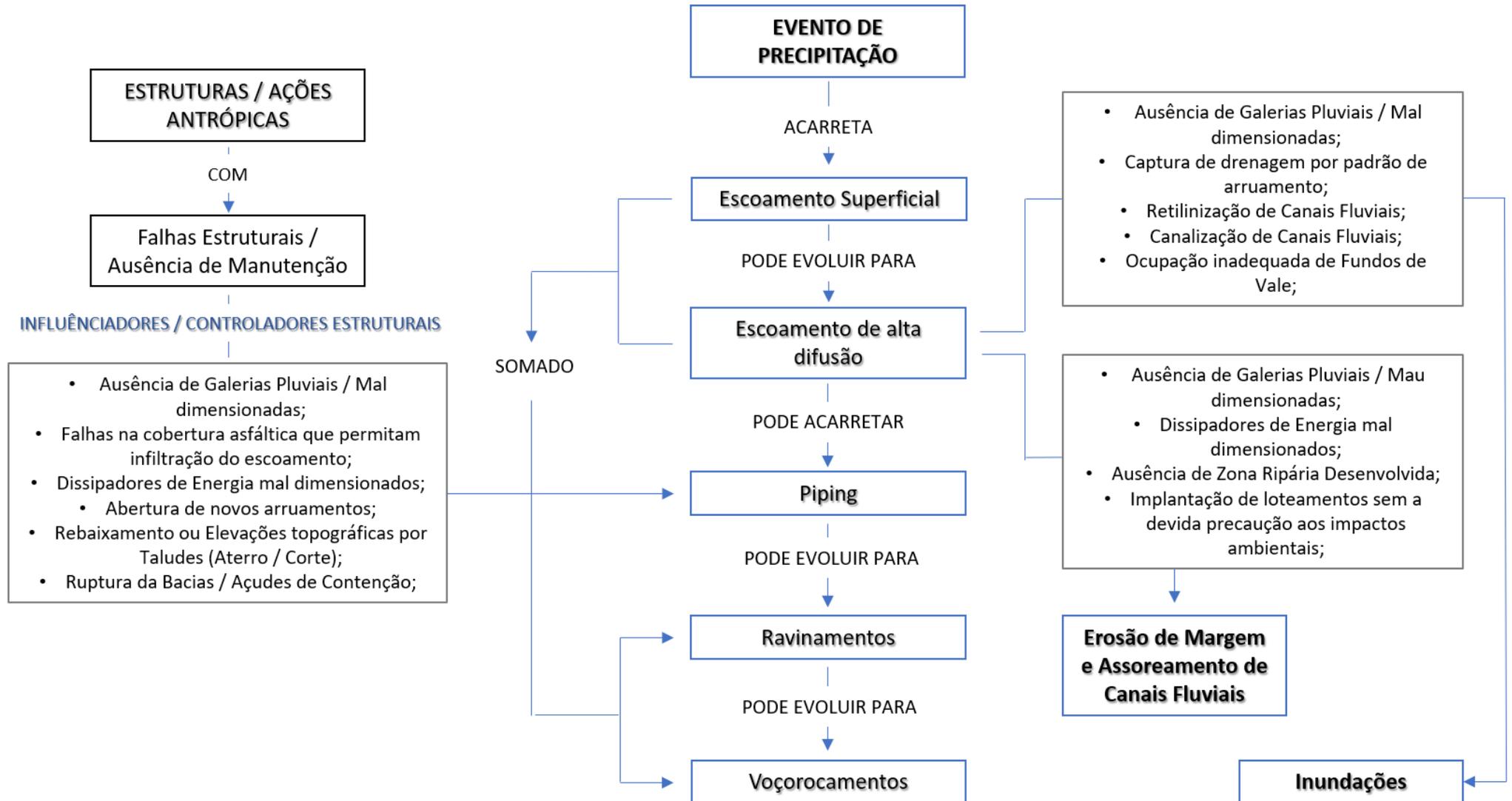


Figura 4: Fluxograma da gênese dos processos antropogênicos induzidos.

Haja visto, que o escoamento superficial não tendo como ser drenado efetivamente durante um evento chuvoso de maior intensidade passará a ganhar volume dando início a um processo de inundação / alagamento. Já exposto a um cenário com maior declividade, terá maior velocidade por consequência maior potencial hidráulico gerando outros processos.



Figura 5 – [A] Processo de inundação registrado no cruzamento das avenidas João Naves e Ávila e Anselmo Alves dos Santos, bairro Santa Mônica. [B] Escoamento de alta difusão ocorrido na avenida Geraldo Abraão, bairro Santa Luzia. Fonte: Fernando Natálio, 2022.

Nessa condição, que o escoamento superficial, dotado de maior volume e velocidade, passa a apresentar característica de fluxo turbulento, o mesmo passa a ter maior capacidade de desagregação e arraste de materiais, favorecendo diretamente a ocorrência de processos erosivos. Processos estes que novamente poderão ser condicionados por componentes ligados as Estruturas / Ações Antrópicas, pois, por ocorrerem em áreas urbanizadas, o fluxo hídrico, tende a ser direcionado às vias públicas e passando a escoar por sobre a manta asfáltica que compõe o sistema viário do local.

Desse modo, as próprias condições construtivas e de conservação apresentadas por esta estrutura irá interferir no desenvolvimento desses processos, que se deparando com uma cobertura asfáltica enfraquecida por fissuras ou descontinuidades (buracos), passará a infiltrar por essas zonas de fragilidade da estrutura podendo ocasionar vários cenários, a depender da intensidade do escoamento superficial, da morfologia do terreno e do tipo do material a ser erodido (solo ou aterro, dotados de textura, densidade e plasticidade diferenciadas). Nesse contexto, no local impactado poderão ocorrer o surgimento de processos de ravinamentos, piping e voçorocamentos, gerados a partir de processos de escoamento de alta difusão, inundações ou ambos (Fig. 5). E vale ressaltar que a retirada de material ocasionada pelos referidos processos tende a ser depositada em locais topograficamente rebaixados, caracterizados principalmente pelos fundos de vale, onde prioritariamente estão localizados os canais fluviais.

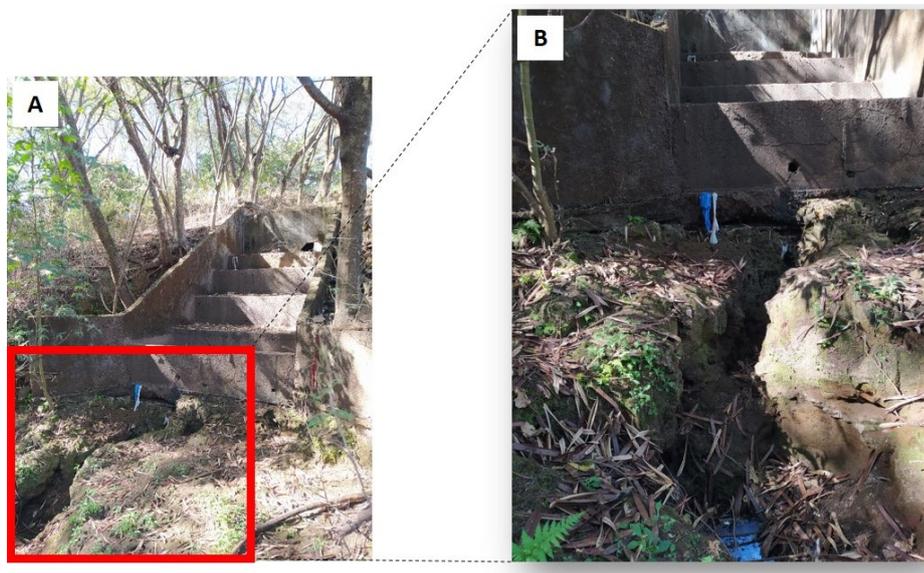


Figura 6 – Ravinamento inserido na base do dissipador de energia, localizado no interior da área de preservação permanente do Córrego Buritizinho, Uberlândia – MG.

E novamente, tendo o meio urbano como pano de fundo das colocações aqui apresentadas, devemos ater aos fatos que caracterizam os canais fluviais urbanos, dos quais podemos mencionar a ausência de zona ripária conservada, devido ao processo

de desmatamento desencadeado pela expansão urbana, além da presença de dissipadores de energia comumente encontrados no interior de áreas de preservação permanentes (Fig. 6).

Portanto, parte do volume de material / sedimento desagregado e transportado pelo escoamento superficial em sua condição corriqueira, ou alterada, representada pelos escoamentos de alta difusão e inundações, alcançará os fundos de vale e será depositado nas áreas adjacentes e no interior dos canais fluviais. Esse trajeto realizado pelo escoamento, ao adentrar as áreas de preservação permanente por meio de fluxo difuso, concentrado ou direcionado por um sistema de dissipação de energia, poderá novamente desencadear processos erosivos, sejam esses novos ravinamentos ou voçorocamentos e até o solapamento de margens dos canais (Fig. 7).



Figura 7 - [A] Erosão de margem ocasionada pelo escoamento superficial drenado para o interior da área de preservação permanente do Córrego Buritizinho, Uberlândia - MG. [B] Leito assoreado do Córrego Perpétua, Uberlândia-MG. [C] Erosão de margem no Córrego Buritizinho, na imagem é possível identificar que o processo erosivo já começa a comprometer a estabilidade da vegetação existente no local.

Essa sucessão de acontecimentos que foi apresentada, objetivou demonstrar como podem ser desencadeados os processos antropogênicos induzidos em meios urbanizados, de modo que cada um dos processos geomorfológicos apresentados teve sua ocorrência atrelada a Estruturas / Ações Antrópicas, ao passo que tal interação passou a condicionar a forma de ocorrência, localização e intensidade dos processos em questão. Seja a partir da existência de impermeabilização do solo, da inserção de estruturas que direcionem ou barrem o fluxo hídrico, até alteração da estrutura superficial do solo, por meio processos de aterramento ou retirada de material. É a partir dessa linha de raciocínio que a presente tese procura comprovar a hipótese da existência de uma distinção entre os processos geomorfológicos espontâneos / naturais e os apresentados processos antropogênicos induzidos.

Por fim, somados aos conteúdos já expostos até o momento no trabalho, serão apresentados dois capítulos com intuito de exemplificar casos em que foram constatados processos antropogênicos induzidos no município de Uberlândia – MG. Desse modo, o próximo capítulo trará o debate a respeito dos ravinamentos, voçorocamentos e processos de piping em área urbanizadas, aqui definidos como processos antropogênicos induzidos.

CAPÍTULO IV

O surgimento de Ravinas, Voçorocas e o desenvolvimento de Piping em áreas urbanizadas. O debate de sua gênese e formação a partir dos processos antropogênicos



CAPÍTULO IV

4. O surgimento de Ravinas, Voçorocas e o desenvolvimento de Piping em áreas urbanizadas. O debate de sua gênese e formação a partir dos processos antropogênicos

Ravinas e voçorocas provavelmente sejam as feições erosivas mais estudadas em ambientes tropicais, tendo sua gênese, formação e dinâmica já trabalhada por um extenso número de autores. No Brasil existem estudos que discorrem sobre esse tema e abarcam todos os biomas do país, desde o domínio amazônico, onde diversos autores apresentam o surgimento de ravinas e voçorocas decorrentes da implantação de estradas e rodovias, atividades minerárias e também em sítios urbanos como Manaus, onde o surgimento destas feições está fortemente atrelado aos processos de expansão urbana não planejada (RODRIGUES & COSTA, 2014; LIMA et. al, 2021).

No sudeste foram realizadas significativas pesquisas em áreas de relevo movimentado, a exemplo do estado do Rio de Janeiro, que foi pano de fundo para trabalhos consagrados que contribuíram com grande parcela na compreensão da ocorrência dos processos erosivos e encostas (GUERRA, 2010; COELHO NETTO, 2010). O segundo maior bioma brasileiro em extensão, o Cerrado, também foi foco central de diversas pesquisas relacionadas a erosão dos solos, pois devido ao seu clima e condições pedológicas específicas, nessa região é possível encontrar com certa facilidade feições erosivas de relativa magnitude e já com alto grau de desenvolvimento, com destaque aos processos de voçorocamento com o afloramento de lençol (SILVA, 2010; RODRIGUES, 2009; 2010;

2014 e 2018; PEREIRA, 2021). Na região nordeste embora existam trabalhos vinculados a espacialização e monitoramento de processos de ravinamentos e voçorocamentos nas regiões interioranas, destacam-se principalmente as pesquisas voltadas a erosão costeira, vinculadas a dinâmica de evolução de falésias e alterações na linha de praia costeira (MUEHE, 2018; MATOS et al, 2022).

Nesse momento o foco será tratar da temática dos processos erosivos, evidenciando ravinas e voçorocas dotadas de particularidades que possibilitem que estas sejam analisadas a partir de um viés antropogênico, uma vez que essas feições sofreram influência antrópica direta em sua gênese e formação, fazendo com que haja uma diferenciação dos demais processos de ravinamento e voçorocamento a qual necessita ser debatida e aprofundada, afim de criar contornos bem delineados a respeito dos processos erosivos antropogênicos, já apresentados anteriormente e nominados como processos antropogênicos induzidos.

Ponto central a ser trabalhado no presente estudo, os processos antropogênicos induzidos, tendem a ter maior ocorrência em áreas urbanizadas, isto se dá porque estes processos estão diretamente atrelados às ações humanas, ou seja, adotando uma premissa lógica, quanto maior o caráter antropizado do local, maior será a probabilidade da existência de processos antropogênicos induzidos (LI et al., 2017). No entanto é necessário pontuar que os processos antropogênicos induzidos não são apenas encontrados em áreas urbanizadas, uma vez que as ações antrópicas estão presentes com maior ou menor ocorrência e intensidade em toda a superfície terrestre. Pereira (2021) apresenta o caso de um processo de voçorocamento de grandes proporções

localizado na zona rural do município de Uberlândia (MG), que foi desencadeado pelo “manejo incorreto da área somado a uma falha técnica que culminou no rompimento de tanque de piscicultura, gerando uma cicatriz profunda em um rápido intervalo de tempo”. Fato este que evidencia a existência de processos antropogênicos induzidos deslocados de adensamentos urbanos e reforça o papel do homem como agente transformador do relevo.

A existência de processos antropogênicos induzidos em áreas não urbanizadas, poderão ser abordadas em um outro trabalho, haja visto que a priori ter o meio urbano como pano de fundo, possibilita um maior contraste na exposição da gama de processo erosivos condicionados e controlados pelas atividades humanas, contribuindo diretamente com o debate e estruturação do conceito apresentado na presente pesquisa.

O município de Uberlândia, após décadas de acelerada expansão urbana, conforme já apresentado anteriormente, agregou uma série de fatores estruturais que propiciam o surgimento e evolução de processo geomorfológicos, especialmente processos erosivos, que notadamente não se desenvolveriam da maneira peculiar que se desenvolvem, caso o modelado não sofresse essa influência direta e por muitas vezes agressiva dos agentes modificadores antrópicos.

Visando contextualizar os apontamentos teóricos a respeito dos processos antropogênicos induzidos, serão apresentados nesse capítulo alguns processos erosivos que se desenvolverem no bairro Tibery, localizado na zona leste do município de Uberlândia (MG), tendo como foco os ravinamentos, voçorocamentos e a formação de piping. Na apresentação de cada processo buscar-se-á descrever sua gênese de

formação, desenvolvimento, impactos e condições que os distinguem dos apontados como processos erosivos naturais / espontâneos.

De acordo com o último censo apresentado pelo IBGE (2010) o bairro Tibery possui uma população de 18.631 residentes em 6.597 domicílios, os quais estão distribuídos em uma área de 5 km² (Fig. 8). Não diferindo do que ocorreu com as demais áreas do município o bairro Tibery também passou por um acelerado processo de urbanização, e caracteriza-se por sua heterogeneidade no que diz respeito a sua composição. Pois, embora grande parte do bairro possua caráter residencial, com maior ocorrência de moradias unifamiliares estruturadas apenas de pavimentos térreo, atualmente já é notada a presença de edifícios multifamiliares que variam de porte.

Outra característica importante é a existência de variada área comercial, que se estende por vias arteriais do bairro, a exemplo das Avenidas Europa e Suíça, que têm parte relevante de seus lotes ocupados por comércios diversos. Ainda na área de serviços, é importante destacar a existência do Center Shopping, que é um importante complexo comercial e hoteleiro de abrangência regional que também está localizado no bairro Tibery.

Além de áreas residenciais e de comércios e serviços, o bairro abriga uma extensa gama de indústrias localizadas prioritariamente no setor do bairro limítrofe à rodovia Br-050, contando com empresas de grande porte, como cerealistas, empresas do ramo construção civil e gestão de resíduos sólidos, entre outras.

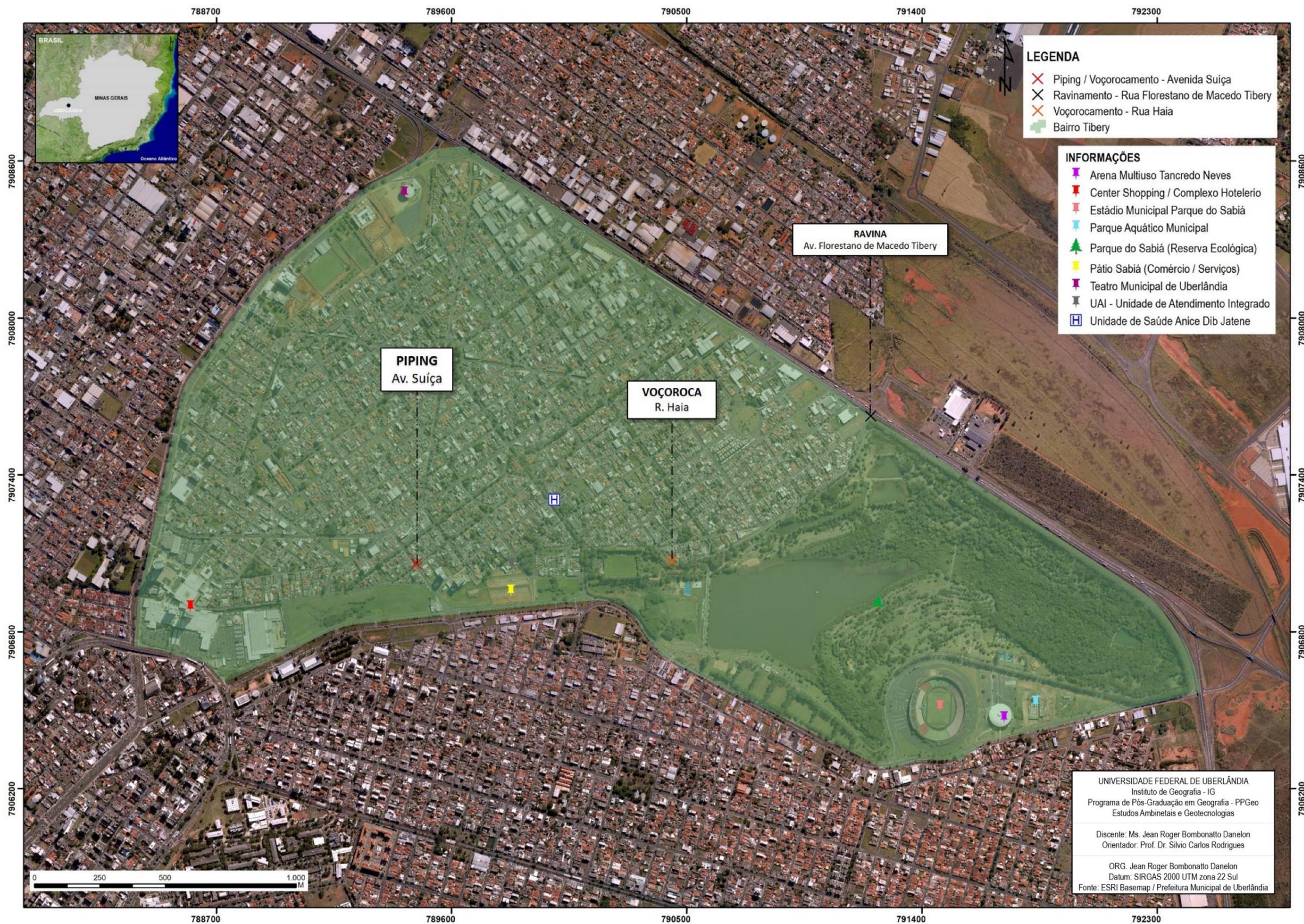


Figura 8: Mapa de localização do bairro Tibery, indicando os processos erosivos de estudo e informações complementares do bairro.

O Complexo Virgílio Galassi, que é a principal área pública de lazer do município, o qual também se encontra inserido no bairro Tibery. Compõe o complexo, o Estádio Municipal Parque do Sabiá, a Arena Multiuso Tancredo Neves (Sabiázinho), o Parque Aquático Municipal e o Parque do Sabiá, que é uma área de preservação ambiental, gerida por uma autarquia municipal (Fundação Uberlandense do Turismo, Esporte e Lazer - FUTEL). Na área do Parque existem uma série de estruturas voltadas a atender a população do município, como pista de caminhada e ciclovia, área para prática de exercícios, quiosques para alimentação, campos de futebol, quadras de vôlei, entre outras estruturas.

Quanto aos aspectos fisiográficos o bairro Tibery, este se encontra inserido entre dois vales, compostos pelos córregos São Pedro e Mogi, valendo destacar o fato de que ambos os cursos d'água encontram-se canalizados, e sobre estes atualmente estão instaladas as avenidas Rondon Pacheco e Anselmo Alves dos Santos, respectivamente. A superfície de relevo onde o bairro está assentado é classificada como denudacional de topo plano ou tabular (BACCARO *et al.*, 2001; PEREIRA, 2021), com vertentes dotadas de inclinação suave com média de 3% de declive. A variação altimétrica entre o divisor de águas e os fundos de vale que limitam o bairro chegam a atingir 30 metros, distribuídos em vertentes com 1 quilometro de comprimento em média (Fig. 9).

Serão apresentados no presente capítulo três ocorrências de processos erosivos dotados de características antropogênicas, que possibilitaram atribuir aos mesmos a definição de processos antropogênicos induzidos.

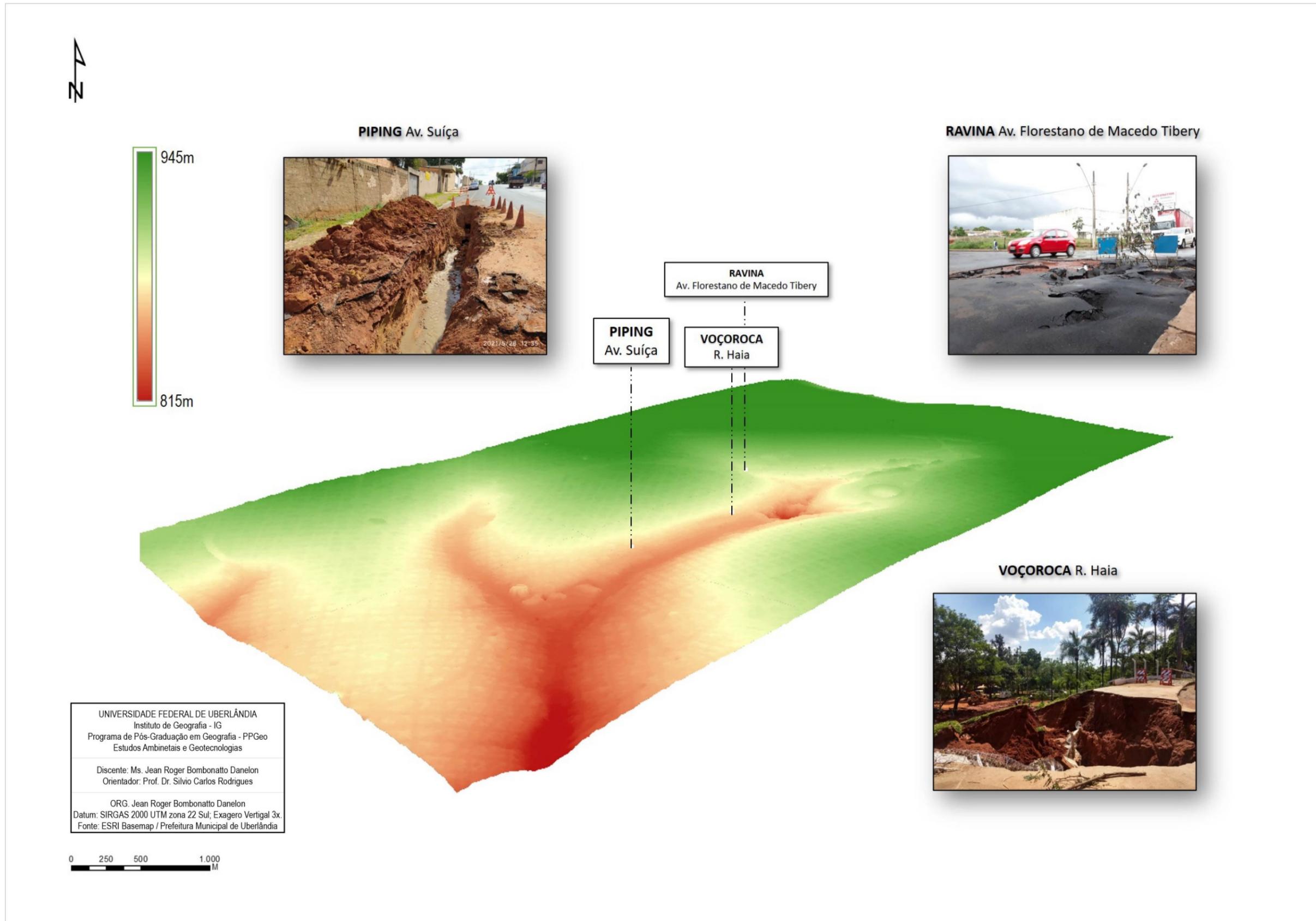


Figura 9: Modelo Hipsométrico Tridimensional do bairro Tibery.

Dentre os processos em questão, todos constatados no bairro Tibery, serão apresentados: um processo de ravinamento localizado no cruzamento da Rua Florestano de Macedo Tibery com Rua Haia; um processo de voçorocamento situado no início da Rua Haia; e por fim um processo de piping que se desenvolveu dando origem à um voçorocamento na Avenida Suíça.

4.1. Ravinas e Voçorocas

A primeira ocorrência apresentada se trata de uma ravina formada a partir da infiltração do escoamento superficial através de fissuras e descontinuidades da cobertura asfáltica da via pública (Fig.10). Cabe ressaltar que o fluxo hídrico que forma o escoamento superficial neste local em eventos de precipitação de maior intensidade, pode ser classificado como um processo de inundação por estar inserido onde originalmente seria a área de várzea do córrego Jataí, que em períodos de cheia poderia ocupar áreas limítrofes ao canal gerando inundações periódicas. Ou como julgamos mais adequado, denominado de escoamento de alta difusão, quando são levados em conta as características e o volume desse fluxo o qual não está diretamente vinculado a presença do canal fluvial em questão, mas sim ao índice de impermeabilização do solo e ao volume e intensidade do evento chuvoso. As características morfológicas e topográficas da área também atuam diretamente como condicionantes à ocorrência dos referidos processos. O processo de ravinamento ocorreu em uma cabeceira de drenagem, onde o fluxo hídrico em condições naturais já seria captado e concentrado nas áreas de topografia inferior, ou seja, no fundo de vale que drena este setor. No entanto o forte processo de urbanização existente na área interfere diretamente no comportamento do volume hídrico captado pela cabeceira de drenagem, assim como no direcionamento do escoamento

superficial.

Na área em questão é possível apontar algumas interferências antrópicas que dão o caráter antropogênico ao processo de ravinamento mencionado. De início é possível indicar que a vertente à montante do ravinamento se encontra totalmente impermeabilizada pelo processo de urbanização, representado pela consolidação do próprio bairro Tibery. Desse modo, parte significativa da precipitação não tem possibilidade de infiltrar no solo, haja visto que este se encontra impermeabilizado, logo, o volume hídrico que não é captado pelas galerias passa a compor o escoamento superficial, que é condicionado pela estrutura dos arruamentos do bairro



Figura 10: Processo de ravinamento na Rua Florestano de Macedo, Bairro Tibery. Data: Novembro, 2019.

Outro fator estrutural importante que deve ser destacado é o fato da existência de um viaduto no local, se trata do viaduto da Br-050 que passa sobre a trincheira da Rua Florestano de Macedo, que dá acesso ao Bairro Tibery (Fig. 11). O fato da Rua Florestano de Macedo ser marginal à Br-050, faz com que ela esteja em um perfil topográfico inferior, uma vez que para a construção da rodovia foi realizado o aterramento do local, deixando está em um patamar superior. E como supracitado a existência do viaduto otimiza essa

diferença topográfica, haja visto que foi realizada a construção de um talude de aterro para viabilizar a existência do viaduto, assim como a da trincheira sob o mesmo. Portanto é possível apontar que o diferencial topográfico entre as estruturas serve como condicionante para o fluxo hídrico do escoamento superficial, uma vez que a rodovia serve como uma barreira direcionando o escoamento até o fundo de vale.

E seguindo a linha de raciocínio da classificação dos processos antropogênicos induzidos, é necessário tomar nota, que a vertente onde a Rua Florestano de Macedo está inserida, apresenta do seu divisor de águas até o ponto do ravinamento, uma rampa de aproximadamente 750 metros de comprimento com diferencial altimétrico de 30 metros. E esta sessão conta com a existência de apenas duas coletoras de água pluvial (bueiros / bocas de lobo). Fato este que contribui significativamente para formação de escoamento de alta difusão em eventos chuvosos de grande intensidade, pois o volume se torna muito maior do que a coletora é capaz de captar. Soma-se a isto a velocidade característica do escoamento que dificulta a captura do fluxo pela coletora.



Figura 11: Processo de ravinamento na Rua Florestano de Macedo, Bairro Tibery. Data: Novembro, 2019.

Vale ressaltar que o ponto onde se desenvolveu o processo de ravinamento é o cruzamento da Rua Florestano de Macedo (marginal à Br-050) com a Rua Haia, onde o

vetor do escoamento superficial de ambas as vias se encontra.

Portanto, expostas as características topográficas, e estruturais que caracterizam a morfologia do relevo urbano dessa área em questão, que condicionam e otimizam particularmente o escoamento superficial que ocorre nesse local nos eventos chuvosos, fica evidente como a junção desses fatores foi o agente preponderante para a formação do processo de ravinamento. Desse modo, a existência de controladores estruturais, tendo nesse papel o talude de aterro da rodovia (Br-050), a insuficiência de coletoras de água pluvial e a existência de fissuras na cobertura asfáltica da via quando expostas a um escoamento de alta difusão, propiciaram a formação de um processo de ravinamento antropogênico, uma vez que este teve sua gênese e desenvolvimento, diretamente atrelados às ações antrópicas, ratificando assim a proposta de classifica-lo como um processo antropogênico induzido.

Dando sequência à exemplificação dos processos erosivos de caráter antropogênico nesse momento abordaremos o voçorocamento que se desencadeou na R. Haia próximo ao nº 15. Destacando que este processo de voçorocamento se desenvolveu em tamanha proporção chegando a causar a destruição de um trecho da R. Haia, de modo que foi necessária a interdição da via, visando garantir a segurança de seus usuários. Dada sua evolução o processo de voçorocamento adentrou as dependências do Complexo Virgílio Galassi, provocando a queda de parte do alambrado de cercamento da área (Fig. 12).



Figura 12: Processo de voçorocamento, desencadeado por falha estrutural "fissura" na coletora de água pluvial, localizada na Rua Haia próximo ao nº 15 no bairro Tibery. Data: Novembro, 2019.

O processo teve seu início devido a desestruturação da coletora da galeria pluvial responsável pela captura do fluxo de escoamento. Devido as características instabilidade da estrutura da galeria o fluxo hídrico passou erodir o solo sob a via pública, construindo um canal preferencial em direção às áreas a jusante na vertente. Cabe destacar que na outra margem da via pública há a existência de nível topográfico inferior gerado a partir de um talude de corte, que foi desenvolvido visando o nivelamento do terreno subsequente onde estão localizadas diversas edificações que compõe o setor de Administração do Complexo Virgílio Galassi.

É importante apontar que a leitura desses processos geomorfológicos vem sendo realizada a partir de um viés antropogênico, portanto se faz necessário colocar que as características antropogênicas do solo do local, em especial da via pública, influíram diretamente para a criação de uma incisão de grandes proporções em uma região urbanizada. Somada as condições do solo, o qual não possuía suas características de estrutura e coesão originais, pelo fato de já ter passado por intensa manipulação durante o ato de implantação da via e também pela existência de estruturas de rede pluvial e de esgotamento sanitário (galerias) que se encontram no local dispostas em subsuperfície (Fig. 13).

Após ultrapassar os limites da coletora da galeria pluvial por meio das fissuras em sua estrutura e ser condicionado e concentrado por caminhos preferenciais relacionados às características inerentes do solo do entorno e das tubulações ali existentes em subsuperfície, o fluxo hídrico, passa a exfiltrar na parede do talude de corte (Fig.14).

Devido o contínuo fornecimento de água a este sistema, oferecido tanto pelo período de duração do evento de precipitação, quanto pelo escoamento de alta difusão gerado a partir dele, o solo do local que já se encontrava saturado, passa a não comportar mais o volume de água, desencadeando os processos supracitados, como o colapso da superfície do solo (que contempla no caso em questão, o leito carroçável da via e o passeio público), dando origem a uma voçoroca de significativo porte.



Figura 13: Cratera gerada pelo colapso da cobertura asfáltica da via pública, devido carreamento de material gerado pelo fluxo hídrico em sub superfície Na imagem é possível visualizar a manilha da galeria de esgotamento sanitário exposta. Data: Novembro, 2019.

Com a exfiltração de fluxo na encosta do talude de corte, a erosão passa a ocorrer nesse momento na superfície do solo, gerando a formação de sulcos, que devido ao elevado aporte de escoamento, rapidamente evoluem para ravinas, que se ramificam em diversos canais e passam a dar descarga a um grande volume de sedimento que é carregado pelo fluxo hídrico e depositado no interior do parque.



Figura 14: Na imagem é possível notar parte das tubulações hidrossanitárias expostas devido a retirada de material (solo). Nota-se também o grande volume de solo que foi carreado do local, juntamente como parte do passeio público e do alambrado de cercamento do parque. Data: Novembro, 2019.

Finalizado o evento de precipitação e posteriormente o escoamento de alta difusão, ocasionado devido à falta de galerias pluviais em número e dimensões adequadas, capazes de captar este fluxo, o local passa não receber mais a carga energética de entrada, responsável por desencadear e evoluir as feições erosivas ali criadas, desse modo é interrompido o processo erosivo.

Logo, é necessário atentar a um fato importante, que é a distribuição das chuvas em ambientes tropicais, focando em especial o município de Uberlândia, o qual é pano de fundo do presente estudo. De acordo com Novais (2011) o município de Uberlândia possui clima Tropical Semiúmido, “quente o ano todo com quatro a cinco meses secos” e sua distribuição pluviométrica fica distribuída principalmente entre os meses de novembro a março, quando se nota maior volume e intensidade dos eventos chuvosos (PETRUCCI, 2018).

Nota-se que nos meses de novembro a março a precipitação se mantém acima da faixa dos 150mm / mês, podendo atingir 300mm de altura no momento de maior precipitação (Fig. 15). As figuras de 12 a 16, retrataram os impactos gerados por um evento chuvoso

de grande intensidade na Rua Haia próximo ao nº 15 no bairro Tibery, no dia 02 de novembro de 2019. Conforme supracitado, a precipitação deu origem a um escoamento de alta difusão, que devido a questões estruturais da coletora de água pluvial (boca de lobo), juntamente às condições pedológicas e topográficas do local, desencadearam a formação de um processo de voçorocamento antropogênico. Logo após o ocorrido os órgãos públicos responsáveis realizaram os reparos necessários para a reconstrução da área impactada. Foi realizada uma obra para reconstrução da coletora de água pluvial, assim como a correção dos danos causados à via e ao passeio público. No interior do parque, foi refeito o talude de corte e realizado o replantio de grama no mesmo visando conferir à ele maior estabilidade.

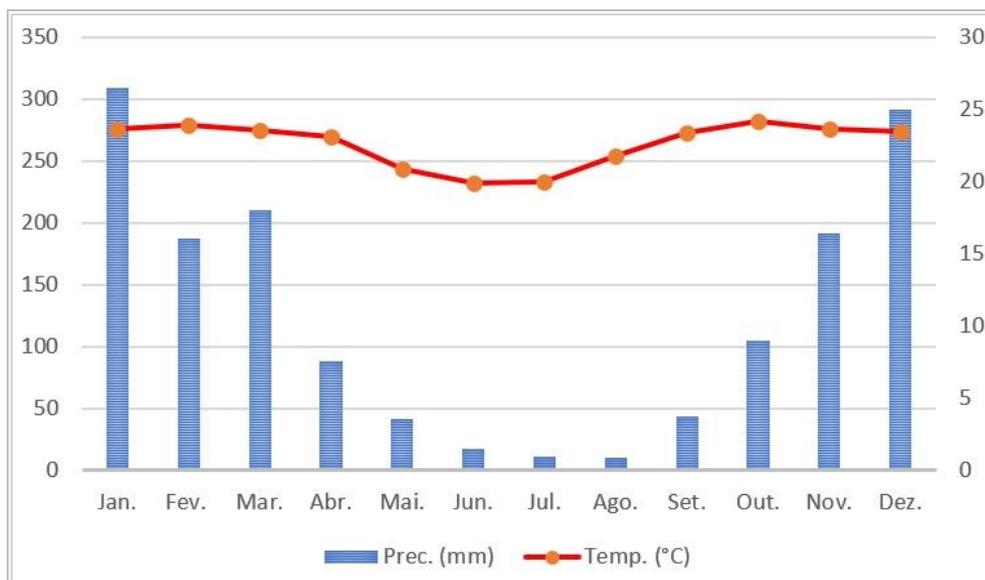


Figura 15: Climograma do município de Uberlândia, série história de 1981 à 2018.
Fonte: Petrucci, 2018.

Aos olhos do senso comum, esse tipo de medida provavelmente é entendido como a correta, uma vez que sana o transtorno gerado pelo processo de voçorocamento, podendo o trânsito de veículos e pedestres ser reestabelecido no local, assim como o acesso pelos moradores aos imóveis impactados pelo ocorrido. No entanto, é papel da

academia analisar um fato como este a partir de um viés técnico e não imediatista. Obviamente que se deve levar em conta que um município não é uma área de testes, ou sequer uma parcela experimental para estudo de campo, onde seria possível analisar os processos atuantes por longos períodos, realizando monitoramentos e anotações, a fim de compreender de forma efetiva o que de fato ali ocorreu. A cidade é dinâmica, e quando tratamos de municípios maiores como é o caso de Uberlândia, entende-se que fatos como os apresentados podem desencadear uma série de outros impactos as populações ali existentes. Portanto reiteramos, a relevância do presente estudo, pois o mesmo busca trazer à luz do debate um tema que embora não seja recente, não foi amplamente discutido e que ainda apresenta lacunas conceituais, as quais a ausência dificulta tomadas de decisões mais assertivas no trato de processos geomorfológicos controlados diretamente por ações antrópicas e que impactam os ambientes urbanizados.

E buscando ilustrar a necessidade de entendimento da dinâmica desses processos, será apresentado nesse momento, novamente o caso da Rua Haia próximo ao nº 15 no bairro Tibery. Tal repetição se faz necessária, pois aproximadamente 30 dias após serem realizadas as obras para reparo dos danos ocasionados no mês de novembro de 2019, o local novamente foi impactado pelos mesmos processos mencionados anteriormente, ou seja, houve a ocorrência de um novo evento de precipitação de grande intensidade no mês de dezembro, gerador de escoamento de alta difusão, que novamente não foi suportado pelas estruturas de captação de água pluvial, ocasionando um novo processo de voçorocamento.



Figura 16: Destaque para o segundo plano da imagem onde é possível identificar uma grande quantidade de material depositado no interior do Parque, localizado no patamar topográfico inferior. Data: novembro, 2019.

No evento ocorrido no mês de novembro de 2019, o processo de voçorocamento se iniciou a partir da coletora de água pluvial localizada à margem do passeio público oposto ao Parque, onde o fluxo, ocasionou a retirada de material desde ponto inicial do processo até exfiltrar pelo talude de corte (Fig. 16). Já no evento do mês de dezembro de 2019, o processo teve seu início no contato do passeio público reconstruído com o alambrado de cercamento do Parque (Fig. 17-A). Conforme dito anteriormente o local havia sido reconstruído à poucos dias, fato facilmente notado ao analisar a coloração da concretagem do passeio público, que ainda apresentava aspecto de recém-concluída. Vale destacar que o processo ocorrido foi desencadeado pelos mesmos fatores que haviam gerado o processo anterior, ou seja, embora o local tenha passado por obras, estas estavam destinadas a reconstruir o que havia sido destruído e não em desenvolver novas estruturas que evitassem que tal dano voltasse a ocorrer. Fato este que reforça o caráter imediatista de determinadas tomadas de decisões pelo poder público, que

gerarão retrabalho, haja visto que parte dos fatores que condicionam a existência de tal processo, são recorrentes.



Figura 17: Início do processo de voçorocamento a partir da coletora de água pluvial. Data: Dezembro, 2019.

Ainda, tendo em pauta as obras de reconstrução do local atingido pelo processo erosivo, é necessário considerar que parte significativa do material de origem (solo / aterro) existente no local havia sido transportado pelo fluxo hídrico do escoamento. Logo, para que fossem realizados os reparos foi necessário que tal material fosse repostado, a fim de viabilizar o andamento das obras de recuperação da via pública, do passeio (calçada) e do talude de corte (Fig.18). No entanto é necessário atentar que solos naturais são dotados de características físicas intrínsecas à cada classe de solo, como Textura, Consistência, Porosidade, Coesão, entre outras, que influenciam diretamente o comportamento deste solo quando exposto a situações de estresse (Embrapa, 2018). A saturação do solo por água é um exemplo claro de como o solo pode responder a este fenômeno de maneiras distintas, baseado em suas características físicas.



Figura 18: Detalhes do voçorocamento no talude de corte. Data: Dezembro, 2019.

Tais indicações conceituais a respeito das características do solo / material superficial do local impactado são relevantes, pois, após a realização das obras de correção é inegável que este solo poderá apresentar um comportamento distinto frente aos fatores condicionantes. A coesão é algo importante quando se trata da estabilidade de materiais, podendo ser definida como a força de atração entre as partículas do solo, sendo diferenciada entre coesão real e aparente (SILVA & CARVALHO, 2007). A coesão real é resultado da atuação de agentes cimentantes, a exemplo das argilas silicatadas e do teor de óxidos nas partículas, além da atração de partículas por efeito da eletrostática (MITCHELL, 1976; MULLINS et. al., 1990). Um exemplo característico é a interação húmus – argila, onde são formadas pontes entre as partículas, ligadas umas às outras por finas partículas de silte (GUERRA & CUNHA, 2010; COOPER & SILVA, 2015).

Já a coesão aparente é resultante da tensão superficial de água nos interstícios

(capilares) do solo, a partir de membranas que se formam entre as partículas de solos parcialmente saturados, propiciando a atração entre as mesmas (SILVA & CARVALHO, 2007).

A presença de água nos interstícios do solo / material superficial que será importante para o entendimento da reincidência do processo de ravinamento que temos em pauta no momento. Como dito, o solo passa ter seus vazios preenchidos quando há aporte de água ao sistema, isto pode ocorrer através de um processo de irrigação, no que tange culturas agrícolas, ou pelo rompimento de estruturas de condução de água, como, galerias de esgotamento sanitário, de água pluvial, adutoras de reservatórios de fornecimento de água potável, entre outras que serão abordadas posteriormente no trabalho; e também pela forma mais comum, que é através de eventos de precipitação. E foi através de um evento chuvoso que o solo / material superficial do local em questão recebeu o aporte de água que deu início ao novo processo erosivo.

Vale destacar, pontos importantes quanto ao comportamento do fluxo hídrico (líquido) em sua interface com o solo, uma vez que este pode adotar três maneiras distintas de movimentação em subsuperfície, sendo estas, os fluxos saturados, não saturados e de vapor. Visando dar sequência ao entendimento do processo de voçorocamento, discorreremos a respeito do comportamento do fluxo saturado, que no momento nos é o mais pertinente.

Este se dá quando o pacote ou horizonte de solo se encontra totalmente preenchido por água. Sendo válido destacar que nesse ponto de saturação a coesão que era atribuída pela presença de meniscos de água entre as partículas sólidas do material, passa a sofrer influência de outros fatores. Em um solo saturado as moléculas de água adquirem maior

potencial energético, haja visto que a capacidade adsorção das partículas de solo já se encontra comprometida, propiciando maior condição movimentação às demais partículas de água que compõe o fluxo (COOPER & SILVA, 2015).

Dados os esclarecimentos pertinentes quanto ao comportamento do fluxo hídrico no solo, pode-se retomar a discussão a respeito do motivo do reaparecimento de um processo de voçorocamento em um local urbanizado como é o caso da Rua Haia, no município de Uberlândia. Portanto, serão elencados dois pontos fundamentais para a recorrência de processo antropogênico, que são: primeiro, novamente a existência de uma falha estrutural, dessa vez no contato do passeio público com a estrutura de cercamento do Parque, valendo ressaltar que o escoamento não deveria se acumular ao ponto de invadir o passeio público, uma vez que este deveria ser escoado pelos sistemas de captação (galeria de água pluvial) evitando o processo de alagamento; e segundo, a pouca estrutura do talude de corte, que já havia sofrido com uma significativa retirada de material pelo processo erosivo ocorrido no mês anterior, que comprometeu diretamente sua estabilidade e portanto não suportou o fluxo e novamente foi impactado.

Conforme supracitado, o processo de voçorocamento teve seu início no contato do passeio público com o alambrado de cercamento do Parque e tamanha foi a energia potencial do escoamento superficial, que o turbilhonamento do fluxo, provocou a retirada total do material superficial / solo que sustentava o passeio público, provocando o colapso do passeio e deixando expostas as estruturas (sapatas e o baldrame) de sustentação de um setor do cercamento do Complexo Virgílio Galassi (Fig. 19).



Figura 19: Estruturas de sustentação do alambrado do Complexo Virgílio Galassi expostas. Data: dezembro, 2019

Após propiciar a retirada dos materiais que estruturavam a coletora e o passeio, o fluxo passou a escoar por sobre o talude de corte, iniciando nesse momento a criação de sulcos erosivos que rapidamente se transformaram em ravinas e posteriormente se estabeleceram como canais do processo de voçorocamento (Fig. 20), dada a intensidade do escoamento superficial concentrado.

É possível verificar ao menos três canais distintos que se desenvolveram a partir do talude, com ângulo de aproximadamente 30° entre eles, atribuindo um formato de leque que propiciou uma maior área de abrangência na distribuição dos sedimentos transportados (Fig. 21).



Figura 20: Ravinamentos provocados pelo fluxo hídrico no talude de corte do Complexo Virgílio Galassi, dado o rompimento da coletora de água pluvial. Data: Dezembro, 2019.

O fato de o talude ter passado por um processo de reconstrução em um período próximo ao evento chuvoso que ocasionou o processo erosivo em questão, deve ser considerado, uma vez que a estrutura do talude passou a ser composta por dois pacotes distintos de material, fato que interfere na infiltração, coesão e por consequência, na estabilidade destes materiais, favorecendo o carreamento dos mesmos.



Figura 21: Visão panorâmica da espacialização das ravinas pelo talude de corte. Data: Dezembro, 2019.

Cabe ressaltar que a dimensão das incisões que formaram a voçoroca nessa oportunidade, foram menores que no evento anterior, o que pode ser explicado pelo comprimento total da feição. A feição formada no mês de novembro de 2019 teve seu início na outra extremidade da via pública conforme já destacado (Fig. 22-A), isso favoreceu que o fluxo fosse concentrando volume no decorrer do seu trajeto e ganhando maior potencial hidráulico, tendo assim maior capacidade de desagregação de partículas, ao ponto que ao atingir o talude de corte, a energia do fluxo passa atuar e ser condicionada de uma forma específica.



Figura 22: A – Início do Processo de Ravinamento no mês de Novembro de 2019; B – Início do Processo de Ravinamento do mês de Dezembro de 2019; C – Volume de material carreado pelo processo erosivo no mês de Novembro de 2019; D – Volume de material carreado pelo processo erosivo no mês de Dezembro de 2019.

Naquele momento as principais variáveis envolvidas na ação do fluxo no talude eram compreendidas em um somatório da energia cinética e energia potencial, uma vez que, até atingir o obstáculo que o talude representava o fluxo já havia entalhado a voçoroca localizada na área externa ao Parque, de modo, que o fluxo hídrico no interior da feição era condicionado pela energia cinética, caracterizada pelo turbilhonamento da água, tal qual ocorreria em evento de cheia em um córrego, haja visto o significativo aporte de água escoada pelas áreas impermeabilizadas do entorno e “coletadas” pela voçoroca durante o evento de precipitação. Em um segundo momento, o fluxo continuou a retirar material, buscando seu trajeto natural, ou seja, o ponto topográfico mais abaixo na vertente. Para tal, foi preciso que o fluxo atravessasse o talude e nesse momento passou a atuar na face anterior do talude que estava exposta dada a retirada de material ocorrida

no passeio público. A partir desse momento o fluxo concentrado passa erodir a rampa de aterro criando sulcos que devido a energia do fluxo evoluíram para ravinamentos conforme já apresentado.

A condição de saturação apresentada pelo material do talude contribui diretamente para a rápida evolução das feições erosivas uma vez que, em ponto de saturação a água presente no solo não é mais condicionada pelas forças mátrica e osmótica, onde respectivamente as moléculas de água são “presas” as partículas de solo por tensões de adsorção e capilaridade ou por atração iônica que tende reduzir a energia da água (COOPER & SILVA, 2015). Logo, em um pacote de material já saturado em água, o fluxo hídrico (escoamento) passa a atuar livremente na interface das partículas de solo e dotado de maior energia, ganha capacidade de desagregação e transporte, notadamente acelerando os processos erosivos em questão.

De modo geral nesse tópico da tese têm-se o intuito de apresentar e discutir a existência e o desenvolvimento dos processos erosivos antropogênicos, a fim de conceituá-los como processos antropogênicos induzidos. E acreditamos que a apresentação dos processos de ravinamentos e voçorocamentos exemplificados até o momento contribuíram para tal iniciativa, uma vez que foram expostos pontos importantes que os distinguem dos processos erosivos espontâneos, a partir da existência dos fatores influenciadores e controladores estruturais, que condicionaram diretamente o local de ocorrência dos processos erosivos e também o modo como os mesmos se desenvolveram.

Desse modo, encerraremos nesse momento as discussões a respeito dos ravinamentos

e voçorocamentos para dar foco a outro processo erosivo, a formação de piping. E não obstante da temática já apresentada, a formação e desenvolvimento de piping em áreas urbanizadas também se vê condicionada por influenciadores antrópicos e controladores estruturais, os quais serão apresentados com maiores detalhes no próximo item.

4.2. Piping

Dando sequência à pertinente discussão dos processos geomorfológicos que são condicionados por ações antrópicas diretas e / ou indiretas, o presente tópico objetiva confrontar pontos conceituais visando diferenciar características dos processos de piping espontâneos, para os processos de piping antropogênico, este último tendo sua ocorrência vinculada e / ou condicionada a ações antrópicas, assim como à influenciadores e controladores estruturais oriundos dessas ações.

Pierson (1983) define o processo de piping como “*vazios tubulares ou passagens no solo que podem variar em tamanho, desde condutos estreitos com apenas alguns milímetros de diâmetro até túneis com pelo menos muitos centímetros de diâmetro*”. De acordo com Downes (1946) a formação espontânea de piping se dá a partir dos eventos chuvosos, onde a infiltração da água no solo ocorre a partir de pequenas depressões onde a concentração do fluxo hídrico já provocou alguma retirada de material, ou por fissuras existentes na superfície ou até mesmo pela presença de macroporos na estrutura do solo em questão. Ao atingir o interior do solo, o fluxo hídrico em subsuperfície passa a contar com características pedológicas variadas, as quais podem favorecer ou dificultar o fenômeno de desagregação e transportes das partículas de solo, dando origem as estruturas de pipe (dutos / túneis). Vale ressaltar que em um estudo realizado por Augustin e Aranha (2006) onde foram analisados diversos processos de piping

vinculados a voçorocamentos, os autores chegaram a pontuar que o tipo de solo naquela situação não teria sido fator preponderante para o aparecimento de pipes, uma vez que esse processo foi notado em latossolos vermelho-escuro, latossolos vermelho-amarelo e em cambissolos, ou seja, em várias classes de solos. Embora seja importante apontar que os solos mencionados possuíam algumas características similares, a exemplo de estrutura fraca e maior presença de areia em sua composição textural.

Outro ponto importante a ser indicado no processo de formação de piping é que no transporte desses materiais em subsuperfície existe a atuação de forças químicas e físicas, de modo que os processos de desagregação e dissolução serão influenciados por fenômenos complexos e variados (AUGUSTIN & ARANHA, 2006).

Beckedahl et al. (2022) coloca que “a erosão de tubulações ou túneis (pipes) se desenvolve em uma variedade de materiais diferentes, desde climas semiáridos até climas úmidos” e na maior parte dos solos existentes (BERNATEK-JAKIEL & POESEN, 2018). Desse modo, embora haja esta variação climática, o fluxo hídrico continua sendo o fator desencadeador desse processo, diferindo apenas a relação entre fluxo hídrico e o material de contato, pois, conforme já foi destacado cada material responderá de uma certa maneira a ação hídrica.

A formação de piping em algumas localidades tendem a ter maior ocorrência a partir de eventos chuvosos de alta intensidade, os quais apresentam um período de retorno mais longo. No entanto, essa periodicidade dos grandes eventos chuvosos não minimiza os impactos ocasionados pelas estruturas de piping, uma vez que, após serem formadas a partir da infiltração e escoamento em subsuperfície gerados por estes eventos de maior

intensidade, as estruturas criadas continuam a direcionar o fluxo hídrico dos eventos chuvosos corriqueiros e por consequência disso, continuam sendo erodidas, ganhando a cada evento maior diâmetro, o que favorece o colapso da porção superior do pipe, fato que dará origem a um ravinamento, que passará a direcionar para o interior dessa nova feição o fluxo hídrico superficial (ZHU et al. 2002).

Existem materiais altamente erodíveis pelo processo de piping, dentre os quais é possível mencionar os *loess*, que são depósitos sedimentares compostos predominantemente por silte cimentados sem muita coesão por carbonato de cálcio. Devido sua característica de elevada porosidade, esses depósitos propiciam a ocorrência frequente de pipes (Beckedahl et al., 2022).

No entanto, vale destacar que além dos componentes pedológicos como a ocorrência de macroporos, a existência de íons solúveis e processos de dilatação do solo ocasionado por períodos de seca prolongados, podem ser acrescentados a esses componentes uma vasta gama de outros mecanismos (KIRKBY, 1997). Desse modo, é possível adicionar aos já referidos mecanismos:

A erosão fluvial subsuperficial, promovida pela ocorrência de olhos d'água (minas / nascentes) em situações de alto gradiente hidráulico ou baixo poder de agregação do solo, passagens deixadas por raízes decompostas e a ação de escavamento de micro, meso e macrofauna (AUGUSTIN & ARANHA, 2006, p. 10).

E é com intuito de discutir e compreender a participação dos mecanismos que contribuem no processo de formação de piping que o presente estudo trará nesse momento outro fator para o debate, que é a consideração das ações e estruturas antrópicas como mecanismos que influenciam esse processo geomorfológico. Bernatek-

Jakiel e Poesen (2018) suscitam a discussão quanto ao pouco volume de estudos referentes aos processos de piping comparados aos processos de erosão superficial (erosão laminar, ravina e voçorocas) e destacaram a existência de pipes em ambientes urbanizados, relacionando a presença desse processo às estruturas como coletoras de água pluvial (bueiros), sistemas de drenagem de estradas, barragens e diques. Nessa mesma linha de raciocínio apresentaremos pontos a serem somados a este debate, apresentando exemplos de processos de piping antropogênicos, desencadeados por estas referidas estruturas, além de outras por nós analisadas, a destacar os sistemas de esgotamento sanitário, abastecimento de água localizados em subsuperfície e também os canais fluviais canalizados.

Visando contextualizar os processos de piping antropogênico, serão apresentados a seguir, exemplos da ocorrência desse processo erosivo no município de Uberlândia-MG, pontuando alguns focos específicos, sendo um deles localizado no já mencionado bairro Tibery, outras três ocorrências vinculadas a locais distintos da avenida Rondon Pacheco, um localizado na Av. Sacramento no bairro Martins e por fim um processo ocorrido na avenida Getúlio Vargas.

Inicialmente se faz necessário contextualizar a dinâmica que envolve a avenida Rondon Pacheco no município de Uberlândia, que atualmente em conjunto com a avenida João Naves de Ávila forma o principal ramal urbano de trânsito do município. Anterior à década de 1970 a via em questão, a qual ainda não era dotada de cobertura asfáltica e não possuía a atual e complexa estrutura comercial que a compõe, era a então denominada “Avenida São Pedro” (Fig. 23).

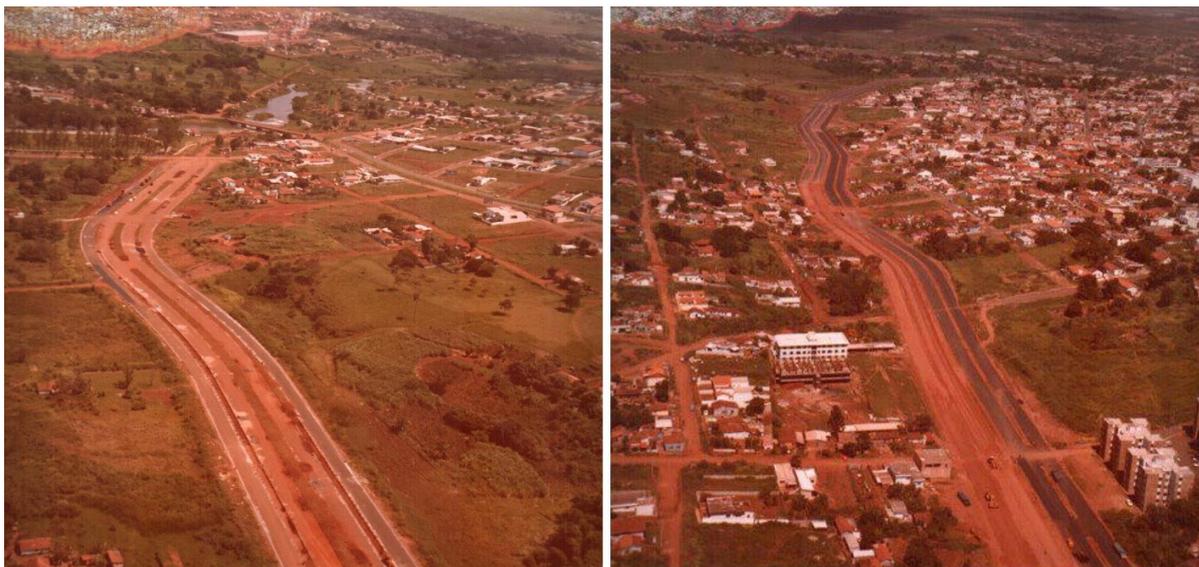


Figura 23 - Avenida Rondon Pacheco, durante o processo de ampliação, asfaltamento e canalização do Córrego São Pedro na década de 1980. **Fonte:** Google Imagens.

Fato este que se explica pela sua localização, a qual margeava o córrego de mesmo nome. Nesse contexto, é necessário destacar que existe uma significativa contribuição do fator localização, frente aos impactos ambientais ocorrentes na avenida Rondon Pacheco, haja visto que a mesma está situada em um fundo de vale, o qual abriga o um canal fluvial (Córrego São Pedro) que passou por um processo de canalização fechada visando propiciar obras e expansão da referida via arterial do município de Uberlândia (CAIXETA e NISHIYAMA, 2019).

Tais intervenções antrópicas contribuem direta e / ou indiretamente com alterações nos fluxos de energia e matéria que se estabelecem na área, de modo que ao interferir por exemplo no comportamento do fluxo hídrico ocasionado por um evento de precipitação, novas dinâmicas na formação e desenvolvimento dos processos ambientais ali atuantes (escoamento, infiltração e erosão) serão iniciadas, alterando assim os impactos que serão gerados por esses processos, podendo ocasionar a formação de processos erosivos, escoamento de alta difusão e inundações.

Nesse momento, nos ateremos a discorrer a respeito dos processos erosivos, dando

exclusividade à formação de piping antropogênico, buscando relacionar sua formação à presença de estruturas antrópicas localizadas em subsuperfície, sejam essas galerias de água pluvial ou tubulações de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Iniciaremos realizando a exposição de um processo de piping antropogênico que se desencadeou em uma vertente do já mencionado bairro Tibery, localizado no município de Uberlândia – MG. Conforme já descrito o bairro em questão possui vertentes com inclinação suave, que em linhas gerais não despertariam um caráter de apreensão quanto a formação de determinados processos erosivos. No entanto, é necessário considerar o fato dessas vertentes não mais estarem inseridas em ambientes controlados a partir de uma dinâmica natural, onde a maior parte dos componentes que compõe a paisagem se encontrariam sob a égide de um equilíbrio dinâmico (ROSS, 1995). Se tratando de áreas urbanizadas, muitas alterações já foram ali desenvolvidas, criando um novo contexto para aquele local, condicionando ali a consolidação de uma nova paisagem, que é dotada de componentes específicos e devem ser considerados e analisados, pelo profissional que vislumbre estudá-la a fim de compreendê-la ou mesmo propor ações que ali serão executadas.

E ao analisar uma vertente antropizada, não podemos apenas nos ater ao que nossos olhos detectam, embora boa parte das alterações antrópicas possam ser facilmente localizadas a partir de uma análise da superfície do relevo urbano, haja visto, que as obras e edificações em sua maioria se destacam imponentes na superfície do terreno. Porém, não se pode negligenciar essas estruturas “invisíveis”, que compõe praticamente uma “outra cidade” localizada em subsuperfície. E esta outra cidade é composta por alicerces, galerias, tubulações e em alguns municípios também é possível encontrar estruturas com grandes proporções, como túneis de metrô e rodoviários (Fig. 24).

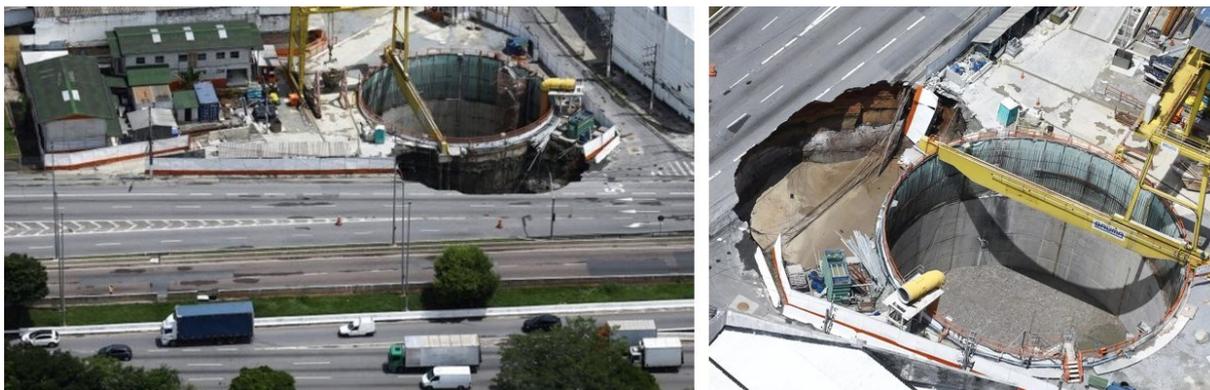


Figura 24 - Colapso de parte da pista da Marginal Tietê na cidade de São Paulo, ocasionado por um desmoronamento na obra de escavação de um trecho da Linha 6 do metrô. De acordo com o Secretário Transportes, o desabamento foi ocasionado pelo vazamento de uma galeria de esgoto situada no local. **Fonte:** Portal G1 Notícias / BBC – Brasil.

Assim como colapso ocorrido na obra de expansão do metrô na cidade de São Paulo (Fig. 24), o qual foi originado a partir do rompimento de uma galeria de esgotamento sanitário, o processo de formação de pipe antropogênico no bairro Tibery teve o mesmo fator desencadeador, que foi o vazamento em uma tubulação de esgotamento sanitário. Cabe realçar que para que ocorra o colapso da superfície do terreno, é necessário que o material que atribuí a sustentação a esta camada superficial seja retirado. No entanto, não são apenas rompimentos de grandes proporções que são capazes de realizar a retirada e o transporte desse material, haja visto que as características do material em questão e o tempo que este ficou exposto ao processo de desagregação e transporte é um fato preponderante para a evolução do processo erosivo.

Como já foi destacado anteriormente no presente capítulo, no processo de implantação de um loteamento, sobretudo na construção dos arruamentos, o solo original é escavado para instalação tanto do sistema central de esgotamento sanitário, quanto para implantação das galerias de águas pluviais. E nesse processo o solo é retrabalhando, fato este que provoca alterações nas suas características naturais como coesão e porosidade, e quando tratamos de erosão hídrica, alterações nessas características do

solo trarão reflexos no comportamento desse material quando exposto ao processo de erosão hídrica.

Portanto, a existência de uma estrutura antrópica instalada em subsuperfície, somada a um solo já retrabalhado pelas obras de instalação dá própria estrutura, contribuíram na formação de um cenário que propiciasse a ocorrência de um processo de piping antropogênico. Todavia, devemos contextualizar a ocorrência desse processo, pois, como já afirmado anteriormente, por sob a área urbana de todos os municípios dotados de saneamento básico existe uma rede de estruturas localizadas em subsuperfície, estruturas estas que são dotadas da mais alta relevância para o atendimento das populações residentes nos centros urbanos, de modo que sua existência é prioritária e a priori não existem meios técnicos aplicáveis que possibilitem sua retirada ou substituição.

Desse modo, é necessário apontar a incógnita dessa equação, pois se existem estruturas que ocasionam um determinado impacto, porém as mesmas não podem ser removidas, teríamos então um problema sem solução? Não. O caso possui sim solução, haja visto que o problema não está na existência da estrutura, a qual na verdade é primordial para a manutenção da qualidade de vida das populações que ali desenvolvem suas atividades, o problema está situado na falta de manutenção e muitas vezes do descaso para com essas estruturas, uma vez que, em pleno funcionamento, a possibilidade de dano é reduzida, pois, o agente desencadeador que é o fluxo hídrico não estará inserido no balanço energético, dado o fato que se encontrará contido no interior das galerias e tubulações.

Porém, o cenário encontrado em grande parte dos municípios, assim como é o caso de Uberlândia (MG), retrata uma realidade onde as estruturas localizadas em subsuperfície só recebem manutenção em momentos de crise, quando o impacto já foi gerado. E foi essa dinâmica que desencadeou o surgimento de um pipe antropogênico na Av. Suíça, localizada no bairro Tibery do município de Uberlândia (Fig. 25).

A Figura 25 expõe uma pequena ruptura circular na cobertura asfáltica da avenida, que revelou um processo de pipe antropogênico já dotado de significativa evolução, haja visto que já havia se formado em subsuperfície um duto com proporções consideráveis ao ponto de oferecer risco a população que fazia a utilização da via.



Figura 25 - Ruptura circular na cobertura asfáltica que expôs o processo de pipe antropogênico já desenvolvido em subsuperfície.

Com o surgimento da ruptura “buraco” que expôs a existência de um processo erosivo ocorrendo em subsuperfície, a primeira medida adotada pelo poder público foi o isolamento da sessão da via que se julgava estar comprometida, no entanto como já dito anteriormente existe uma lacuna teórica / técnica que envolve os processos

geomorfológicos condicionados pelos mecanismos antrópicos, sejam suas ações ou estruturas. Desse modo, pelo não entendimento da complexidade que os processos antropogênicos induzidos carregam, ocorrem as falhas nas tomadas de decisão. Pois, ao isolar o setor que aparentemente foi afetado, não foi levado em consideração que o processo de piping antropogênico é um processo de gênese subsuperficial e que se desenvolve em um estrato da paisagem que não é facilmente acessado.

Ao analisar o meio urbano e os processos geomorfológicos ali ocorrentes, é preciso atentar as ações humanas desenvolvidas no local assim como as estruturas ali existentes, as quais denominamos de “Influenciadores e Controladores Estruturais”. Se tratando do processo de formação de piping antropogênico, prioritariamente levaremos em conta os Controladores Estruturais, haja visto que o piping antropogênico possui uma particularidade, que o vincula diretamente às estruturas antrópicas localizadas em subsuperfície que têm como função o transporte do fluxo hídrico (água ou efluente), sejam estas, galerias de águas pluviais, adutoras de fornecimento de água, tubulações de esgotamento sanitário, entre outras.

O processo de formação de piping antropogênico, dependerá do fornecimento de uma carga de fluxo hídrico para que este se desenvolva, somada a existência de um controlador estrutural situado em subsuperfície. Esse aporte hídrico poderá ocorrer de duas maneiras, sendo a primeira através da infiltração de água no solo a partir de um evento chuvoso e a segunda a partir do rompimento ou vazamento do controlador estrutural (galeria ou tubulação). Devemos reforçar, que ao se tratar de áreas urbanizadas, os processos de infiltração de água no solo se dão de forma controlada,

uma vez que, a superfície urbana possui alto nível de impermeabilização. Nesse contexto o fluxo hídrico tende a atingir o subsolo, captado por um sistema de galerias pluviais, por fissuras e descontinuidades das coberturas antrópicas (edificações e malha asfáltica) ou por áreas permeáveis existentes, como lotes não construídos, praças e parques urbanos.

Nesse contexto, é que ocorre o aporte hídrico que desencadeará a formação do processo de piping antropogênico, seja por meio de fluxo transportado (galerias e tubulações) ou através da infiltração de água da chuva. Tratando especificamente da água da chuva, como já explicitamos, esta poderá infiltrar ou ser conduzida à subsuperfície por estruturas de captação, e é nesse momento que retomaremos a discussão iniciada anteriormente a respeito das condições de conservação e manutenção dessas estruturas.

De modo que, caso estas estruturas apresentassem condições de pleno funcionamento e manutenções preventivas, baixos seriam os riscos de elas desencadearem um processo de formação de piping antropogênico, uma vez que o fluxo ficaria enclausurado no interior das tubulações ou galerias e seria direcionado até o local de interesse. Porém, é bastante comum a existência, de galerias em estado precário de conservação e tubulações antigas, fato este que contribui que ocorra o vazamento do fluxo hídrico conduzido por estas estruturas. Ou seja, o aporte hídrico necessário para o início de um processo de formação de piping antropogênico, poderá ocorrer pela falha nas estruturas que conduzem a água pluvial, ou por danos em adutoras que transportam a água de reservatórios e até mesmo em tubulações de esgotamento sanitário.

Dada a entrada do fluxo hídrico nesse sistema, os processos erosivos serão desencadeados e ao que diz respeito a formação de pipe antropogênico, é possível,

distinguir dois momentos iniciais, sendo um a partir da infiltração da água no solo e outro pela fuga de fluxo hídrico a partir das estruturas localizadas em subsuperfície.

Estas estruturas terão papel primordial no desenvolvimento do processo de piping antropogênico, pois, conforme já discutido no início deste tópico, o piping espontâneo (“natural”), se desencadeará a partir de uma interação entre o fluxo hídrico infiltrado, o seu volume e as características físico-químicas do solo em questão. Já na formação do pipe antropogênico, devemos levar em consideração a interface estrutura antrópica e o material alterado ali existente (solo retrabalhado e recolocado naquele setor para viabilizar a instalação da própria estrutura). Esta preocupação se dá pelo fato desta interface se tornar um direcionador do fluxo hídrico em subsuperfície, uma vez que o material retrabalhado que circunda a estrutura apresenta características distintas do solo “original” do local, apresentando pontos particulares que propiciam uma melhor condução deste fluxo, por exemplo uma maior quantidade de vazios.

Dada essa característica, ao atingir estas zonas, o fluxo hídrico seja ele oriundo da infiltração a partir de áreas permeáveis ou devido vazamentos nas estruturas de condução, tenderá a se movimentar preferencialmente por essa zona dotada de drenagem mais favorável, e é devido a esse caminho preferencial que o processo de piping antropogênico passa a ter maior suscetibilidade de ocorrência.

Haja visto que o um fluxo hídrico volumoso, independentemente de sua origem, será dotado de um potencial erosivo e passará a desagregar e carrear partículas do material em questão, dando origem a pequenos dutos, que evoluirão de acordo com o período de aporte do fluxo hídrico, o qual poderá ser limitado pela duração do evento de precipitação,

ou o que é mais grave, até o momento que o dano que ocasionou o vazamento na estrutura seja percebido.



Figura 26 - A imagem retrata um pipe (duto) antropogênico situado por sobre a tubulação de esgotamento sanitário

É este último que tem ocasionado prioritariamente o surgimento dos processos de piping antropogênico no município de Uberlândia (MG). No entanto, podemos utilizar o exemplo do pipe localizado na Av. Suíça (Fig. 26), que traz a junção das duas possíveis causas em um mesmo processo, ou seja a contribuição hídrica por infiltração no solo e por dano na estrutura de condução do fluxo.

É possível notar observando a figura 26 a existência de um pipe antropogênico (destacado pelo retângulo) situado por sobre a tubulação de esgotamento sanitário (destacada pela seta). O cenário indica que a montante houve a infiltração de água no solo, a partir de descontinuidades no asfaltamento ou mesmo por fissuras nas galerias de

água pluvial, ao passo que ao atingir a zona de contato entre o material retrabalhado e a tubulação de esgotamento sanitário, o fluxo passou a escoar por sobre esta superfície e erodir gradativamente o material do entorno. Em dado momento devido a declividade do trecho da avenida ($\cong 8\%$) o fluxo hídrico passa a erodir a parte inferior da tubulação, acarretando a perda de sustentação, causando a ruptura da mesma. Nesse momento o processo erosivo deixa de ser condicionado exclusivamente pela existência de um evento de precipitação que fornece água ao sistema, pois, dado o rompimento da tubulação, o fornecimento de água passa a ser contínuo e com maior concentração. Esta maior concentração, gerou maior retirada de material, fato que proporcionou o colapso da camada superior de material / solo situada na sessão que continha a tubulação de esgotamento sanitário, restando somente a camada asfáltica, que não cedeu devido a largura da sessão não ter grandes proporções ($\cong 1\text{m}$).

Outra questão que já foi colocada e é passível de ser visualizada no processo erosivo em questão é a existência da diferenciação entre os materiais que compõe a zona onde estão inseridas as estruturas antrópicas em subsuperfície. A figura 27 expõe a visível diferença entre os pacotes de material que compõe a área em questão.

No pacote superior é possível notar a grande presença de cascalho juntamente com agregados de granulometrias menores, formando o que é definido nas obras de engenharia para construção de estradas arruamentos de “Base” (BERNUCCI et al., 2010). Esse agregado de materiais tem por intuito dar sustentação ao pavimento asfáltico, e são dotados de determinadas características de dureza e permeabilidade.

Ou seja, ao analisar conjuntamente as figuras 26 e 27 é possível verificar que o processo

que deu origem ao pipe antropogênico, teve início e se desenvolveu exatamente na interface do material (Base) com a parte superior da tubulação de esgotamento sanitário, ratificando as colocações que haviam sido apresentadas anteriormente, na oportunidade que foi apresentado o comportamento e o trajeto preferencial do fluxo hídrico em subsuperfície, relacionado ao processo de formação de piping antropogênico.



Figura 27 - Diferenciação entre os pacotes de material onde está inserida a tubulação de esgotamento sanitário.

Seguindo essa mesma dinâmica de formação, listaremos outros processos de piping antropogênico que foram analisados para a presente pesquisa. Cabe ressaltar que todos os exemplos a seguir se originaram a partir de falhas estruturais, fato este que reafirma a importância dos controladores estruturais e sua relação com os processos antropogênicos induzidos.

Visando complementar as discussões conceituais a respeito dos processos de formação de piping antropogênico, traremos outras ocorrências desse fenômeno geomorfológico que foram observadas no município de Uberlândia. Dentre as ocorrências de piping antropogênico que complementarão a discussão, devemos salientar que três delas geraram

acidentes com vítimas e danos materiais aos envolvidos, fato este, que reforça a necessidade de uma melhor compreensão da dinâmica dos processos antropogênicos induzidos. Pois, ao ocorrerem em adensamentos urbanos, muitas serão as possibilidades de desencadear impactos negativos, como acidentes, danos patrimoniais, desabastecimento temporário de água, interrupção de fluxo viário, entre outros.

Desse modo, apresentaremos nesse momento três ocorrências de piping antropogênico que ocasionaram acidentes no município de Uberlândia (MG). Estes são os processos de piping antropogênico no cruzamento da Av. Rondon Pacheco com R. Da Carioca; Av. Rondon Pacheco esquina com R. Rio Grande do Sul; e Av. Getúlio Vargas na altura do número 900 (Fig. 28).

O pipe antropogênico que se originou no cruzamento da R. Da Carioca com a Av. Rondon Pacheco e os demais exemplos que serão apresentados seguem a mesma dinâmica de formação do processo de piping ocorrido na Av. Suíça, ou seja, desenvolveram-se a partir de falhas nas estruturas antrópicas existentes. No entanto o pipe da R. Da Carioca tem uma peculiaridade que exemplifica uma questão que já foi por diversas vezes salientada na presente pesquisa, que são os impactos gerados pelos processos antropogênicos induzidos frente as populações residentes nos centros urbanos.

A Av. Rondon Pacheco conforme mencionado no início do presente tópico, possui um alto nível de interferência antrópica, fato este que pode soar estranho, haja visto que por se tratar de uma obra de engenharia, a mesma não poderia ser dotada de outro caráter que não este. Porém, quando é indicado forte caráter antrópico na avenida em questão, refere-se a sua inserção na paisagem, haja visto, que sua inserção se dá em um fundo de vale, onde está localizado o leito de um córrego canalizado. Portanto é sabido que este local é dotado de

características naturais que não seriam as mais indicadas para a implantação de uma infraestrutura de dada proporção.

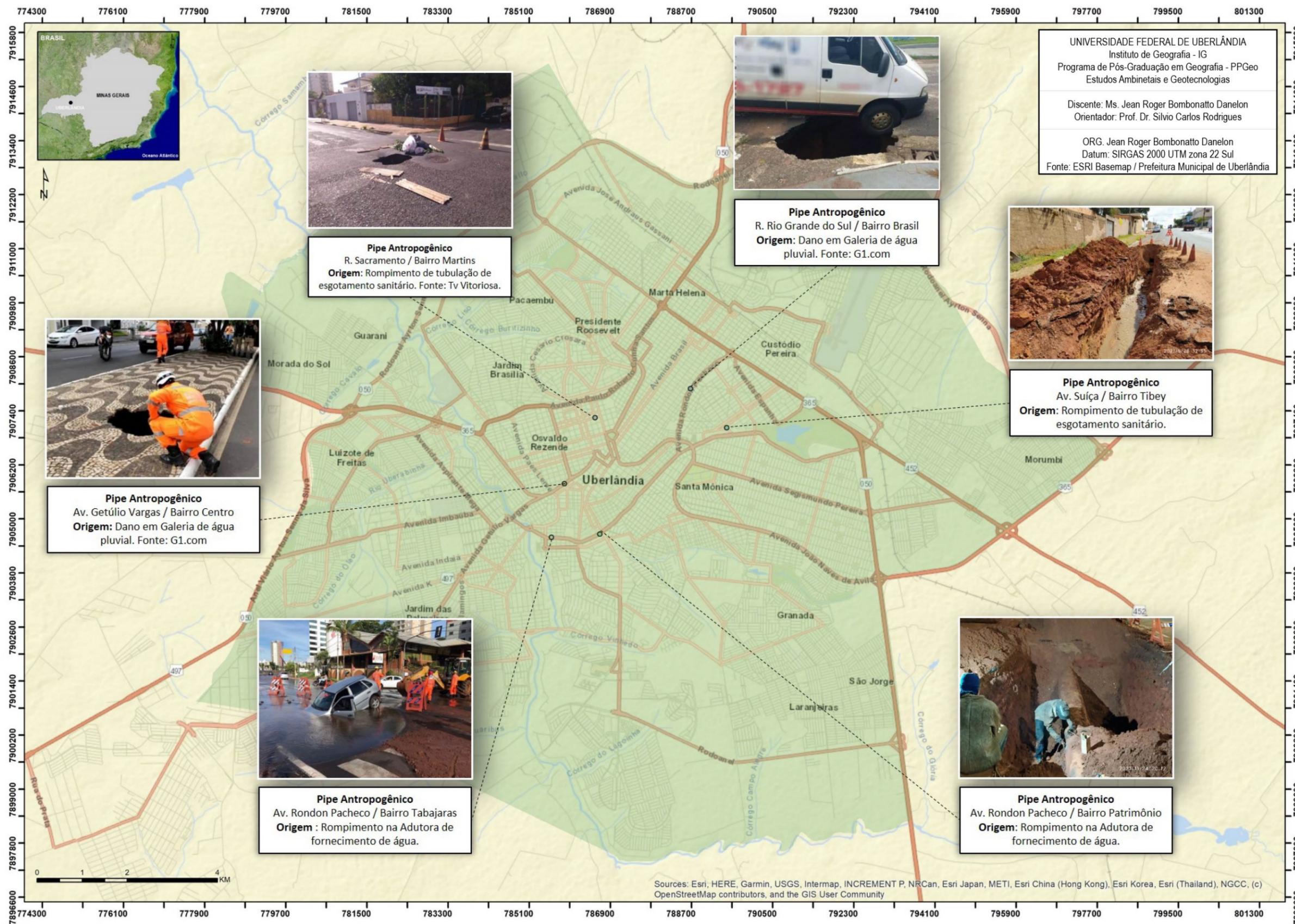


Figura 28 - Processos de Piping Antropogênico no município de Uberlândia que foram apresentados na pesquisa.

De modo que, os fatores envolvidos vão desde características pedológicas atreladas a solos com caráter orgânico / hidromórfico, definidos com alta permeabilidade na fração argila em profundidades que variam de 10 à 40 centímetros, situadas sobre o substrato rochoso (NISHIYAMA, 1998; CAIXETA, 2017; CAIXETA et al., 2019). O que favorece a movimentação do fluxo hídrico em subsuperfície, contribuindo para o desenvolvimento de um processo de piping que venha a ocorrer na área, assim como se deu no caso em questão.

Também existem questões relativas a própria variação freática vinculada a existência do canal fluvial no local, existindo uma dinâmica de fluxo hídrico em subsuperfície, podendo ser ascendente e descendente (infiltração e percolação) ou horizontal (fluxo hipodérmico). Vale ressaltar que em situações de precipitação prolongada, o fluxo subsuperficial pode saturar as camadas superficiais do solo, retornando a superfície, caracterizando o fenômeno denominado de fluxo de retorno (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

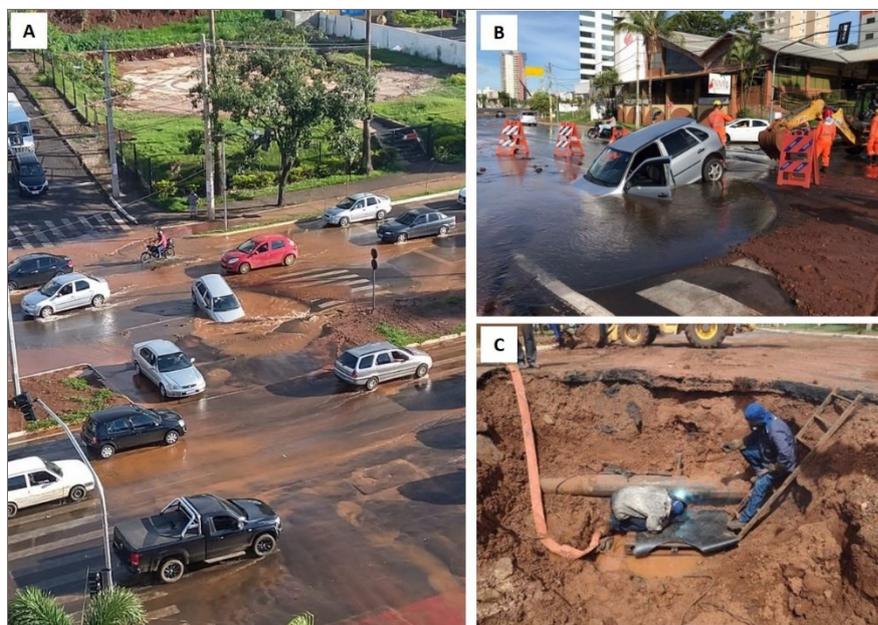


Figura 29 – [A] Tomada aérea do processo de piping antropogênico da R. Da Carioca. [B] Nessa imagem é possível verificar o veículo dentro da cratera formada pelo colapso da camada asfáltica e notar que devido o rompimento da adutora secundária de abastecimento de água, rapidamente a cratera foi preenchida pelo fluxo hídrico. [C] Técnicos do DMAE (Departamento de Água e Esgoto) realizando a manutenção da adutora de fornecimento de água. Fonte: Diário de Uberlândia e Portal G1 Notícias.

O processo de piping antropogênico ocorrido no cruzamento da R. Da Carioca com a Av. Rondon Pacheco ratifica o que foi mencionado anteriormente, a respeito dos impactos negativos que são gerados a partir da existência de processo antropogênicos induzidos em meios urbanizados. Na figura 29 [A] que apresenta uma tomada aberta do local do ocorrido, é possível identificar vários impactos gerados pelo pipe, que vão desde os danos ao erário público representados pelo colapso da cobertura asfáltica, somado ao rompimento da adutora de fornecimento de água, que por si só já configura um impacto significativo, uma vez que seu dano acarreta a interrupção do fornecimento de água a vários setores de bairros do município. Também é explícito o comprometimento do fluxo de veículos, haja visto que a Av. Rondon Pacheco é um dos principais ramais de trânsito do município, de modo que este trecho da via está localizado a poucos quarteirões de um importante gargalo de trânsito do município, que é a “Ponte do Praia Clube”, que realiza a ligação da Av. Rondon Pacheco e Av. Silvio Rugani, responsável por dar acesso a vários bairros das regiões Sul e Oeste de Uberlândia. Portanto, é inegável que a existência dos processos antropogênicos induzidos em meios urbanizados, impacta significativamente o pleno funcionamento dos serviços existentes nessas localidades, sejam estes públicos ou de caráter privado (comércio e serviços). Pois, uma vez comprometidos os sistemas de abastecimento de água e parte dos sistemas viários, muitas dessas atividades serão inviabilizadas, ou comprometidas.

E dentre os impactos já mencionados, ainda não consideramos o dano à terceiros, neste caso representado pelo usuário da via que teve seu veículo danificado, uma vez que o mesmo ao transitar pela via em questão, foi tragado pela cratera que se formou no local, devido ao colapso da camada asfáltica. Reiterando, que o colapso da camada asfáltica

se dá a partir do momento que esta não possuiu mais a sustentação do material base que a sucedia, fato que ocorreu devido a erosão gerada pelo pipe antropogênico que se desenvolveu no local a partir do vazamento na adutora secundária de abastecimento de água. Vazamento este que deu início ao processo erosivo, desagregando e conduzindo partículas do material localizado em subsuperfície juntamente com o fluxo hídrico, dando origem ao referido processo de pipe antropogênico, que devido ao aporte ininterrupto de fluxo hídrico, passou a ganhar diâmetro ao ponto de gerar o colapso da camada superficial devido a ausência de sustentação ocasionada pelo duto, conforme supracitado. Desse modo, além de arcar com os custos referentes aos reparos da via e da adutora, o poder público se vê na posição de arcar com os danos que um processo dessa magnitude pode acarretar à terceiros, sob pena de ocorrência de litígio judicial caso negligencie tal acontecimento.

Logo, a compreensão da importância dos processos antropogênicos induzidos é algo que não deve ser subjugada, haja visto que seus impactos podem atingir grandes proporções, comprometendo tanto as estruturas que compõe os adensamentos urbanos, quanto as populações que ali desenvolvem suas atividades. É com o intuito de fomentar a discussão a respeito destes processos que o presente estudo segue expondo alguns fenômenos geomorfológicos ocorridos no município de Uberlândia, que a partir da metodologia apresentada na tese, foram classificados como processos antropogênicos induzidos e tendo sua gênese, desenvolvimento e impactos apresentados e discutidos, na busca de melhorar o entendimento a respeito de suas dinâmicas. Pois, será a partir do melhor entendimento desses processos que poderão ser tomadas decisões mais acertadas a respeito dos mesmos, buscando mitigá-los ou até mesmo evitá-los.

Visando demonstrar a recorrência do processo de piping antropogênico atrelado aos controladores estruturais situados em subsuperfície, apresentaremos o pipe localizado na R. Rio Grande do Sul no cruzamento com a Av. Rondon Pacheco (Fig. 30). Vale destacar que o local deste processo embora também carregue parte das características atreladas a área de construção da Av. Rondon Pacheco, o mesmo se encontra situado a aproximadamente 5 quilômetros a montante do pipe da R. Carioca com a Av. Rondon Pacheco apresentado anteriormente (Fig. 30).



Figura 30 - Veículo de transporte preso em cratera originada por processo de piping antropogênico na R. Rio Grande do Sul cruzamento com Av. Rondon Pacheco. **Fonte:** Portal G1 Notícias.

Este processo de piping antropogênico, se desenvolveu a partir de danos existentes na coletora de água pluvial (bueiro). O início do processo erosivo foi análogo ao ocorrido na R. Haia, o qual foi apresentado no capítulo a respeito da formação de ravinas e voçorocas de origem antropogênica, naquela situação foi desencadeado um processo de voçorocamento, dada as características do fluxo (escoamento superficial) da área,

somado às características morfológicas e aos controladores estruturais lá existente, neste caso em questão, os fatores preponderantes para a formação do pipe foram, a existência do fluxo e as falhas estruturais na galeria.

Vale realizar uma diferenciação pertinente do processo de piping antropogênico da R. Rio Grande do Sul frente aos demais processos de piping já apresentado no trabalho, uma vez que os processos supracitados se desenvolveram parcial ou integralmente a partir da contribuição de fluxo hídrico originário de vazamentos oriundos dos controladores estruturais, tenham sido estas tubulações de esgotamento sanitário ou abastecimento de água. Nesse momento temos um processo de piping antropogênico que recebeu como carga energética apenas a contribuição do escoamento proveniente de um evento de precipitação, haja visto que na ausência do mesmo as galerias não são dotadas de fluxo hídrico perene.

Desse modo, dada localização onde se deu processo erosivo, posicionado na parte baixa da vertente já no contato com o fundo de vale (Av. Rondon Pacheco), houve um significativo acúmulo do escoamento superficial, devido as condições topográficas do local e à contribuição do padrão de arruamentos servindo como direcionador do fluxo precipitado nos setores da alta vertente. Seguindo uma tendência natural, o escoamento passou a ser drenado pelos sistemas de galeria pluvial, devido a existência dessa estrutura no local. Ao passo que o fluxo é capturado pela galeria, o mesmo passa a turbilhonar no interior da caixa coletora, que tem o intuito de aprisionar o escoamento momentaneamente enquanto as tubulações dão vazão ao mesmo de acordo com a capacidade de volume de descarga atrelado ao diâmetro da manilha.

É nesse contexto de recebimento e destinação do escoamento que a estrutura coletora da galeria pluvial passa a ter um papel efetivo na ocorrência ou não da formação de um processo erosivo antropogênico. Pois, caso a composição da galeria pluvial, seja ela a caixa coletora ou as tubulações de vazão, se encontrem em boas condições estruturais, o escoamento tende a ser coletado e conduzido até os dissipadores ou áreas de descarga desse fluxo. No entanto, se estas estruturas possuírem, rachaduras, trincas ou descontinuidades construtivas que propiciem a infiltração do fluxo hídrico, ao ponto de este atingir o material (solo) externo a estrutura, impreterivelmente ocorrerá a formação de um processo erosivo, o qual poderá ser dotado de maior ou menor expressividade de acordo com as características, morfológicas do local, padrão dos materiais constituintes e a intensidade e distribuição do fluxo hídrico ao longo do tempo.

Ao analisar o processo piping antropogênico ocorrido na R. Rio Grande do Sul é possível inferir que a galeria em questão apresentava falhas estruturais, uma vez que, o fluxo hídrico contido no interior da caixa coletora, passou a erodir a área imediatamente adjacente à coletora de água pluvial (Fig. 30). O extravasamento do fluxo hídrico por possíveis fissuras existentes na caixa coletora, passou a provocar o fenômeno de retirada de partículas menores que compõe o material base que dá sustentação ao pavimento asfáltico, denominado de bombeamento de finos (BERNUCCI, 2010). Ou seja, passa ocorrer em um processo erosivo em subsuperfície, configurando a erosão por piping. Nesse momento, devemos novamente nos ater a importância do volume e duração da contribuição do fluxo hídrico, uma vez que, terão estas participação efetiva no nível de evolução desenvolvido pelo processo de piping.

Caso o evento de precipitação ocorra por um período extenso, o aporte hídrico por meio

do escoamento superficial continuará a contribuir para a evolução do processo erosivo. Ou, caso o evento apresente curta duração, findado o aporte hídrico, interrompe-se temporariamente o processo de erosão hídrica, o qual poderá ser reativado assim que se iniciar outro evento chuvoso que gere escoamento.

Dadas as características apresentadas pela feição oriunda do processo de piping antropogênico desenvolvido na R. Rio Grande do Sul no contato com a Av. Rondon Pacheco, concluímos que o evento de precipitação que desencadeou o processo foi dotado de curta duração, porém alta intensidade, haja visto a necessidade de um significativo volume de escoamento superficial, para gerar o turbilhonamento desse fluxo no interior da coletora, pois em volumes insignificantes o fluxo seria conduzido pela galeria sem que ocorressem maiores danos. No entanto, os danos acarretados foram significativos, ao ponto do processo de piping propiciar a retirada de um grande volume de material particulado, que gerou uma subsidência no pavimento asfáltico e seu posterior colapso. Colapso esse, que se deu devido a carga aplicada a camada asfáltica por um veículo de transporte que trafegava na via.

Ao analisar a feição gerada pelo processo de piping caracterizada por uma cratera de padrão circular, é possível colocar que a topografia plana do setor onde ocorreu o processo, atrelada ao tempo de duração do evento de precipitação, contribuíram para que o processo erosivo ficasse limitado a área adjacente a coletora de água pluvial, não se estendendo em outras direções. No entanto, cabe ressaltar que, caso o processo não tivesse sido contido por obras de manutenção, o mesmo passaria a se expandir assim que houvesse novamente a contribuição de uma nova carga de fluxo hídrico.

O trecho anterior destaca a importância da agilidade da manutenção dos danos gerados pelo processo erosivo em questão, visando impedir que tal feição se desenvolvesse adquirindo maiores proporções. Porém, já pontuamos em outro momento no presente trabalho, que obras executadas logo após a ocorrência de processos antropogênicos induzidos no município de Uberlândia, não haviam surtido o efeito desejado. O fato que não torna essas duas colocações dicotômicas, pois, está pautado no entendimento da dinâmica dos processos antropogênicos induzidos, haja visto que será o domínio que a equipe técnica possua a respeito de tal temática, que fará com que as medidas tomadas não sejam em vão, conforme o exemplo do processo de voçorocamento da R. Haia por nós apresentado, no qual as obras de contenção não apresentaram eficácia.

Ter condições para interpretar uma feição erosiva de caráter antropogênico é uma ferramenta primordial para a realização de tomadas de decisão acertadas, no que diz respeito às obras de manutenção e contenção destes processos. Pois, assim como já colocamos anteriormente é imprescindível levar em consideração o papel dos influenciadores e controladores estruturais inseridos na paisagem devido sua interface junto aos processos antropogênicos induzidos, ao passo que, ao negligenciá-los poderemos comprometer uma série de ações relativas à mitigação e contenção das feições antropogênicas existentes nas áreas urbanizadas, confluindo em uma perda de tempo e recursos.

Ou seja, o tempo de início de uma obra de reparo ou contenção de um processo antropogênico induzidos não é o ponto principal que levará ao sucesso da ação / obra, mas sim o entendimento de como esse processo se dá, com destaque importante a sua

interação com os componentes antrópicos das paisagens.

Dando desfecho aos processos de piping antropogênico que ocasionaram incidentes com vítimas, apresentaremos um processo de pipe antropogênico atrelado novamente a um dano estrutural de uma galeria de água pluvial. Esse fato teve especial destaque nos meios de comunicação, pois, houve o registro por câmeras de vigilância existentes na Av. Getúlio Vargas, local onde ocorreu o processo. As câmeras flagraram o momento exato em que ocorreu o colapso da superfície do calçamento do canteiro central da avenida em questão, o qual foi desencadeado no momento em que uma pedestre passou por sobre o processo de pipe antropogênico que já havia retirado significativa quantidade de material em subsuperfície, provocando a queda da pedestre no interior da cratera (Fig. 31).

A Av. Getúlio assim como a Av. Rondon Pacheco também se encontra instalada por sobre um curso d'água, o Córrego Cajubá, o qual passou por processo de canalização durante a escalada da expansão urbana no município. Coccozza e Oliveira (2013), colocam que:

A canalização do córrego Cajubá marca o início da transformação dos cursos d'água em infraestrutura viária em Uberlândia. O córrego dá lugar à avenida Rio de Janeiro (atual Getúlio Vargas), e, assim, os fundos de vale deixam de ser barreiras e começam a ser incorporados ao tecido urbano – de forma equivocada, mas transformando definitivamente a paisagem da atual região central

O apontamento realizado por Coccozza e Oliveira (2013), quanto ao caráter equivocado da intervenção antrópica sofrida pelo Córrego Cajubá, mostra-se completamente acertado, pois, não somente as contribuições teóricas a respeito dos processos de ocupação dos fundos de vale e seus impactos negativos validam tal colocação, como também as implicações práticas desencadeadas por esta ocupação, como inundações,

escoamento de alta difusão e processos erosivos, a exemplo do pipe antropogênico o qual estamos apresentando.



Figura 31 – [A] Imagem da cratera gerada pelo colapso do passeio público. [B] pedestre sendo resgatada pela Polícia Militar e Profissionais socorristas. [C] pedestre após a queda no interior da cratera gerada pelo processo de piping antropogênico. [D] Equipe do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto realizando as obras de reparo no local de ocorrência do processo erosivo. **Fonte:** Portal G1 Notícias.

Ao analisar da figura 31 [B, C e D] é possível ter dimensão das proporções da cratera gerada pelo processo erosivo, pois a área da mesma permitia que a pedestre pudesse ficar de pé juntamente com o socorrista, de modo que praticamente todo o corpo de ambos se encontrava no interior da feição. E ratificando um fato que já foi exposto a respeito dos processos de piping antropogênico, na imagem 30 [D] onde a equipe do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto realiza os reparos necessários para retomar o fluxo normal ao setor afetado, é possível notar que a área da feição em subsuperfície se revela significativamente maior ao passo que é realizada a retirada a camada superficial do passeio público. Camada esta que só se encontrava intacta devido seu caráter de cimentação pelo processo de construção do calçamento, haja visto que o

processo erosivo já havia contribuído com a retirada do material de base localizado abaixo do calçamento.

Ainda percorrendo a respeito dos processos de piping antropogênico daremos desfecho ao presente tópico apresentando outras duas ocorrências desse processo registradas no município de Uberlândia, uma foi registrada no bairro Martins, no cruzamento da Av. Sacramento com R. José Andraus e outra se deu em um outro trecho da Av. Rondon Pacheco no bairro Altamira.



Figura 32 - Processo de piping antropogênico atrelado a estrutura de saneamento no cruzamento da Av. Sacramento com R. José Andraus no bairro Martins. **Fonte:** Tv Vitoriosa.

Pode-se afirmar que o processo de piping antropogênico que se desenvolveu no cruzamento da Av. Sacramento com R. José Andraus (Fig. 32) é similar ao ocorrido na Av. Suíça no bairro Tibery, uma vez que ambos estão atrelados a danos construtivos de estruturas de saneamento. O pipe da Av. Sacramento se encontra localizado na área central da via, ao lado do ramal que liga as tubulações de esgotamento sanitário da

referida avenida e da R. José Andraus. Nesse processo, também temos como ponto inicial a contribuição hídrica a partir de um dano estrutural que acarretou o vazamento do fluxo que veio a desencadear o processo de pipe antropogênico. Novamente, o fluxo contínuo gerado pela falha na estrutura de saneamento, gerou a retirada gradativa de material em subsuperfície até atingir o ponto de colapso da camada superficial, caracterizada pelo pavimento asfáltico. Fato este que reforça o fator “surpresa” característico dos processos de piping antropogênico em áreas urbanizadas, uma vez que estes passam a ser notados somente após a ocorrência do colapso da superfície, quando o pipe gera o surgimento de uma cratera, que em algumas situações pode inclusive ser definida como um processo de voçorocamento antropogênico. Seguindo assim, uma dinâmica evolutiva pipe – ravina / voçoroca, a depender das características do local de ocorrência. Dinâmica esta que é defendida por autores como Beckedahl e Dardis (1988) e Jones (1987) que apontam uma “estreita correlação entre a formação de voçorocas e a ação dos piping”, embora tal comprovação não seja algo facilmente realizada, dado o caráter de posicionamento subsuperficial da feição (AUGUSTIN e ARANHA, 2006, p.10).

Neste contexto, é possível suscitar uma discussão futura a respeito dessa relação, que aparentemente nos processos antropogênicos induzidos segue uma lógica análoga aos processos espontâneos / naturais, no que diz respeito a influência dos processos de piping no surgimento de ravinas e voçorocamentos.

Procurando dar desfecho ao presente capítulo, abordaremos o processo de pipe antropogênico ocorrido em um trecho da Av. Rondon Pacheco na altura do bairro

Altamira. Atribuímos a esse processo de pipe antropogênico significativa relevância uma vez que o mesmo está atrelado a um vazamento em uma das principais adutoras de água potável do município (Fig. 33). Esta estrutura é um ramal de ligação do sistema de captação “Bom Jardim” gerido pelo DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto, responsável pelo fornecimento de água aos bairros, Altamira, Copacabana, Doma Zulmira, Daniel Fonseca, Fundinho, Jardim Brasília, Jaraguá, Lídice, Maracanã, Morada da Colina, Patrimônio, Saraiva, São José, Tabajaras, Taiaman, Vigilato Pereira e adjacências.

Portanto é inegável, que qualquer dano que comprometa esta estrutura em questão, impactará diretamente a qualidade de vida da população. E devemos reafirmar, que o impacto ocasionado por tal processo, envolve os transtornos acarretados pela interrupção do fornecimento de água; compromete o escoamento de tráfego, haja visto que a Av. Rondon Pacheco já foi apresentada como um dos mais importantes corredores de fluxo de veículos do município; e também pode ocasionar acidentes que envolvam vítimas, devido as alterações na morfologia do terreno no local onde o processo de piping antropogênico está se desenvolvendo, assim como já apresentado no presente trabalho.

O processo de piping antropogênico da Av. Rondon Pacheco na altura do bairro Altamira, não gerou nenhum acidente com vítimas, haja visto que ao passo que o pipe passou a favorecer o bombeamento de finos (desagregação e transporte) em subsuperfície, o que gerou a subsidência no pavimento asfáltico, alterando a morfologia da via. Devido as suas características de via arterial de alto fluxo, a Av. Rondon Pacheco apresenta um pavimento asfáltico contínuo sem a presença de imperfeições grosseiras e

descontinuidades (falhas e buracos), fato que contribuiu para que a referida subsidência (afundamento) fosse rapidamente notada pelos usuários da via e posteriormente reportada às autoridades de trânsito que procederam com o isolamento do setor.



Figura 33 – [A] Retrato das vias comprometidas pela obra de contenção do vazamento da adutora; [B] Técnicos do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto realizando a contenção do vazamento; [C] Imagem aproximada do processo de soldagem, da adutora; [D] tomada geral, contextualizando a amplitude da obra e os recursos técnicos necessários para a execução da mesma.

Após a identificação da alteração na superfície da via, a equipe técnica do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto, identificou que tal acontecimento, estaria atrelado a um possível dano na estrutura de condução de água (adutora) localizada naquele ponto da via. Vale ressaltar que por ter conhecimento de onde estão localizadas as infraestruturas de fornecimento de água e esgotamento sanitário, o órgão gestor tem maior facilidade em pontuar a possível causa de tal processo, devido a este

conhecimento e também pelo histórico de casos que envolvem danos em estruturas desse tipo na avenida em questão. Alguns destes casos foram por nós apresentados, porém, também existem outros que não tem relação com os processos antropogênicos induzidos, a exemplo do rompimento da mesma adutora causado por uma obra de manutenção desenvolvida pelo próprio DMAE no mês de novembro de 2020 (Fig.34).



Figura 34 – [A] Extravasamento do fluxo pela fissura gerada acidentalmente na obra de manutenção; [B] Destaque para a fissura que gerou o extravasamento; [C] Reparo realizado pela equipe de manutenção do DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgoto. **Fonte:** Portal G1 Notícias.

Quanto à morfologia do processo de piping antropogênico em questão, é possível inferir que o mesmo por estar em fase inicial, não chegou a gerar o colapso da camada superficial do pavimento asfáltico, uma vez que o processo ainda se limitava à remoção e carreamento das partículas de material desagregado em subsuperfície. Fato este que poderia facilmente ter evoluído para um processo similar ao apresentado anteriormente que retratou o pipe antropogênico da R. Da Carioca, que devido um maior período de

evolução, foi capaz de gerar uma cratera suficientemente grande ao ponto de comportar um veículo de passeio no seu interior.

A existência de feições de menor ou maior proporção em subsuperfície nos ambientes urbanizados se apresentam como um ponto importante a ser entendido e discutido, haja visto que os impactos que as mesmas podem acarretar extrapolam as perdas materiais e o comprometimento do planejamento. O fato destes processos estarem até certo momento ocultos na paisagem urbana, deve provocar no poder público, representado pelos órgãos ambientais de planejamento (municipais, estaduais e federais) uma maior preocupação, uma vez que não se faz possível um monitoramento em tempo real dos processos, assim como é possível realizar nas feições superficiais como ravinas e voçorocas.

Ou seja, o conceito de processos antropogênicos induzidos e sua relação com os influenciadores e controladores estruturais, traz um novo olhar técnico aos processos erosivos ocorrentes nos meios urbanizados, buscando relacionar e compreender o surgimento e o desenvolvimento desses processos de uma maneira mais específica, atribuindo a eles características e particularidades que possibilitarão uma melhora na forma de lidar com os mesmos. Pois, analisar a paisagem urbana, sem que se leve em consideração os seus componentes, não proporciona ao agente que está desempenhando esta análise um pleno ou adequado entendimento de como se dão as relações ali desenvolvidas. E quando tratamos de processos erosivos, devemos nos atentar a sua alta complexidade, uma vez que os processos erosivos trazem consigo uma gama de fatores que interagem entre si e condicionam sua maneira de desenvolvimento.

Desse modo, quando é levada em consideração a cobertura vegetal existente em uma área e como esta interceptará a precipitação, diminuindo a energia cinética da gota e conseqüentemente sua capacidade de desagregação de partículas de solo, também se deve ter o entendimento de como a impermeabilização do solo e a composição dos materiais utilizados atuarão nesse caminho da precipitação até atingir a superfície do relevo urbano. E ao atingi-lo, pensar qual será o caminho por ele adotado, pois em um ambiente natural sabemos que o volume de precipitação que não foi capturado pela vegetação arbórea e arbustiva será direcionado até o solo por meio dos fluxos de tronco e a partir daí se dará o processo de infiltração, ou escoamento superficial, dadas as condições de saturação e carga hidráulica do solo em questão.

Já nos ambientes urbanizados, como se dão essas questões? De maneira simplista entendemos que as estruturas antrópicas (edificações) também poderão capturar parte da precipitação, e outra quantia, escoará pelas edificações ou será conduzida por estruturas como calhas e rufos até a superfície do relevo. Superfície esta, que se encontrará modificada no que diz respeito a sua cobertura (impermeabilização do solo) e sua morfologia original (RODRIGUES, 2005; GOUVEIA, 2010), recebendo o fluxo hídrico e o conduzindo a partir de infraestruturas, como valas / valetas e sarjetas, até que o mesmo alcance as por vezes inexistentes galerias de água pluvial, que nesse momento, levarão o fluxo hídrico a um outro estrato da paisagem, que é a subsuperfície.

Em subsuperfície, deveríamos nos ater as características pedológicas e como estas interagem com fluxo hídrico, mas se tratando de ambientes urbanizados é necessário considerar que em muitas situações não teremos no local efetivamente um solo, dotado

de suas características naturais intrínsecas, mas sim, um solo total ou parcialmente alterado ou até mesmo materiais heterogênicos, caracterizados por aterramentos ou estruturas construtivas, a exemplos da base, sub-base e subleito que compõe as camadas construtivas do pavimento asfáltico (arruamentos e rodovias), como já apresentado anteriormente (BERNUCCI et al., 2010).

Logo, considerar os componentes antrópicos que compõe as paisagens urbanas é um fator essencial para o estudo dos processos antropogênicos induzidos nessas áreas, haja visto que sem este ponto de apoio, a análise dos mesmos se torna insuficiente, fazendo com que ocorra uma generalização, ao ponto de não diferenciar aspectos importantes que distinguem os processos geomorfológicos naturais / espontâneos dos processos antropogênicos induzidos.

Contudo, o presente capítulo apresentou casos de ocorrência de ravinamento, voçorocamento e pipe no município de Uberlândia, os quais foram caracterizados como processos antropogênicos induzidos, a partir da análise guiada pela proposta metodológica proposta na tese. Tal distinção pode contribuir para uma melhor tomada de decisão a respeito desses processos, no que diz respeito a ações de prevenção e contenção dos mesmos.

É com este mesmo intuito que daremos início ao próximo capítulo que abordará a ocorrência de escoamento de alta difusão e inundações no município de Uberlândia, apontando como os influenciadores e controladores estruturais contribuem para a existência e otimização desses processos hidrogeomorfológicos, atribuindo a estas características que os enquadrem como processos antropogênicos induzidos.

CAPÍTULO V

Escoamento de alta difusão e Inundações urbanas, sua relação com a impermeabilização do solo e a ocupação dos fundos de vales. Análise da sua complexidade pela Geomorfologia Antropogênica



CAPÍTULO V

5. Escoamento de alta difusão e Inundações urbanas, sua relação com a impermeabilização do solo e a ocupação dos fundos de vales. Análise da sua complexidade pela Geomorfologia Antropogênica

A relação entre os processos civilizatórios e a ocupação de determinadas áreas do relevo, em especial dos fundos de vale, remonta à períodos remotos, conforme já foi exposto anteriormente, quando foram citados os exemplos de cidades do oriente médio e do continente europeu que na antiguidade tiveram seu desenvolvimento econômico e social atrelados a existência de importantes rios regionais. E de modo geral, por um determinado período inicial, a coexistência cidades e rios se deu através de uma relação harmônica, onde a presença do curso d'água era algo altamente benéfica para aquele aglomerado urbano, que contribuía para ações de saneamento, econômicas e também atuava como instrumento político de poder (KAHTOUNI, 2004; CASTRO, 2020).

No entanto, se faz necessário desmistificar uma falsa ideia que pode ser erroneamente entendida validando que em algum momento a mencionada relação harmônica cidade e rio configurou uma dinâmica mutualista, quando é óbvio que apenas um lado da relação se beneficiava com a existência do outro. Portanto é possível apontar que tal harmonia se sustenta até determinado nível de desenvolvimento alcançado pelo adensamento populacional, ao passo que se torna de certo modo aceitável caracterizarmos a relação das cidades da antiguidade com seus rios de harmônica, uma vez que inicialmente a proporção do impacto negativo gerados por estas cidades era pouco percebido ou

considerado. Além disso, nesse período ainda existia um certo “respeito” à morfologia original dos canais. Respeito este mesmo que ilegítimo, haja visto que à época as condições técnicas que propiciassem alterações significativas na morfologia do relevo eram insipientes, ao ponto de alterar de forma incisiva as características de um sistema fluvial. Logo, os adensamentos populacionais buscavam se adaptar as condições apresentadas pelos cursos d’água, buscando se beneficiar dessas características naturais, em uma fase denominada de “ajustamento e harmonia” (CASTRO, 2020).

Com intuito de compreender e classificar essa complexa relação entre estes representantes da relação Sociedade e Natureza, Saraiva (1999) apresenta níveis de distinção da relação entre cidades e rios, os quais são: temor e sacralização, controle e domínio, degradação e rejeição, recuperação e sustentabilidade e recuperação e restauro.

Embora exista uma divergência quanto a precisão das datas, entende-se que foi no período que engloba o pós-renascimento e o início da revolução industrial europeia (século XVI – XVIII) que a relação entre cidades e rios se intensifica, de modo que a relação passa apresentar um crescente desequilíbrio, onde em busca do desenvolvimento urbano-industrial das cidades, a sociedade passa negligenciar pontos importantes para a conservação dos canais fluviais por elas utilizados.

Portanto, suplantado o nível de “temor e sacralização” representado pelas cidades e populações da antiguidade e idade média, passou-se para o nível de “controle e domínio” o qual entendemos que se consolidou com o início das atividades industriais, sendo substituído pelo nível “degradação e rejeição”, que representa atualmente quase em sua

totalidade os canais fluviais existentes em adensamentos urbanos. Restando poucas exceções que podemos considerar que se encontram nos estágios superiores, onde existem atividades que visem a real recuperação e o uso sustentável dos corpos d'água em questão.

Visando caminhar no sentido da evolução temporal da dinâmica que envolve a apropriação das várzeas dos rios pelos processos de urbanização que moldaram as cidades modernas, devemos indicar alguns pontos históricos importantes que posteriormente foram adotados como padrão no que diz respeito à localização de obras de infraestrutura urbana.

Tratando diretamente das cidades brasileiras, fato que contribuirá para o entendimento do caso apresentado na área de estudo da pesquisa, é necessário indicar a grande influência que o Plano de Avenidas formulado pelo engenheiro e arquiteto paulista Francisco Prestes Maia (1930) teve no atual cenário urbanístico brasileiro. No início do século XX a cidade de São Paulo já enfrentava significativas dificuldades no tangente às questões de planejamento urbano, ao passo que de 1910 a 1930 o município registrou um crescimento populacional de 240%, chegando a atingir uma população próxima de 1 milhão de habitantes (SANTOS, 2005). Com esse cenário o município naquela época já sofria com congestionamentos devido ao estrangulamento do sistema viário, causado pelo adensamento populacional na região central da cidade de São Paulo. E foi visando sanar essas dificuldades que projeto desenvolvido por Francisco Prestes Maia e João Florence de Ulhoa Cintra criou uma malha de avenidas em sistema radiocêntrico de circulação. Onde seus pilares estruturantes eram, o perímetro de irradiação, as avenidas

radiais e as avenidas perimetrais, que margeavam o Rio Tietê (TOLEDO, 2005).

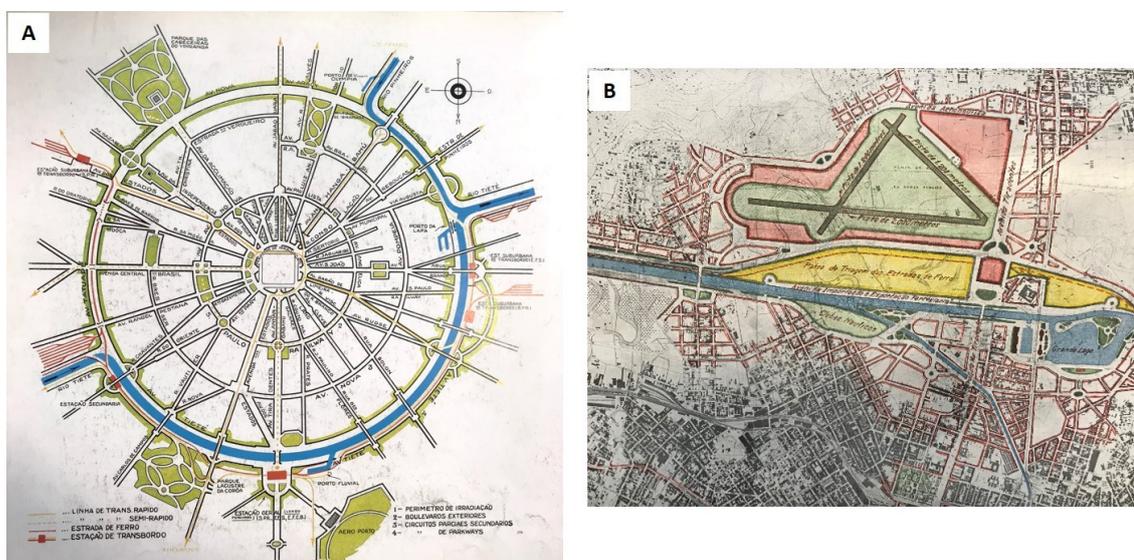


Figura 35 – [A] Esquema Teórico do "Plano de Avenidas", exemplificando seu caráter radiocêntrico de composição viária; [B] Ilustra parte do projeto que indicava a retificação do trecho do Rio Tietê no bairro de Santana, próximo ao atual Campo de Marte na zona Norte da cidade de São Paulo. **Fonte:** TOLEDO, 2005.

Para o momento mencionado, a aposta pela construção de uma série de avenidas visando dar vazão ao fluxo crescente de pessoas e veículos na cidade de São Paulo pode ser considerada como uma ação de sucesso (Fig. 35). Embora já existissem no mesmo período outras propostas de projetos que se baseavam por exemplo na descentralização dos serviços na região central do município, visando diminuir a saturação da mesma, o projeto aplicado foi o de Francisco Prestes Maia e João Florence de Ulhoa Cintra, o qual teve grande influência das ideias do arquiteto estadunidense Daniel Hudson Burnham, responsável por várias obras proeminentes, dentre as quais podemos destacar a elaboração do plano diretor da cidade Chicago / EUA.

É importante salientar que o “Plano de Avenidas” comungava com ideais que vinham na esteira do desenvolvimento econômico da época, baseado principalmente na expansão de malhas viárias e na “opção” pelo uso de automóveis como principal meio de

locomoção nos centros urbanos, em detrimento de opções como trens de superfície e metrô.

Tal introdução a respeito do Plano de Avenidas desenvolvido na cidade de São Paulo no início do Século XX, pode parecer destoar ao tema central da presente pesquisa, no entanto tal exposição é de grande importância para que seja compreendido onde teve início a tendência que influenciou o uso e ocupação do solo urbano na imensa maioria dos municípios brasileiros, e como quase um século após seu florescer como ideia, tal aplicação urbanística ainda influencia os padrões de uso e ocupação atuais. Tamanha é a influência de tal obra para o planejamento urbano que Bonduki (1997) coloca que “quando se fala em anel metropolitano ou se implantam avenidas de fundo de vale, utiliza-se a concepção do Plano de Avenidas”

Nesse momento nos ateremos principalmente a ocupação dos fundos de vale e como tal ação interage com os escoamentos de alta difusão podendo gerar as inundações urbanas ocorrentes no município de Uberlândia. E suscitaremos a reflexão de como a existência destes escoamentos de alta difusão e as inundações possuem caráter antropogênico, dada sua estreita relação as ações antrópicas, que se apresentam como um forte condicionante para a existência de tais processos hidrogeomorfológicos.

Tendo como ponto inicial representativo as já referidas alterações urbanas executadas na cidade de São Paulo, pode-se indicar que tal fato gerou um “efeito dominó”, ao passo que diversos município que buscavam minimizar entraves relativos aos processos de crescimento urbano, passaram a replicar o modelo que havia sido implantado na principal metrópole do país. É preciso salientar que assim como qualquer modelo teórico, a

aplicação do mesmo está sujeita a adequações a partir da realidade presente no local a ser replicado. No entanto, tal reflexão, embora óbvia, em muitos casos foi negligenciada visando atender necessidades latentes de cada município, tendo sobretudo a influência de interesses políticos que são comumente presentes em obras públicas e que acabam gerando impactos futuros negativos, haja visto que quaisquer projetos que não seja regido por preceitos técnicos terá seu resultado alterado de maneira prejudicial.

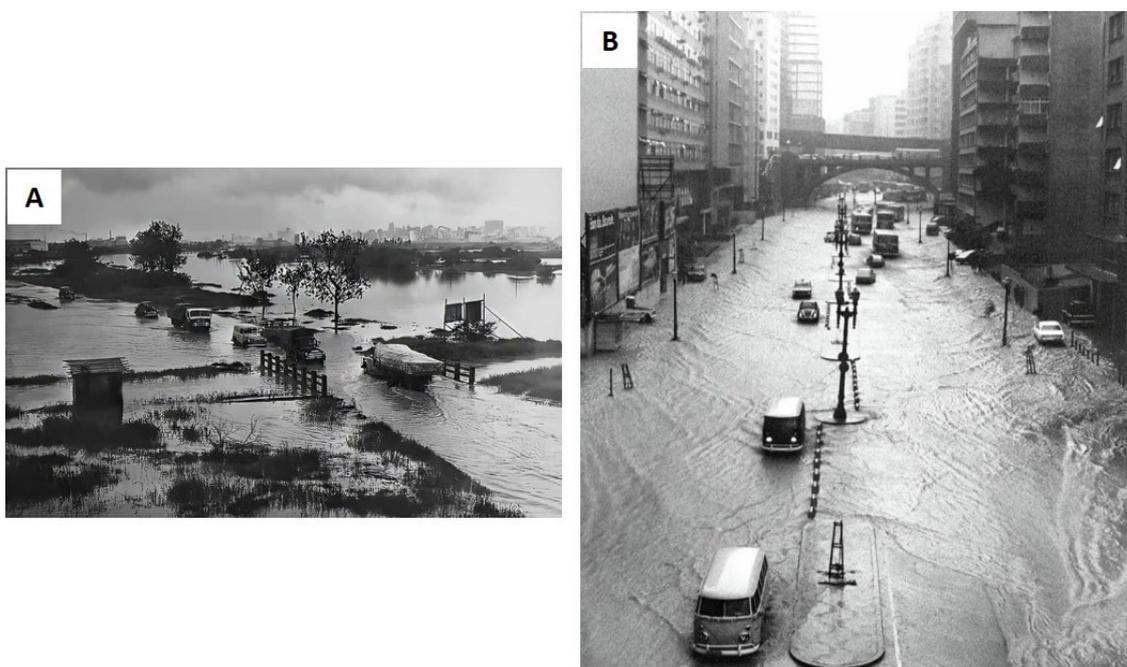


Figura 36 – [A] Imagem ilustra uma inundação na Zona Norte de São Paulo, na Marginal Tietê (Rod. Professor Simão Faiguenboim) no ano de 1960, já após ao processo de retifica o do canal do rio; [B] Inunda o ocorrida no ano 1976 na Av. Nove de Julho, onde vale destacar que a mesma se encontra situada por sobre o Córrego Saracura, um dos muitos cursos d’água da cidade de São Paulo que foram canalizados. **Fonte:** Sampa Raiz / Kenji Honda – Estad o Conteúdo.

O trecho a seguir apresentado por Canholi (2014) retrata bem, a sequência de acontecimentos que estão ligados as altera es urbanas que buscaram modificar os padrões de uso e ocupa o dos fundos de vale nos municípios brasileiros:

Moderadamente, as várzeas dos rios foram incorporadas ao sistema viário por meio das denominadas “vias de fundo de vale”. Para tanto, inúmeros córregos foram retificados e canalizados a céu aberto ou encerrados em galerias, a fim de permitir a constru o dessas vias marginais sobre os antigos meandros. Isso significou que as várzeas, sazonalmente sujeitas ao alagamento, fossem

suprimidas, o que provocou, além da aceleração dos escoamentos, o aumento considerável dos picos de vazão e, por conseguinte, das inundações em muitos casos (CANHOLI, 2014, p. 16).

Tal colocação exposta por Canholi, resume quase que de maneira irretocável o processo de ocupação dos fundos de vale para fins de urbanização, ao passo que impreterivelmente, nas grandes e médias cidades brasileiras existem cursos d'água que foram retificados e / ou canalizados, para implantação de vias arteriais em suas margens ou por sobre os mesmos (Fig. 36). Executar tais ações sem que haja um planejamento prévio de gestão das águas que serão captadas por estas bacias de drenagem durante os eventos de precipitação, poderá gerar uma sobrecarga no canal principal ou na galeria a montante, provocando o extravasamento do fluxo hídrico, culminando no processo de inundação.

Nesse ponto, se faz necessário realizar a distinção dos dois processos hidrogeomorfológicos que serão tratados no presente capítulo, sendo estes os escoamentos de alta difusão (E.A.D.) e as inundações. A própria construção do título do capítulo já contribui para o entendimento da dinâmica dos fenômenos, de modo que primeiro são colocados os escoamentos de alta difusão e posteriormente as inundações. Tal arranjo não se deu ao acaso, haja vista que devido ao nosso entendimento a respeito da dinâmica de ambos os processos, entende-se que em algumas ocasiões os escoamentos de alta difusão contribuem de maneira relevante para a existência dos processos de inundação, principalmente no diz respeito ao tempo de resposta nas bacias hidrográficas urbanas, fato que será pontuado posteriormente.

5.1. Escoamentos de alta difusão (E.A.D)

Para que fosse possível atingir o entendimento e uma definição coerente a respeito do

escoamento de alta difusão, buscou-se apoio nas literaturas já existentes que tratam do tema escoamento / fluxo superficial. Nessa perquisição conceitual conclui-se que existem dois pontos de partida na análise dos fluxos / escoamentos, sendo um a partir de um viés relacionados às teorias de erosão dos solos, intimamente ligada a Geomorfologia (HORTON, 1945; CHRISTOFOLETTI, 1980; MORGAN, 2005, GUERRA & CUNHA., 2010; RODRIGUES, 2021). E outra abordagem com viés geológico, que analisa os fluxos a partir de sua constituição de materiais carreados, levando em conta os padrões e formas por eles gerados no seu transporte e deposição, como na sedimentação de leques aluviais (SOHN et al. 1999; WILFORD, 2004; SAKAL, 2006; GOERL et al., 2012; KAFLE et al., 2023).

Embora dotadas de uma vasta gama de informações e áreas já analisadas, as duas abordagens não contemplaram de maneira satisfatória, no que diz respeito a definição dos escoamentos de alta difusão. Uma vez que, na abordagem geomorfológica, o processo de escoamento superficial, (*runoff*) é tido como parte componente do processo de formação e evolução de formas erosivas, porém não atendendo as necessidades conceituais dos escoamentos de alta difusão. Pois, nesse contexto geomorfológico, o escoamento passa de fluxo difuso à concentrado, devido ao seu local de ocorrência, que nos estudos ligados a erosão dos solos, se dão quase que em sua totalidade em ambientes naturais, onde devido a micromorfologia do relevo o fluxo passa a erodir uma sessão preferencial e a partir desse trabalho, se formarão sulcos e posteriormente ravinas (MORGAN, 2005; GUERRA, 2010). Ou seja, quando tratamos do escoamento superficial em ambientes altamente antropizados como é o caso das cidades médias a exemplo de Uberlândia – MG, devemos nos atentar as características intrínsecas a estes ambientes,

para que não repliquemos uma generalização conceitual que deixe conteúdos relevantes como os processos antropogênicos induzidos à margem do debate acadêmico.

Quanto a abordagem de viés geológico, como já foi citado anteriormente, fica evidente a relevante preocupação desses profissionais em distinguir as classes de escoamento a partir dos materiais por eles transportados. Levando em consideração a carga de sedimentos e a granulometria dos mesmos, visando interpretar o potencial hidráulico de arraste de cada fluxo em questão. De tal forma que se faz possível verificar nas publicações de alto impacto a respeito dessa temática essa característica em questão. Por exemplo, ao conceituar os “*Debris Flow*” (Fluxo de Detritos), se descreve a granulometria dos materiais transportados como seixos, matacões ou blocos de rocha, dotados de características geométricas, indicando formas angulares ou arredondadas, em consonância a referida linha de raciocínio. O mesmo ocorre na conceituação dos “*Hyperconcentrated Flow*” (Fluxo Hiperconcentrado), definidos como uma composição heterogênea de água e sedimentos, possuindo uma distinção dos fluxos de detritos, podendo conter até 60% de sedimentos de menor granulometria (silte) em seu volume (EVANS et al., 2001; KAFLE et al. 2023).

Portanto, após tais reflexões utilizaremos na aplicação do presente estudo o termo escoamento de alta difusão para caracterizar fluxos hídricos superficiais em ambientes urbanizados ocasionados por eventos de precipitação, onde o escoamento gerado pela precipitação extrapola um volume corriqueiro, passando a ocupar uma sessão além da qual é destinada a ele pelas estruturas de planejamento (Meio-fio, Guias ou Sarjetas). Nesse contexto, em eventos de elevada intensidade de precipitação o escoamento de

alta difusão chega a atingir volumes significativos, criando alagamentos e podendo possuir fluxo turbulento em ocasiões específicas (Fig. 37).



Figura 37 – [A] Escoamento de alta difusão turbulento, gerando a alagamento da via pública no bairro Pampulha, Uberlândia-MG. Fonte: Junyor Rodrigues, 2021; [B] E.A.D na Av. Segismundo Pereira, Uberlândia – MG, tomando parte da via pública após extrapolar a sessão de contenção de escoamento de água pluvial; [C] Motocicleta sendo arrastada pelo E.A.D turbulento na Av. Anselmo Alves dos Santos, próximo a entrada de veículos do “Parque do Sabiá”. Fonte: Augusto Queiroz, 2012.

É importante salientar que os alagamentos ocasionados pelos escoamentos de alta difusão não estão necessariamente atreladas a áreas de várzea de rios e córregos urbanos, onde a topografia contribui para o acúmulo do fluxo hídricos nos fundos de vale, podendo ocorrer na média vertente e em regiões de topos aplainados (Fig. 38).



Figura 38 – [A, B e C] Trechos distintos da Av. Segismundo Pereira (altura n° 2000), com ocorrência de escoamento de alta difusão, gerando o alagamento total da via pública, dificultando o trânsito de veículos de passeio devido à altura da lâmina d'água formada.

A figura 38 ilustra bem o perfil típico de um escoamento de alta difusão, abarcando todas suas características principais, que são: a ocorrência de precipitação de alta intensidade, geração e difusão do escoamento superficial por áreas que não são dimensionadas para o mesmo (via e passeio público), apresentando significativa lâmina d'água e turbulência em alguns pontos.

É importante reforçar que o referido exemplo de E.A.D ocorre em um trecho da Av. Segismundo Pereira onde não existe a influência de canais fluviais contribuindo com o processo de alagamento, haja visto que o E.A.D abarca um trecho de aproximadamente 1 quilômetro situado na alta vertente. Esse setor específico da avenida tem a oeste o

Córrego São Pedro (canalizado), a uma distância de aproximadamente 3 quilômetros do ponto de ocorrência do E.A.D e amplitude altimétrica de 80 metros entre área de ocorrência o talvegue do referido curso d'água. E também localizado 750 metros ao norte do processo de escoamento de alta difusão, está o Córrego Jataí (canalizado) apresentando 30 metros de amplitude altimétrica entre os dois pontos (Fig.39).

Ou seja, conforme mencionado no início da tratativa a respeito dos processos de escoamento de alta difusão, estes não estão atrelados a existência canais fluviais, de modo que as informações apresentadas quanto a localização do trecho da avenida Segismundo Pereira impactado pelo E.A.D não deixa dúvidas quanto a não influência dos cursos d'água limítrofes a área do escoamento. Desse modo, devemos apontar os fatores que são preponderantes para a ocorrência de tal processo, fatores estes que não serão limitados as características da precipitação, como seu volume e intensidade, fato que atribuiria a tal processo um controle diretamente "natural", desqualificando seu caráter de processo antropogênico induzido.

Portanto, nesse momento listaremos atributos relevantes para que exista a formação de processos de escoamento de alta difusão em áreas urbanizadas. Inicialmente ao tratar de áreas urbanizadas, já nos deparamos com o próprio processo de urbanização em si, que dentre seus vários pontos que geram modificações nas paisagens naturais, é inegável que a impermeabilização do solo é o mais evidente.



Figura 39 – Mapa Temático apresentando o processo de Escoamento de alta difusão ocorrido na Av. Segismundo Pereira, bairro Santa Mônica, Uberlândia - MG

Dessa maneira, mesmo que em alguns casos sejam preservadas as características originais da morfologia do relevo do sítio urbano (RODRIGUES, 2005; AB'SABER, 2007; GOLVEIA, 2010), é possível e necessário realizar um exercício de abstração como recurso didático, imaginando que o processo de urbanização realiza uma espécie de blindagem da superfície do relevo, tal qual os processos laterização, que originam crostas lateríticas a partir do enriquecimento da superfície do solo por óxidos hidratados de ferro ou alumínio (LEPSCH, 2002; MASSAD, 2005). Porém, o processo de urbanização blinda o solo com estruturas artificiais de concreto e asfalto, atribuindo à superfície do relevo uma nova dinâmica, e principalmente a privando de uma ação de extrema importância na dinâmica hidrológica que é o processo de infiltração (TUCCI & BERTONI, 2003).

Uma vez alterada essa superfície de relevo, o fluxo de energia e matéria que ali existiu enquanto área natural, não mais ocorrerá da mesma maneira, ao passo que novas estruturas dotadas de características específicas passarão a compor essa nova paisagem antrópica.

As cidades são o ápice das ações humanas na superfície do planeta conforme já foi tratado em outro momento na presente pesquisa e suas características darão a cadência de como se desenvolverão os processos naturais nesses ambientes. Os processos geomorfológicos são abarcados nesse conjunto, e não a sua naturalidade será questionada, mas sim a sua dinâmica e características de ocorrência, que uma vez condicionadas diretamente pelas ações antrópicas existentes nesse local, os configurarão como processos antropogênicos induzidos.

Os processos de escoamento de alta difusão, são considerados processos

antropogênicos induzidos devido a série de condições de caráter antrópico que norteiam sua ocorrência. Destacamos que para que haja o desenvolvimento dos E.A.D se faz necessário um evento chuvoso de alta intensidade e / ou volume, atrelado a uma área / setor com elevada impermeabilização do solo, algo que se faz presente em praticamente todos os adensamentos urbanos de maior expressão populacional no Brasil; somado a inexistência, mau dimensionamento ou falta de manutenção nas estruturas de drenagem pluvial urbanas, como coletoras de água pluvial superficiais e subsuperficiais (PEDROSA et al., 2016).

Posto o processo de urbanização e por conseguinte a impermeabilização do solo, as estruturas de drenagem urbana se apresentam dotadas de fundamental importância na gestão das águas pluviais, haja visto que em áreas urbanizadas a taxa de infiltração da água no solo não ultrapassa valores acima de 0 à 10%, ou seja, praticamente todo o volume de água que é precipitado se converte em escoamento (MARSH, 1983; MATA-LIMA, 2007). Esse fluxo já na superfície do relevo urbano, passa a “procurar” vias preferenciais de escoamento, normalmente representadas pelas calhas das ruas (sarjetas), as quais deveriam ser suficientemente dimensionadas para que o mesmo fosse conduzido e direcionado às galerias coletoras e posteriormente até a área de descarga.

No entanto, como já apresentado em outros pontos do presente estudo, as cidades brasileiras possuem uma infraestrutura de drenagem urbana deficitária, conforme indica o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. De acordo com o SNIS (2020) os municípios brasileiros têm apenas 26% da população atendida por infraestrutura de drenagem urbana, em paralelo o estado de Minas Gerais atende 28%

da população e o município de Uberlândia traz números mais favoráveis, embora bastante insatisfatórios quando se projeta um cenário mais otimista, pois atualmente no município 47% da população é atendida por sistema de drenagem urbana. Ou seja, 53% da população residente no município de Uberlândia-MG não é contemplada com a existência de um sistema de drenagem urbana que a atenda.

Fatima (2013) aponta que em 2006 o Ministério da Integração em conjunto com o Ministério das Cidades publicou um manual propondo a inserção de um projeto dentro do Programa Drenagem Sustentável – PDUS, que tinha como objetivo “promover, em articulação com as políticas de desenvolvimento urbano de uso e ocupação do solo e de gestão das respectivas bacias hidrográficas, a gestão sustentável da drenagem com ações estruturais e não estruturais” (FATIMA, 2013, p. 28). Corroborando a essa ação em 2008 foi proposta a criação do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, promulgado apenas no ano de 2014, e estabelecido por quatro pilares norteadores, os quais eram o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (PLANSAB, 2022). Tais ações do PLANSAB baseavam-se em um horizonte 20 anos (2014 a 2033), no entanto superada praticamente uma década da implantação do plano, o desafio no que diz respeito a drenagem urbana nos municípios brasileiros ainda é enorme, vide os dados do SNIS apresentados anteriormente. Obviamente, não se deve deixar de mencionar a Constituição Federal de 1988, que é pretérita aos planos e projetos supracitados e já versava a respeito da garantia de acesso às estruturas necessárias para que fosse assegurado o saneamento básico a população brasileira.

Após esse breve enquadramento quanto a alguns dos marcos legais que norteiam a discussão no que tange a gestão das águas pluviais em áreas urbanizadas, retomaremos a abordar os casos pontuais do município de Uberlândia que servirão de instrumento para contextualização do caráter antropogênico dos escoamentos de alta difusão e das inundações no município.

Outro episódio representativo de escoamento de alta difusão ocorre na Av. Francisco Vicente Ferreira, bairro Santa Mônica, local que possui características topográficas análogas ao exemplo da Av. Segismundo Pereira apresentado anteriormente. O local fica na média vertente dissociado de canais fluviais próximos, de modo que fluxo hídrico gerado na área é resultado de picos de precipitação, somado a pouca efetividade do sistema de coletoras de água pluvial e a existência de um controlador estrutural atuante, que condiciona o fluxo hídrico contribuindo para o alagamento da área (Fig. 40).

Nesse processo de escoamento de alta difusão em questão é possível atribuir significativa relevância ao controlador estrutural envolvido, representado pelo “canteiro central” que divide as duas faixas de rolagem da avenida. Pois, o fluxo hídrico que escoar de áreas a montante do bairro, direcionado pelas avenidas Ana Godoy de Sousa e Lázara Alves Ferreira, atinge um ponto de confluência na rotatória da rua João Velasco de Andrade que descarrega todo esse volume de escoamento no início da Av. Francisco Vicente Ferreira (Fig. 41). Desse ponto em diante o fluxo passa a se concentrar e gerar uma vasta lâmina d’água que ocupa toda a faixa de rolagem da referida avenida no sentido Bairro – Centro. O fluxo fica limitado a apenas essa faixa exatamente devido a existência do “canteiro central” que age como um controlador estrutural, represando o fluxo e

impedindo que o mesmo se dissipe para uma sessão maior, contribuindo para a ocorrência do E.A.D.



Figura 40 - [A] A imagem retrata o processo de alagamento ocorrido na Av. Francisco Vicente Ferreira, no bairro Santa Mônica, que foi gerado a partir da ocorrência de um escoamento de alta difusão (E.A.D), atrelado ao evento chuvoso do dia 13 de fevereiro de 2020; [B] representa trecho tomado pelo escoamento configurando um processo clássico de alagamento. Reforçando que o trecho em questão não está atrelado a um canal fluvial; [C] Trecho final da Av. Francisco Vicente Ferreira, já em sua confluência com a Av. João Naves de Ávila que receberá todo volume escoado. Valendo destacar que a Av. João Naves de Ávila se coloca como o um dos principais eixos viários do município, responsável por fluir um grande volume de veículos e transportes coletivos pelos corredores de integração.

É válido ressaltar que a faixa da Av. Francisco Vicente Ferreira afetada pelo escoamento de alta difusão, conta com apenas uma coletora de água pluvial (boca de lobo com grelha), de modo que fica evidente a sua insuficiência, haja visto a proporção alcançada

pelo alagamento no local. Tal fato corrobora com as informações apresentadas anteriormente quanto a deficiência do município de Uberlândia no que se refere a drenagem urbana, valendo destacar que o município em questão possuiu uma rede de drenagem pluvial 100% mais desenvolvida que a média nacional, quadro que explicita o quão deficitário é o sistema de drenagem urbana nos municípios brasileiros.

Embora praticamente inexistente no local em que se desenvolveu o E.A.D, não podemos deixar de mencionar a relevância da existência de um sistema de gestão de águas pluviais para o controle de enchentes e inundações, uma vez que, a partir dessas estruturas, o fluxo hídrico superficial (escoamento / *runoff*) é captado, e conduzido em subsuperfície através de estruturas (tubulações) até locais de descarga adequados, onde o volume de fluxo captado não gere intercorrências negativas, a exemplo do alagamento gerado na Av. Francisco Vicente Ferreira.

Portanto a microdrenagem urbana que é composta pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, sarjetas, bocas de lobo e meios-fios (KURODA, 2016), necessita ser dimensionada e distribuída da maneira correta, visando sua maior efetividade (PEDROSA et al., 2016). Essa distribuição e dimensionamento se faz necessária devido as próprias características dos fluxos de escoamento superficial, haja visto que, para que o escoamento seja interceptado pela coletora, a vazão de precipitação não deve sobrepor a capacidade da calha viária (BOTELHO, 2018).



Figura 41 - Mapa Temático apresentando trechos com ocorrência de processo de Escoamento de alta difusão ocorrido na Av. Francisco Vicente Ferreira, bairro Santa Mônica, Uberlândia - MG

Outro fator complicador é a velocidade do fluxo, pois, um cenário onde o fluxo superficial tenha atingido velocidade elevada, o escoamento tende a passar por sobre a coletora (boca de lobo), sendo interceptada por essa estrutura apenas uma parcela do fluxo, com todo o excedente seguindo escoando pela calha viária. Tal fenômeno gera um efeito cascata, de modo que, o excedente do fluxo que não foi capturado pela coletora, gerará uma sobrecarga às coletores subsequentes.

Nesse quadro, onde o somatório dos excedentes que não são capturados pelas galerias de água pluvial dá corpo ao escoamento superficial, estrutura-se uma relação entre a intensidade do evento chuvoso (volume precipitado), o comprimento da vertente (fator topográfico) e a existência de controladores estruturais influenciando o fluxo (fator antropogênico), a qual favorece o desenvolvimento do escoamento de alta difusão. E este último, dotado de grande volume e capacidade (força) hidráulica, pode gerar desde fluxos turbulentos capazes de provocar o arraste de objetos, até alagamentos e também contribuir para processos de inundação, os quais serão abordados posteriormente no presente capítulo.

Pelo que foi exposto, fica ratificada a necessidade de projetos de microdrenagem efetivos nos adensamentos urbanos. Porém, o cenário posto é que em grande parte dos municípios brasileiros sequer existem estruturas de microdrenagem consolidada. Fato que corrobora com que os escoamentos de alta difusão – E.A.D., passem a ocorrer com maior recorrência, haja visto que na ausência de qualquer sistema de drenagem pluvial, o fluxo gerado pela precipitação passa a depender exclusivamente do diferencial topográfico (inclinação do relevo) para escoar em superfície, utilizando para tal a própria

calha viária, ocupando em muitas circunstâncias todo o leito carroçável, até mesmo atingindo o passeio público e invadindo comércios e residências que margeiam essas vias, fato que impreterivelmente gera prejuízos de ordem material, social e danos à saúde pública (TUCCI & BERTONI, 2003; FEW et. al., 2004).

Outro fato relevante atrelado aos sistemas de drenagem pluvial, diz respeito a forma de planejamento dos projetos. Pois, em via de regra cada loteamento / bairro foi implantado em uma data distinta, com uma variação temporal que pode atingir várias décadas. Nesse contexto é importante salientar, que a aplicação de um plano de drenagem urbana integrado para um município como um todo se torna algo altamente complexo, dada a particularidade estrutural de cada bairro / loteamento. Fato que exigiria uma padronização no plano de drenagem de cada setor. Também é necessário reafirmar que existirão setores das cidades que não possuirão projeto de drenagem implantado.

Embora não seja o foco da presente pesquisa, é preciso salientar que as obras relacionadas a alteração e / ou implantação de estruturas de micro e macrodrenagem tendem a ser geradoras de grande impacto na dinâmica das cidades, haja visto que para a implementação das mesmas são necessárias ações que vão desde a retirada da cobertura asfáltica já consolidada para a abertura das sessões no solo visando a implantação de coletoras (bocas de lobo), ramais de ligação, galerias principais, poços de visita e manutenção, entre outras infraestruturas necessárias (SUDERHSA, 2002).

Tais, ações acabam por impactar o uso e o pleno acesso a estes locais durante o período de duração das obras, que geralmente, para que exista uma real efetividade devem ser desenvolvidas em todo o bairro ou setor em questão, atendendo os fins de planejamento

que buscam serem alcançados e por consequência mitigarem os impactos gerados pelas enchentes ou inundações.

Ou seja, os projetos de drenagem urbana, embora se configurem como obras com custo de implantação elevado e geradoras de significativo impacto na dinâmica de funcionamento das cidades, não deveriam de forma alguma ser negligenciados pelos setores responsáveis pela sua existência. Dos quais podemos mencionar diretamente as empresas incorporadoras que por lei deveriam aplicar já na elaboração dos loteamentos, projetos adequados de drenagem urbana, visando não somente atender critérios legais, técnicos e éticos, mas também buscando oferecer um “produto” dotado de qualidade ao seu público consumidor final. Pois, muitos são os bairros implantados nos municípios brasileiros, que enfrentam dificuldades periódicas devido à projetos de drenagem urbana deficitários ou inexistentes, fato que impacta diretamente as populações ali residentes. Destacando que ao realizar as devidas estruturas de controle de drenagem urbana no ato da implantação do loteamento, os transtornos mencionados anteriormente em casos de adequação de drenagem em áreas habitadas já consolidadas não ocorreriam.

Outro ator que deve ser responsabilizado é o próprio poder público, que se ausenta na responsabilidade que lhe cabe, no que diz respeito de exigir e garantir a existência de planos e infraestrutura de drenagem urbana efetivos em seus municípios. De modo que o Art. 40, da Lei nº 6.766 / 1979 coloca que, “embora a responsabilidade pela regularização do loteamento seja do empreendedor, na hipótese de este não cumprir tal encargo, o ônus é transferido ao Município, porque é subsidiariamente responsável”. Ou seja, acesso a infraestrutura de saneamento é um direito líquido e incontroverso,

resguardado pela própria Constituição Federal de 1988. Infraestrutura esta que deve contemplar os sistemas de drenagem urbana, garantindo a população qualidade de vida.

Destarte, nesse tópico do trabalho se espera ter conseguido expor de maneira satisfatória apontamentos que contribuam para o entendimento inicial e o enquadramento conceitual dos escoamentos de alta difusão junto a ciência geomorfológica. Tal conceituação tem o intuito de inserir os escoamentos de alta difusão à classe dos processos antropogênicos induzidos. Classe essa, a qual se apresenta como uns dos esforços centrais da presente tese, que busca explicitar a distinção existente entre os processos geomorfológicos ocorrentes em meios urbanizados que são desencadeados, controlados ou otimizados por ações antrópicas, frente aos processos geomorfológicos naturais / espontâneos.

Portanto ao finalizar o presente item é necessário destacar que não se encerra a discussão, haja visto a necessidade de novos passos a serem dados no que tange a caracterização dos escoamentos de alta difusão, salientando a realização de análises de caráter experimental, que contribuiriam com uma mais detalhada apresentação. Desse modo, o primeiro passo foi dado, iniciando a discussão e propondo a inserção do conceito de escoamento de alta difusão como mecanismo de análise desse processo geomorfológico (*runoff*), definido aqui como um processo antropogênico induzido, dada suas características e local ocorrência em áreas urbanizadas.

5.2. Inundações Urbanas

O processo de inundação é um fenômeno absolutamente natural, onde o rio passa a ocupar em situações periódicas seu leito maior. Tucci (2007) coloca que de maneira geral os rios possuem dois leitos, sendo um o leito menor, onde a água escoar em grande parte

do tempo, delimitada por uma calha de drenagem bem definida; e o leito maior ou leito de inundação, o qual é ocupado em situações em que o fluxo hídrico aportado pelo escoamento gerado na bacia hidrográfica devido a eventos precipitação é somado ao fluxo já existente no canal e extrapola a calha do leito menor. As áreas limítrofes ao canal principal ocupadas pelas águas de um rio durante picos de cheia, são denominadas de planícies de inundação (GUERRA & GUERRA, 1993; KOBAYAMA, et. al., 2006). Essas áreas podem variar quanto a sua extensão devido as características locais do relevo em que são inseridas, podendo ocupar vastas áreas aplainadas ou resumirem-se a porções estreitas dado o grau de entalhamento ou encaixe estrutural do canal fluvial.

A ocupação da planície de inundação pelas águas do rio que a drena, não deveria ser algo que despertasse espanto, haja visto que esse é um caminho natural do fluxo hídrico durante os picos de cheia, conforme já definido. No entanto, tal fenômeno passa a ser analisado de maneira negativa quanto tomamos como pano de fundo o padrão de ocupação das bacias hidrográficas urbanas (LEOPOLD, 1968). As quais devido ao fenômeno de urbanização passaram por um processo severo de intervenção antrópica. Tucci (2007) indica que as enchentes em áreas urbanizadas ocorrem devido a dois processos, os quais podem ocorrer isoladamente ou em conjunto, estes são, as “enchentes ribeirinhas” representadas pelos processos naturais de inundação das áreas limítrofes ao canal, conforme já mencionado; e o processo de urbanização em si, que devido a sua alta capacidade de alteração das superfícies do relevo, tanto em critérios morfológicos, quanto a nível de materiais inseridos, causa modificações drásticas no comportamento dos fenômenos naturais ali atuantes.

Quanto ao processo de inundação em si, existe uma certa dificuldade conceitual na sua classificação, principalmente no que diz respeito ao padrão apresentado pela inundação (GRUNTFEST e HANDMER, 2012). Castro (2003) aponta que as inundações podem ser classificadas por dois critérios norteadores, sendo estes sua magnitude e seu padrão evolutivo. No que diz respeito a magnitude a diferenciação se dá a partir da análise do seu perfil de ocorrência, podendo ser esta inundação excepcional (grande magnitude), normal ou regular (pequena magnitude). Ao tratar do perfil de ocorrência das inundações é pertinente atentarmos ao fato de outro ponto que é comumente analisado a partir de sua frequência, que são os eventos de precipitação, os quais estão intimamente atrelados aos processos de inundações, sendo estas ocorrentes em áreas naturais ou antropizadas. Tucci & Bertoni (2003) apontam que as inundações que extrapolam a calha dos rios ocupando o leito maior tende a ocorrer com intervalo de 1,5 a 2 anos de recorrência.

No que diz respeito a classificação das inundações pelo seu padrão evolutivo Goerl et, al., (2005) as subdivide em inundações graduais e bruscas. Embora saliente que existe grande complexidade na realização dessa distinção, fato atrelado a interpretação do processo de inundação em si (FEW et. al., 2004).

Para aplicação na presente pesquisa nos pautaremos em duas definições de inundação que se complementam na caracterização desse processo quando o mesmo se dá em bacias hidrográficas urbanizadas, ou localizadas em adensamentos urbanos, as quais são as inundações ribeirinhas e os “*flash flood*”. Desse modo, Tucci e Bertoni (2003, p. 45) trazem a definição de inundações ribeirinhas, como sendo:

Quando a precipitação é intensa e o solo não tem capacidade de infiltrar, grande parte do volume escoava para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento. O excesso de volume que não consegue ser drenado ocupa a várzea inundando de acordo com a topografia das áreas próximas aos rios.

Tal definição, traz pontos importantes a serem considerados quando se aborda a temática de inundações, haja visto que este fenômeno possui estreita ligação com os fatores climáticos, a exemplo da precipitação. Quando os autores apresentam que o ponto inicial do processo de inundação se dá a partir do evento de precipitação, temos a criação de um forte caráter de coexistência entre esses processos, pois uma vez não existindo a precipitação, se reduz a possibilidade de ocorrência de uma inundação. Se utiliza o termo reduzir ao em vez de cessar, devido a fatores não naturais / espontâneos que podem aportar fluxo hídrico a um determinado trecho do canal fluvial ou a um setor da bacia hidrográfica. Dentre estes fornecedores de fluxo hídrico que são externos ao ciclo hidrológico, podemos mencionar o rompimento de barragens e açudes artificiais (KOBAYAMA, 2006).

Ao citar o processo de saturação do solo, ao ponto desse não mais armazenar água, gerando o escoamento superficial que conduzirá esse excedente de fluxo até o canal fluvial, é necessário salientar que essa dinâmica ocorre de maneira distinta em ambientes urbanizados, fato que será explicitado e exemplificado no presente capítulo.

Visando contribuir para o entendimento do conceito de inundação associaremos à já apresentada definição de inundação ribeirinha, o conceito de *flash flood*, definido como uma inundação causada pela precipitação, que tem como condicionante a extensão e geometria da bacia. Para aplicação desse conceito a bacia hidrográfica deve possuir

pequeno porte e rápida resposta ao escoamento (W.M.O., 1994).

Apresentadas as definições a respeito dos processos de inundação, passaremos a realizar algumas indagações procurando ratificar a aplicabilidade das mesmas em áreas urbanizadas. Tucci e Bertoni (2003) quando apresentam a definição de inundações ribeirinhas, salientam que estas ocorrem prioritariamente em bacias hidrográficas de grande porte e não urbanizadas, de modo que os autores apresentam separadamente o conceito de inundações urbanas visando distinguir as inundações ocorrentes nos adensamentos urbanos.

Quanto às inundações urbanas existem diversos autores que atribuem sua existência principalmente às alterações realizadas nas bacias hidrográficas oriundas do processo de urbanização (PLATE, 2002; BRONSTERT et. al., 2002; TUCCI e BERTONI, 2003; TUCCI, 2007; HAMMAMI et. al., 2019; MU et. al., 2021; LUO e ZHANG, 2022). Dentre as quais é possível indicar primeiramente a impermeabilização da superfície do relevo urbano; a retificação e canalização de canais fluviais inseridos nesses ambientes; a captura de escoamento superficial pelo padrão de arruamentos (PEDROSA, et. al., 2016); e a existência de galerias mal dimensionadas que não suportam o fluxo hídrico em eventos de precipitação intensos.

Nesse contexto de intensa alteração da superfície do relevo nos ambientes urbanizados se faz necessário realizar algumas ponderações a respeito da aplicabilidade do conceito de inundações para esse cenário antropizados. No entanto, diferentemente de outros temas abordados na presente pesquisa, a exemplo dos processos erosivos e dos escoamentos de caráter antropogênico, as inundações em áreas urbanizadas não têm

sua gênese alterada, haja visto que o comportamento do curso d'água durante a ocorrência desse fenômeno segue um padrão natural de desenvolvimento. Ou seja, ocorre o aporte de fluxo hídrico através dos eventos de precipitação, e através do escoamento que atinge o curso d'água, a vazão do mesmo é alterada podendo gerar o transbordo das águas para as áreas que contemplam as planícies de inundação do mesmo.

Desse modo, surge o questionamento, do porquê classificar as inundações urbanas como processos antropogênicos induzidos, uma vez que a gênese do processo permanece a mesma. A classificação é viabilizada ao analisar o fenômeno na sua totalidade, sendo inegável a existência de uma alta participação do processo de urbanização na dinâmica de evolução das inundações. Ao passo que quanto maior for o caráter de urbanização de um centro populacional, igualmente maior será a probabilidade de ocorrerem inundações com maior frequência e magnitude (TUCCI, 2016).

Ter sua ocorrência agravada diretamente devido a ações antrópicas, é um fator que configura os processos de inundações urbanas como um processo antropogênico induzido, pois, embora mantida sua gênese, a dinâmica de ocorrência desse processo é alterada, interferindo principalmente em características ligadas a sua magnitude, frequência e velocidade de ocorrência, fato que transforma as inundações urbanas em fenômenos de alto risco as populações dessas áreas, devido a série de transtornos relacionados as mesmas.

Nesse momento trataremos da dinâmica das inundações em áreas urbanizadas tendo como pano de fundo a avenida Rondon Pacheco, a qual está inserida na bacia

hidrográfica do córrego São Pedro, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais. A expansão urbana no município de Uberlândia, provocou alterações significativas na bacia hidrográfica do córrego São Pedro, de tal forma que na área em questão é possível identificar desde elevado índice de impermeabilização do solo, até a canalização do córrego em si, realizada na década de 1980, visando a implantação da avenida Rondon Pacheco no local. O padrão de arruamento adotado pelos bairros que margeiam a avenida também contribui com os processos de inundação que atingem a mesma, de modo que os quarteirões atuam como tributários do canal principal o qual se encontra canalizado. Dessa forma, o fluxo hídrico que atinge a superfície das vertentes do entorno é conduzido até o fundo de vale, contribuindo diretamente com os picos de cheia.

Silva e Mendes (2018) realizaram o levantamento dos eventos de inundações ocorridos no município de Uberlândia no período de 2011 a 2016, elencando o número de ocorrências registradas junto a Defesa Civil a respeito do tema e também apontaram as áreas mais afetadas pelas inundações no município. Durante o período amostrado pelos autores foram registradas 652 ocorrências junto a Defesa Civil, solicitando atendimento devido à impactos gerados por processo de inundação. É preciso destacar que a bacia hidrográfica do córrego São Pedro, abarca parte significativa dos processos de inundação apresentados por Silva e Mendes (2018), seja no setor representado pelo seu canal principal o córrego São Pedro, ou áreas drenadas pelos seus afluentes os córregos Jataí, Lagoinha e Mogi, todos contendo trechos canalizados.

É preciso salientar que o exutório dos córregos Jataí, Lagoinha e Mogi, coincidem com pontos de inundação na avenida Rondon Pacheco. Isto se dá principalmente pelo fato de

a avenida estar situada por sobre o leito do córrego São Pedro, conforme já apresentado em maior detalhe no item 4.2 do presente trabalho. E desse modo o aporte hídrico fornecido pelos tributários do córrego São Pedro, somado ao elevado fluxo de escoamento superficial gerado em eventos de precipitação intensos contribui de forma direta para a existência desses pontos de inundação (Fig. 42).

Como já foi dito, o processo de urbanização interfere nos fluxos naturais de energia e matéria. No entanto, essa energia permanece no sistema e continua a atuar, o que se altera é a forma como esse fato ocorre. Quando tratamos dos processos de inundações urbanas elencamos alguns dos fatores que contribuem diretamente para este fenômeno, onde o escoamento superficial é preponderante para esse dinâmica. Porém, novamente se faz necessário recordar algo fundamental no trato dos processos geomorfológicos em meios urbanizados, pois como já discutido, o processo de escoamento superficial nas áreas urbanizadas é dotado de características próprias atreladas as características do meio que este se desenvolve.

Desse modo, a contribuição dos já apresentados escoamentos de alta difusão frente aos processos de inundação urbana se coloca como algo extremamente relevante, haja visto volume do fluxo hídrico que caracteriza essa classe de escoamento.

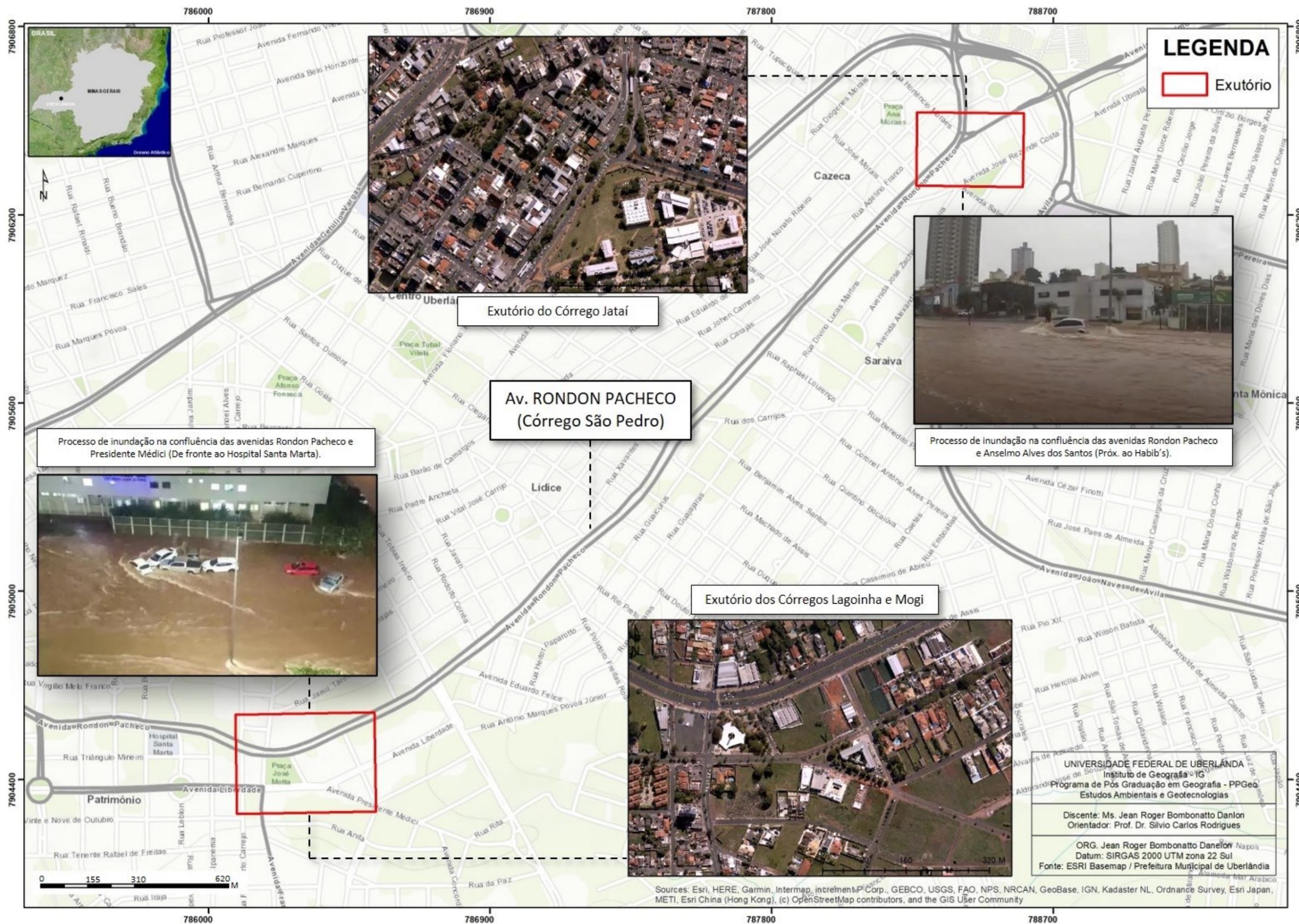


Figura 42 - Mapa apresentando os referidos pontos de alagamentos localizados nos exutórios dos córregos Lagoinha e Mogi e do córrego Jataí. Os pontos sofrem grande sobrecarga de fluxo hídrico devido a este fator posicional que é agravado pelo processo de canalização realizados em todos os cursos d'água envolvidos. **Fonte:** [Fotografias] - Pedro Henrique Santana (08.12.2020); Luiz Humberto Carneiro (16.01.2022).

É a partir dessa interação de processos de ordem antropogênica que inferimos a necessidade de inserir os eventos de inundação urbana, a exemplo dos vários episódios já ocorridos na avenida Rondon Pacheco, como parte dos processos antropogênicos induzidos. Esse enquadramento se faz necessário, pois, o nível atual de urbanização tomou tal proporção que sua influência frente aos fenômenos naturais (precipitação, escoamento, erosão, inundações) passou a controlar de forma direta a dinâmica desses processos.

O caso das inundações da avenida Rondon Pacheco existe pontos importantes a serem destacados, a exemplo de características relacionadas a geometria da bacia, somada ao já mencionado padrão de arruamentos das vertentes do entorno do canal. Essa conjunção de características precisa ser entendida, pois, sua relação tem influência direta na resposta hidrológica da bacia hidrográfica. A resposta hidrológica da bacia está associada ao tempo de concentração apresentado pela mesma, que consiste no intervalo de tempo necessário a partir do início da precipitação, para que a água precipitada na área da bacia atinja uma determinada seção do curso d'água (KOBİYAMA e MOTA, 2014). Este intervalo de tempo está intimamente atrelado aos picos de cheia ocorrentes nas bacias hidrográficas, uma vez que, se um elevado volume de fluxo hídrico atinge o curso d'água, este aporte adicional poderá ser suficiente para provocar o extravasamento das água do canal para além de sua área de fluxo normal, espalhando-se pelo leito de inundação, que nos ambientes urbanizados constantemente se encontram ocupados pelas infraestruturas urbanas, podendo ser estas, módulos habitacionais, comércios ou indústrias (TUCCI e BERTONI, 2003).

O tempo de concentração nos ambientes urbanizados, passa por uma severa otimização, pois, alguns fatores são retirados da dinâmica envolvida no processo de escoamento superficial. Conforme apresentado no item 5.1 que versou a respeito dos escoamentos de alta difusão, a superfície do relevo urbano em ambientes altamente antropizados, praticamente não possui significativo estrato arbóreo superior (BACCI et. al., 2022) responsável pela interceptação e captura de parte do volume precipitado, além de apresentar elevada impermeabilização da superfície, havendo assim a existência de poucas áreas onde possa ocorrer a infiltração de água no solo.

Com este cenário posto, a precipitação que atinge a superfície se concentra na forma de escoamento superficial, e dada a existência corriqueira de influenciadores e controladores estruturais em ambientes urbanizados, este fluxo hídrico ganha características particulares de volume e padrão de escoamento, que os configuram como escoamentos de alta difusão (DANELON e BARCELOS, 2023). Conforme já apresentado, os escoamentos de alta difusão dotados de elevado volume e velocidade, utilizarão dois caminhos prioritários para atingir o canal do curso d'água, sendo estes: na ausência de infraestrutura de drenagem pluvial, será exclusivamente a superfície impermeabilizada do relevo urbano, enfatizando o leito carroçável dos arruamentos que direcionará esse fluxo até o fundo de vale; ou, caso haja a presença de infraestrutura de drenagem pluvial, o fluxo se dividirá, onde uma parcela captada escoará pelas tubulações das galerias e outra parcela devido à alta velocidade característica dos escoamentos de alta difusão seguirá escoando pela superfície.

Ambos os caminhos apresentados terão grande influência na alteração do tempo de

resposta da bacia, assim como na existência dos picos de cheia (LEOPOLD, 1968). Pois, tanto as galerias de drenagem pluvial (tubulações), quanto a superfície urbana, especificamente, os arruamentos e passeios públicos, são dotados de características de permeabilidade e rugosidade, que os diferem significativamente das características apresentadas pelas superfícies não urbanizadas (TUCCI, 2016). Portanto, a ausência de possibilidade de infiltração dessas superfícies, faz com que, o fluxo hídrico oriundo da precipitação que é capturado em um determinado setor da bacia hidrográfica, passe a ser integralmente conduzido e despejado no canal fluvial. Fato este que não ocorreria em áreas não urbanizadas, ou dotadas de melhores possibilidade de permeabilidade dos solos (MATA-LIMA, 2007). Destarte, o processo de urbanização gera tal nível de impermeabilização da superfície do relevo, que seus componentes estruturais (edificação, vias de arruamentos, sistemas de drenagem urbana) passam a atuar como verdadeiras vias expressas durante os eventos de precipitação, possibilitando que fluxo de escoamento atinja os fundos vale em um tempo reduzido.

O padrão dos arruamentos também é em parte responsável por essa redução de tempo provocada pelas características da superfície do relevo urbano. Haja visto que, o posicionamento das vias na vertente interfere no modo como o fluxo é conduzido, e em qual local o mesmo será descarregado. Pedrosa et. al., (2016) apresenta um fator relevante quanto ao padrão dos arruamentos de duas vertes da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, as quais margeiam a avenida Rondon Pacheco.

Em ambas as vertentes é possível identificar um padrão anômalo no sistema ortogonal do traçado viário urbano, com a existência de duas vias específicas que cortam na transversal todas as demais vias que compõe a malha viária das vertentes em questão (Fig. 43).

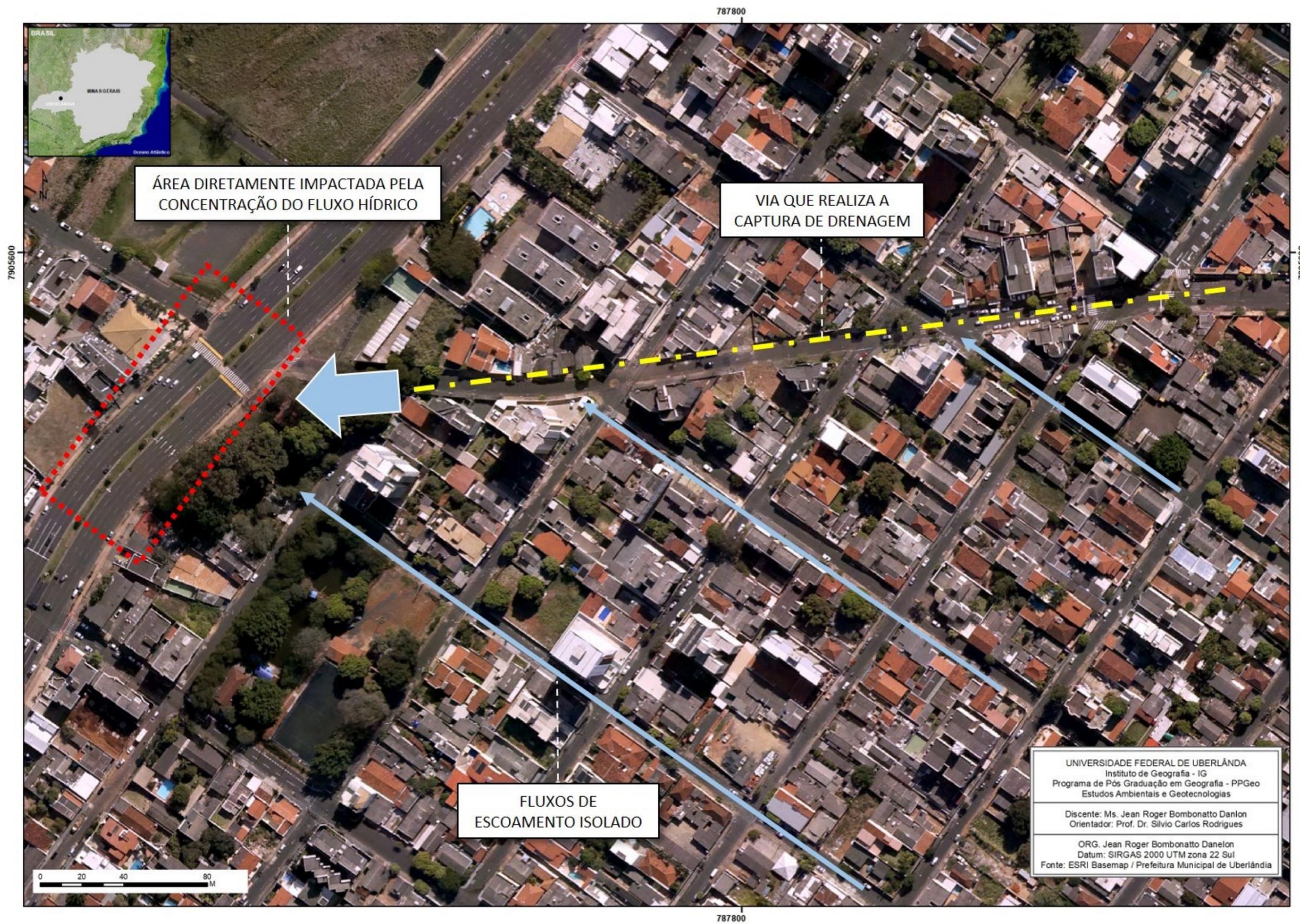


Figura 43 – Apresentação de uma das vias transversais que realiza a captura do escoamento superficial. Com a captura o fluxo de escoamento que seguia isolado em cada via, passa a ser concentrado na via de captura que realiza sua descarga em um único ponto na avenida Rondon Pacheco.

Tal fato propicia que durante eventos de precipitação, esses dois arruamentos específicos capturem parte do fluxo de escoamento superficial que escoava isoladamente por vias específicas, concentrando a descarga desse fluxo em um único ponto da avenida Rondon Pacheco, fato que cria um aumento abrupto do volume de água nesse setor contribuindo com o processo de inundação.

No entanto é necessário ressaltar que os fatos apresentados, a exemplo da presença de escoamento de alta difusão devido ao elevado índice de impermeabilização do solo e a influência do padrão da malha viária, interceptando e concentrando parte do escoamento, não são os únicos fatores que condicionam as inundações recorrentes na avenida Rondon Pacheco. Uma característica de ordem não antrópica que favorece a existência das inundações é a própria geometria da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, considerada circular, a partir do Coeficiente de Compacidade ou índice de Greavelius, que tem por objetivo desenvolver a relação do perímetro real da bacia, com o perímetro de uma bacia circular hipotética de mesma área. A partir dessa relação é gerado um índice que indica a proximidade geométrica da bacia, podendo variar entre bacias quadradas, alongadas retangulares e bacias circulares (MONTEIRO, et. al., 2015).

Apresentando um índice de Compacidade (K_c) igual a 1.109, a bacia hidrográfica do córrego São Pedro, já possuiria naturalmente uma maior propensão a ocorrência de inundações, haja visto que devido sua geometria o fluxo hídrico escoado em diferentes setores da área de drenagem da mesma tenderia em atingir o canal principal com tempo similar. Contudo, a tal característica natural, foram acrescentados pontos de origem

antropogênica, que indiscutivelmente contribuem de maneira direta para que as inundações na bacia hidrográfica do córrego São Pedro, representada pelos eventos de inundação urbana da avenida Rondon Pacheco, fossem otimizados, tornando-se mais frequentes e intensos.

Esse fato, conforme já discutido anteriormente, se apresenta como uma ocorrência que gera grande preocupação, uma vez que processos de inundações urbanas dessa ordem geram impactos de ampla abrangência, no tocante a perdas de ordem material e social. Medeiros (2015) traz o triste relato de uma inundação histórica que atingiu a área da avenida Rondon Pacheco no dia 11 de dezembro de 1986, onde no intervalo de duas horas de intensa precipitação (Fig. 44 [A]), muitos foram os estragos e prejuízos gerados pela inundação. E entre os vários danos causados, os maiores e irremediáveis foram a perda de vidas humanas ocorridas neste dia (SIEGLER,1989).



Figura 44 – [A] Efeitos do processo de inundação urbana ocorrido na avenida Rondon Pacheco no ano de 1986; [B] Em comparativo aos estragos de 1986 temos os impactos gerados pela inundação de 2022. **Fonte:** Portal G1.com; Jornal Diário de Uberlândia.

Dessa forma, encerraremos a discussão a respeito das inundações urbanas de caráter antropogênico, reforçando a necessidade do estudo e planejamento adequado das obras

ligadas a infraestrutura urbana. Pois, qualquer nível de negligência nesse processo pode gerar impactos negativos, as próprias estruturas e as populações que delas dependem, direta ou indiretamente. Tomar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento é um passo fundamental, porém ainda pouco posto em prática na gestão territorial das cidades, pois tal aplicação esbarra muitas vezes em questões de ordem teórica, política e orçamentária, dificultando sua real aplicação para fins de planejamento.

Embora já seja um passo importantíssimo, definir a bacia hidrográfica como unidade de planejamento não basta. Pois esse desafio se torna maior quando percebemos que a dinâmica das bacias hidrográficas urbanizadas possui uma lógica de funcionamento distinta das não urbanizadas. E dentre a vasta gama de processos existentes nas bacias hidrográficas, o presente trabalho se desafiou a apresentar parte dos processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos que se desenvolvem nesses ambientes dotados de uma dinâmica particular, que são as bacias hidrográficas urbanizadas. Processos estes que devido suas características particulares, fortemente atreladas as ações antrópicas e suas estruturas foram definidos como processos antropogênicos induzidos.

A classificação dos processos antropogênicos induzidos visa possibilitar que a dinâmica dos processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos nas bacias hidrográficas urbanizadas possa ser compreendida de maneira mais abrangente, podendo quem sabe contribuir para a melhor análise e aplicação das ações e tomadas de decisão relacionadas ao planejamento urbano nessas áreas. Pois, como foi apresentado no exemplo das inundações da avenida Rondon Pacheco, décadas se passaram, investimentos e obras foram realizados, porém, os impactos negativos gerados pelas

inundações persistem e se agravam ao passo que se intensificam os processos de ocupação e urbanização da bacia hidrográfica do córrego São Pedro (Fig. 44 [B]).

Por fim, dando desfecho ao capítulo que buscou tratar especificamente dos processos escoamento, definidos como escoamentos de alta difusão e as inundações urbanas, tratadas como inundações de caráter antropogênico, espera-se que esses conteúdos aqui desenvolvidos possam contribuir com as discussões a respeito dos processos hidrogeomorfológicos em áreas urbanizadas, apresentando como estes sofrem influência antrópica, otimizando e condicionando sua ocorrência.

CONSIDERAÇÕES

Considerações Finais

Adotar uma abordagem pautada na Geomorfologia Antropogênica se apresentou como um grande desafio, pois, embora seja uma temática que já possui um arcabouço teórico bem desenvolvido, as discussões entorno desse assunto ainda encontram certa resistência no meio científico, pois considerar o Homem como agente transformador do relevo terrestre, colocando-o com o mesmo destaque de agentes naturais de esculturação ainda é algo refutado por alguns acadêmicos ligados a ciência geomorfológica. No entanto, julgou-se fundamental ultrapassar essa barreira que repele certas discussões teórico-conceituais buscando contribuir com o amadurecimento necessário desse assunto.

Tendo como pano de fundo o município de Uberlândia – MG, foram analisados parte dos processos geomorfológicos existentes na área urbana do município, buscando compreender sua gênese e dinâmica de funcionamento, a partir de uma leitura antropogênica. Tal abordagem possibilitou compreender que tais processos possuíam características que diferenciava seu padrão de ocorrência nos ambientes urbanizados, onde sua dinâmica era influenciada e / ou controlada por fatores antrópicos. Nesse contexto surgiu a aplicação do conceito de processos antropogênicos induzidos e dos influenciadores e controladores estruturais a eles atrelados.

Tal proposição conceitual tem o intuito de contribuir com os estudos ligados as paisagens

urbanas, as quais devido seu elevado grau de alteração advindo dos processos de urbanização, possuem uma dinâmica de funcionamento distinta e complexa, que demanda de ferramentas que tenham sido pensadas para serem aplicadas diretamente a estas paisagens, levando em consideração os componentes que as formam.

Portanto, a apresentação dos ravinamentos e voçorocamentos, juntamente aos processos de piping, dos fluxos de escoamento superficial e das inundações desencadeadas e controladas por ações antrópicas, suscitou a possibilidade de uma nova categoria ou ponto de vista para a análise e interpretação dos processos geomorfológicos existentes nas áreas urbanizadas.

Desse modo, conclui-se que é possível e pertinente a aplicação de um método de análise a partir de um viés antropogênico para o entendimento de processos geomorfológicos em meios urbanizados, a exemplo do município de Uberlândia. Consideramos que tal abordagem seja fundamental para realização de uma análise mais coerente desses ambientes, pois, conforme já destacado a paisagem urbana é dinâmica e complexa, dotada de nuances que uma vez desconsideradas impossibilitam sua plena compreensão.

Por fim julgamos que os processos antropogênicos induzidos se apresentam como um desses componentes essenciais e a sua utilização poderá contribuir significativamente para o estudo dos processos geomorfológicos e hidrogeomorfológicos existentes nos meios urbanizados inseridos nos ambientes tropicais.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Ateliê Editorial: São Paulo, 2007. 321p.

ABREU, A. A. A Teoria Geomorfológica E Sua Edificação: Análise Crítica. **Rev. IG**, São Paulo, 4(112): 5-23, jan. / dez. 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v4i2.24>

AGUILAR, R. G., OWENS R., GIARDINO, J. R. The expanding role of anthropogeomorphology in critical zone studies in the Anthropocene. **Geomorphology**, v.366, 107165, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107165>

AUGUSTIN, C. H. R. R; ARANHA, P. R. A. Piping em áreas de voçorocamento, noroeste do Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.7, nº 1p. 09-18, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i1.56>

BACCARO, C. A. D. Os estudos experimentais aplicados na avaliação dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado. **Sociedade & Natureza. Uberlândia**: EDUFU, 5nºs 9 e 10, p. 55-62, 1993.

BACCI, M. B; VALDATI, J; PIMENTA, L. H. F. Pessoas, plantas e territórios: relações entre etnobotânica e fitogeografia da Mata Atlântica no entorno do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, SC. **Geosul**, v. 37, n. 83, p. 141-165, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2022.e83985>

BECKEDAHL, H. R; JONES, J. A. A; HARDENBICKER, U. Soil Piping: Problems and Prospects. In: MANDAL, S; et al. **Applied Geomorphology and Contemporary Issues**. 1ed.Switzerland: Springer Nature, p. 217–243, 2022.

BECKERDAHL, H.R; DARDIS, G.F. The role of artificial drainage in the development of soil pipes and gullies: some examples from Transkei, Southern Africa. In **Geomorphological Studies in Southern Africa**, G.F. Dardis & B.P. Moon (Eds.), Balkema, Rotterdam, 1988.

BERNATEK-JAKIEL, A; POESEN, J. Can soil piping impact environment and society? Identifying new research gaps. **Earth-Science Reviews** 185, 1107–1128, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.5431>

BERNUCCI, L. N. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3ed. Rio de Janeiro: PETRORAS: ABEDA, 504p, 2010.

BERTOLUCCI, L; SAGULA, M. F. R.; TENÓRIO, A. B. G. Dados populacionais: estimativas populacionais no ano de 2021 para os municípios componentes das Regiões Geográficas Intermediárias de Uberlândia, Uberaba e Patos de Minas. **BOLETIM**. Uberlândia: CEPES/IERIUFU, 37p., dez., 2021. Disponível em: <http://www.ieri.ufu.br/cepes/publicacoes/boletins/populacao>

BHUNIA, G.S., CHATTERJEE, U., SHIT, P.K., LALMALSAWMZAUVA, K.C. An Introduction to Anthropogeomorphology and Geospatial Technology. In: Bhunia, G.S., Chatterjee, U., Lalmalsawmzauva, K., Shit, P.K. (eds) **Anthropogeomorphology. Geography of the Physical Environment**. Springer, Cham, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77572-8_1

BONDUKI, N. Plano de avenidas. Folha de São Paulo, São Paulo, 1997, 14 de Fevereiro de 1997.

BRONSTERT, A; NIEHOFF, D; BÜRGER, G. Effects of climate and land-use change on storm runoff generation: present knowledge and modelling capabilities. **Hydrol Process** 16: 2002. 509–529p. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hyp.326>

BROWN, A. G. et al. The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status and implications. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 42, 71–90p, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.3943>

BROWN, E.H. Man Shapes the Earth. **Geographical Journal**, 136: 74–85, 1970. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/1795683>

CAIXETA, A. C. M. **Diversidade Geoambiental e potencial de infiltração na bacia do córrego São Pedro, em Uberlândia – MG. 2017** (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós Graduação em Geografia. Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/19847>

CAIXETA, A. C. M; FERREIRA, V. O; NISHIYAMA, L. Caracterização geotécnica e geoambiental da bacia do Córrego São Pedro-Uberlândia/MG: contribuição para

elaboração do plano de drenagem urbana. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG. v.31. p.1-24, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v31-2019-46344>

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. Ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARRIJO, R. B. BACCARO, C. A. D. Análise a sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia** 1(2)70-83, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/RCG2215254>

CARVALHO, D. L. R. Possibilidades da Cartografia Geomorfológica para o estudo da urbanização sob a perspectiva do meio físico. **Paisagens**, v.VI, n.6, 38 – 42p, 2004.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo; Contexto, 2ª Ed. 1995.

CASTRO, A. C. V. Parâmetros para a ocupação sustentável de áreas de fundo de vale no meio urbano: o caso da bacia hidrográfica do córrego Jaguaré, São Paulo. 348f. (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/28328>

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres**: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Desastres_Naturais_Voll.pdf

CHORLEY R J, SCHUMM S A, SUGDEN D E. **Geomorphology**. London: Methuen, 1985. 605p.

CHORLEY, R. J., DUNN, A. J., BECKINSALE, R. P. **A History of the Study of Landforms or the Development of Geomorphology**. v. 1, Geomorphology Before Davis. London: MethuenWiley. 1964.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 2ed. 11ª reimpressão 2008.

COCOZZA, G. P; OLIVEIRA, L. M. Forma urbana e espaços livres na cidade de Uberlândia (MG), Brasil. **Paisagem e Ambiente**: Ensaio - n. 32 - São Paulo - p. 9 – 32, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i32p9-32>

COELHO NETTO, A. L. HIDROLOGIA DE ENCOSTAS In: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Org. Guerra, A. J. T; Cunha, S. B. 10 Ed. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 93 – 148p, 2010.

COOPER, M; SILVA, A. P. Água no Solo: Características e Comportamento. In: **Física do Solo “Apostila”**. (Prof. Dr. Miguel Cooper & Prof. Dr. Álvaro Pires da Silva). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciência do Solo, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2015. 1 – 46p.

COOPER, M; SILVA, A. P. Arquitetura e Propriedades Físicas do Solo. In: **Física do Solo “Apostila”**. (Prof. Dr. Miguel Cooper & Prof. Dr. Álvaro Pires da Silva). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Ciência do Solo, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2015. 1 – 49p.

CSIMA, P. Urban Development and Anthropogenic Geomorphology. In: LÓCZY D. **A Guide to Man-Made Landforms**. Dordrecht: SPRINGER. p. 179 – 187, 2010.

DANELON, J. R. B; BACELOS, A. C. Processos antropogênicos induzidos em áreas urbanizadas. **Mercator**, Fortaleza, v.22, 2023. 1-14p. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/rm2022.e21033>

DAS, B. C; GHOSH, S; ISLAM, A; ROY, S. An Appraisal to Anthropogeomorphology of the Bhagirathi-Hooghly River System: Concepts, Ideas and Issues. In: DAS, B. C; GHOSH, S; ISLAM, A; ROY, S (Org.) **Anthropogeomorphology of Bhagirathi-Hooghly River System in India**. Abingdon: CRC Press. 584p.,2020.

DIAO, C; HUAN, M; LI, M.; et al. Brief introduction on human geomorphic Force. **Journal of Southwestern Normal University** (Natural Science Edition), 25(4): 462–466. 2000.

DOWNES, R.G. Tunnelling erosion in north-eastern Victoria. **Journal of the Council of Scientific and Industrial Research** 19: 283–92, 1946.

ELNAZER, A. A; SALMAN, S.A; ASMOAY, A.S. Flash flood hazard affected Ras Gharib city, Red Sea, Egypt: a proposed flash flood channel. **Nat Hazards** 89: 2017, 1389–1400p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3030-0>

EMBRAPA – **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos et. al. 5 Ed. Brasília, DF: Embrapa, 356p., 2018.

EVANS, O. et. al. A Review of the Classification of the Landslides of the Flow Type. **Environmental & Engineering Geoscience**, v.7, n.3, August, 2001. 221 – 238p. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(00\)00118-6](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(00)00118-6)

FARIAS LIMA, I; MEIGUINS DE LIMA, A. M; Akio Kubota, N. Voçorocas me áreas de mineração como componente da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Guamá, Amazônia Oriental. **Revista GEONORTE**, 12(39), p. 149 – 169. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21170/10.21170/geonorte.2021.V.12.N.39.149.169>

FÁTIMA, M. **Impactos da drenagem urbana na saúde pública em municípios de pequeno porte no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. Recife, 2013. 250 f. Tese (doutorado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/12911>

FERNANDES, C. M; LEME, A. A; LENK, W. A formação econômica e urbana de Uberlândia e o Programa Minha Casa Minha Vida: interesses político-econômicos e desafios sociais. In: **Anais da 12ª Conferência Internacional de História de Empresas**. Vitória, Espírito Santo. 2015.

FERRARI, C. **Curso de planejamento municipal integrado**. São Paulo: Livraria Pioneira, 1977.

FERREIRA, I. L; SOUZA, L. H. F; RODRIGUES, S. C. Estudos geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do Rio Araguari - Mg: destaque para a importância da cartografia geomorfológica. **Espaço e Geografia** (UnB), v. 10, p. 145-173. 2007. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/39795>

FEW, R.; AHERN, M.; MATTHIES, F.; KOVATS, S. **Floods, health and climate change: a strategic review**. Tyndall Centre, 2004. 138p. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://researchonline.lshrm.ac.uk/id/eprint/13333/1/Floods,%20health%20and%20climate%20change.pdf>

GILBERT, G. K. **Report on the Geology of the Henry Mountains**. United States Geological and Geographical Survey, Rocky Mountains Region: General Printing Office: Washington DC. 1877. 178p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=0MsJAQAAIAAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=Report+on+the+Geology+of+the+Henry+Mountains.+United+States+Geological+and+Geographical+Survey,+Rocky+Mountains+Region&ots=VsFR31CXPC&sig=qjLT0hJARrp_b-TQw-ZpJMIRhXk#v=onepage&q&f=false

GILBERT, G.K. Hydraulic-Mining Debris in the Sierra Nevada. Washington: **United States Geological Survey**, Professional Paper 105. 154p. 1917.

GOERL, R F; KOBAYAMA, M; SANTOS, I. Hidrogeomorfologia: Princípios, Conceitos, Processos e Aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.13, n.2, (Abr-Jun) p.103-111, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v13i2.166>

GOERL, R.F.; KOBAYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2005, João Pessoa, Anais... 2005.

GOUDIE, A. **Encyclopedia of Geomorphology**. Routledge: London, 2004, 1200 p.

GOUDIE, A. S. **Human Impact on the Natural Environment**. Basil Blackwell, Oxford. 472p, 1981.

GOUDIE, A. S. **The Human Impacts on the Natural Environment**. 4 ed. Oxford: Blackwell. 2013.

GOUDIE, A. S. **The impacts of humans on geomorphology**. Geological Society, London, *Memoirs*, 58 (1), 2022.

GOUVEIA, I. C. M. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas: aplicação da abordagem da geomorfologia antropogênica na bacia hidrográfica do Rio Tamanduateí, na região metropolitana de São Paulo**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: [doi:10.11606/T.8.2010.tde-31012011-123012](https://doi.org/10.11606/T.8.2010.tde-31012011-123012).

GRUNTFEST, E; HANDMER, J. **Coping with flash floods**. Springer Science & Business Media, 2012. 322p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=pwsczTbbY9sC&oi=fnd&pg=PR11&dq=GRUNTFEST+e+HANDMER,+2001&ots=uV49bzlvRM&sig=r1-jnLxt9xSCT3uO0YGtXAbMvOc#v=onepage&q&f=false>

GUERRA, A J. T. CUNHA, S. B. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 10 Ed. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2010.474p.

GUERRA, A J. T. Processos erosivos em encostas. In: **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Org. Guerra, A. J. T; Cunha, S. B. 10 Ed. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2010. 149 – 209p.

GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 652p.

HAMMAMI, S; et. al. Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunísia). **Arabian Journal of Geosciences**: 2019, v.12: 653. 1-16p. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4754-9>

HART, M.G. **Geomorphology, pure and applied**. London: George Allen e Unwin. 1986.

HOOKE, R. L. On the efficacy of humans as geomorphic agents. **GSA Today**, v. 4, n. 9, p. 217, 224-225, 1994.

HUGGETT, R. J. What is Geomorphology. In: **Fundamentals of Geomorphology**. Routledge, Taylor & Francis e-Library. 2007. p. 3 - 30.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/uberlandia/panorama>

JONES, J.A.A. The effects of soil piping on contributing areas and erosion patterns. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.12:229-248. 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/esp.3290120303>

KAFLE, J; DANGOL, B. R; TIARI, C. N; KATTEL, P. Dynamics of landslide-generated tsunamis and their dependence on the particle concentration of initial release mass. **European Journal of Mechanics - B/Fluids**. v, 97, Jan.– Feb., 146-161p, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.euromechflu.2022.10.003>

KAHTOUNI, S. **A cidade das águas**. São Paulo: RiMa, 2004.

KENNEDY, B. A. **Inventing the Earth: Ideas on Landscape Development Since 1740**. Oxford: Blackwell, 2005.

KRIWACZEK, P. **Babilônia: A mesopotâmia e o nascimento da civilização**. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 2018. 382p.

KURODA, C. Y. **Análise do sistema de drenagem urbana na região do Parque de Exposições Francisco Feio Ribeiro, Maringá-PR**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação

em Engenharia Urbana, 2016. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.peu.uem.br/Christopher2.pdf>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LEINZ, V; AMARAL, S. E. **Geologia Geral**. Companhia Editora Nacional; 1ª Ed., 1949. 432p.

LEOPOLD, L. B. **Hydrology for urban land planning**: A guidebook on the hydrologic effects of urban land use. US Geological Survey, 1968. 18p. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=J6jLOn2juZkC&oi=fnd&pg=PA1&dq=leopold+1968+hydrolog+for+urban+planning&ots=x7G8rMGvVr&sig=FpYDO4OUU5cD3ZsqqJcxX-ddGtY#v=onepage&q&f=false>

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de Texto: São Paulo, 2002. 216p.

LI, J; YANG L; PU, R; LIU Y. A review on anthropogenic geomorphology. *J. Geogr. Sci*, 27(1): 109-128, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11442-017-1367-7>

LIMA, C. R. **Urbanização e intervenções no meio-físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica**. 105f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Departamento de Geografia FFLCH – USP, São Paulo, 1990.

LUO, K; ZHANG, X. Increasing urban flood risk in China over recent 40 years induced by LUCC. **Landscape and Urban Planning**. v19, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104317>

MAIA, D. S. Cidades Médias e Pequenas do Nordeste: Conferência de Abertura. In: LOPES, D. M. F.; HENRIQUE, W. (Orgs.) **Cidades Médias e Pequenas: Teorias, Conceitos e Estudos de Caso**. Salvador: SEI. p.15-41, 2010.

MANDAL, S.; MAITI, R., NONES, M., BECKEDAHL, H. R. Applied Geomorphology and Contemporary Issues. 1ed.Switzerland: **Springer Nature**, p. 217–243, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-04532-5>

MARSH, G.P. **The Earth as Modified by Human Action**. C. Scribner: New York. 1874. 629p. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=pDh_AAAAMAAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=The+Earth+as+Modified+by+Human+Action&ots=37ByxRcr3q&sig=4yFMJYTPIDoj714XCAj1iRlemSU#v=onepage&q&f=false

MARSH, W. **Landscape planning: environmental applications**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 528p. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/titel/1783073>

MARTINS, T. I. S. **Mapeamento Geomorfológicos da folha da Piumhi, Minas Gerais** (2013). 157f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16163>

MARTONNE E. de. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico II. Rio de Janeiro, **Rev. Bras. Geogr.**, 5 (4), p. 523-550. 1944.

MARTONNE, E. D. **Tratado de Geografia Física: Biogeografia**. Juventud, 1964. 526p.

MARTONNE, E. de. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico I. Rio de Janeiro, **Rev. Bras. Geogr.**, 5 (4), p. 3-26. 1943.

MARTONNE, E. de. **Traité de géographie physique**. 9 ed. Paris, Armand Colin, v.2. 1950.

MARSH, G. P. **Man and Nature: Physical Geography as Modified by Human Action**. Londres: S. Low, Son e Marston, 560p, 1864.

MASSAD, F. **Escavações a céu aberto em solos tropicais: região centro-sul do Brasil**. Oficina de Texto: São Paulo, 2005. 96p.

MATA-LIMA, H. et al. Comportamento hidrológico de bacias hidrográficas: integração de métodos e aplicação a um estudo de caso. **REM: R. Esc. Minas**, Ouro Preto, 60(3): 525-536, jul. set. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0370-44672007000300014>

MATOS, M. F. A; AMARO, V. E; SCUDELARI, A. C; ROSADO, S. B. Estimativas das alterações de longo prazo na linha de praia do Litoral Oriental do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.23, n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v23i1.1953>

MCGEE, W. J. **The geology of the head of Chesapeake Bay**. Annual Report of the United States Geological Survey 7, 537–646, 1888.

MITCHELL, J. K; SOGA, K. **Fundamentals of Soil Behavior**. 3 Ed. John Wiley & Sons, INC. 1976. 558p.

MONTEIRO, L. R; KOBAYAMA, M; ZAMBRANO, F. C. Mapeamento de Perigo de Inundação. Porto Alegre: UFRGS/IPH/GPDEN,2015. 91p.

MONTGOMERY, D. R.; BOLTON, S. M. Hydrogeomorphic Variability and River Restoration. In: WISSMAR, R. C. e BISSON, P. A. (ed.) **Strategies for Restoring River Ecosystems: Sources of Variability and Uncertainty in Natural and Managed Systems**. American Fisheries Society Publication: Maryland, p. 39-80, 2003. Disponível em: <chromeextension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://people.wou.edu/~taylors/g407/restoration/Montgomery_Bolton_2003_Hydrogeomorph_restoration.pdf>

MORAES, A. C. R., **Geografia: Pequena História Crítica**. São Paulo: Hucitec, 1994. 152p.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. John Wiley & Sons, 2009. 320p.

MOTA, A.A; KOBAYAMA, M. Reconsiderações sobre a Fórmula de Kirpich para o cálculo de tempo de concentração. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2014. Disponível em: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/176/78600f4f6fa84d6c5d7b611ec565a7b2_5b5c74cd9547089745afc6f5fb1ab676.pdf

MU, D. et al. Impact of temporal rainfall patterns on flash floods in Hue City, Vietnam. **Journal of Flood Risk Management**, 14 (1): 2021. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12668>

MUEHE, D. **Panorama da erosão costeira no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018. 759 p.

MULLINS, C.E.; MacLEOD, D.A.; NORTHCOTE, K.H.; TISDALL, J.M. & YOUNG, I.M. Hardsetting soils: Behavior, occurrence and management. **Adv. Soil Sci.**,11: 37-108p, 1990. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-3322-0_2

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem, Ketem Pub. House, 1983.

NISHIYAMA, Luiz. **Procedimentos de mapeamento geotécnico como base para análise e avaliações ambientais do meio físico em escala 1:100.000 aplicação no município de Uberlândia - MG**. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/000979238>

NOVAIS, G. T. **Caracterização climática da mesorregião Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba e do entorno da Serra da Canastra (MG)**. 2011. 175f. (Dissertação de Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16101>

PEDROSA, A. S; NARDIN, C. F. R; DANELON, J. R. B. Os riscos de inundações urbanas: uma proposta de gestão das águas pluviais nos aglomerados urbanos. In: **Geografia, Cultura e Riscos**: Livro de Homenagem ao Prof. António Pedrosa. Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal. 2016. p. 309 – 340.

PELOGGIA, A. U. G. A cidade, as vertentes e as várzeas: A Transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, 24 – 31p, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0002>

PENTEADO, M. M. **A geomorfologia no contexto social**, Geomorfologia e Planejamento, São Paulo, Igeop-Usp (34), 1981.

PEREIRA, J. S. **Mapeamento das voçorocas e análise da susceptibilidade erosiva no município de Uberlândia, MG**. 2021 197 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2021.5529>

PETRUCCI, E. **Caracterização climática de Uberlândia: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. 2018. 245f. (Dissertação de Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/20810>

PIERSON, T.C. Soil pipes and slope stability. Q. J. **Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology**. v.16:1-11, 1983. Disponível em: <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEG.1983.016.01.0>

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico. **MI - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional**. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional: Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab>

PLATE, H. Flood risk and flood management. **Journal of Hydrology**, v. 267, 2002, 2-11p. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00135-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00135-X)

RAMOS-PEREIRA, A. Alguns marcos na evolução da geomorfologia em Portugal. In: **Contribuições para a Geomorfologia e Dinâmicas Litorais em Portugal** (pp.5-27), 1994. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/312039627>

RICHARDS, K. **Fluvial Geomorphology**. Progress in Physical Geography, v. 12, p. 435-456, 1988. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/03091333870110030>

RODRIGUES, A. M. A Questão Ambiental e A (Re) Descoberta do Espaço: Uma Nova Relação Sociedade/Natureza. **BOLETIM PAULISTA DE GEOGRAFIA**, SÃO PAULO, v. 73, p. 35-72, 1994.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia aplicada**: avaliação de experiências e instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiro. 279f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Departamento de Geografia FFLCH – USP, São Paulo, 1997.

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, 17, 101-111p, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0008>

RODRIGUES, S. C. Avaliação e recuperação da área degradada (voçoroca) no interior da Fazenda Experimental Do Glória no município de Uberlândia (MG). **Boletim Goiano de Geografia** (Online), v. 30, p. 29-42, 2010. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3711974>

RODRIGUES, S. C. Cartografia e simbologia geomorfológica: Evoluindo da cartografia tradicional para o uso de simbologia digital. **Revista Brasileira de Geomorfologia** - v. 10, nº 2. 107 – 114p, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v11i1.136>

RODRIGUES, S. C. Degradação dos Solos no Cerrado. In: Antonio José Teixeira Guerra; Maria do Carmo Oliveira Jorge. (Org.). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v., p. 51-85, 2014.

RODRIGUES, S. C. Some Practices of Gully Rehabilitation in Central Brazil. In: Jagdish Chander Dagar; Anil Kumar Singh. (Org.). **Ravine Lands: Greening for Livelihood and Environmental Security**. 1ed. Berlin: Springer Singapore, v., p. 183-193, 2018. Disponível em: [DOI:10.1007/978-981-10-8043-2_7](https://doi.org/10.1007/978-981-10-8043-2_7)

RODRIGUES, S. C.; CONFESSOR, J. G.; BARCELOS, A. C. Gully recovery practices in a Central Brazil environment. In: Antonio Avelino Batista Vieira; Antonio Bento-Gonçalves; Silvio Carlos Rodrigues. (Org.). **Geomorphological changes in fire affected landscapes: field and laboratory techniques for soil erosion analysis**. 1ed.Coimbra: Universidade de Coimbra, 2022, v. 1, p. 33-47.

RODRIGUES, S. C; ALVES, R. R.; ALVES, R. R; ROCHA, É. A. V. Evolução de voçorocas no ambiente do Cerrado. Uma Contribuição a Mensuração e Avaliação de Processos Erosivos. In: Associação Portuguesa de Geomorfólogos. (Org.). **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**. Braga: APGEOM, v. VI, p. 191-196, 2009.

RODRIGUES, T.F.; COSTA, R.C. Geomorfologia Urbana e Riscos em Manaus (AM). **Revista GEONORTE**, 5(18), p. 35 – 40, 2014. Disponível em: periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1436

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista Do Departamento De Geografia**, 8, 63-74, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>>

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 2001.

ROUX, G. **Mesopotamia: História, Política, Económica y Cultural**. 4 ed. Madrid: Akal, S.A., 494p, 2002.

SAKALS, M. E.; INNES, J. L.; WILFORD, D. J.; SIDLE, R. C.; GRANT, G. E. The role of forests in educing hydrogeomorphic hazards. **Forest Snow Landscape Research**, v. 80 n. 1, p. 11- 22, 2006. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/27230>

SANTOS, F. A. Urbanização e salubridade na cidade de São Paulo, 1911-1930. In: In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA**, 23., 2005, Londrina. Anais do XXIII Simpósio Nacional de História – História: guerra e paz. Londrina: ANPUH, 2005. CD-ROM. Disponível em: <https://anpuh.org.br/index.php/documentos/anais/category-items/1-anais-simposios-anpuh/28-snh23?start=0>

SANTOS, M. **Por uma Geografia nova**, São Paulo: HUCITEC, 1986.

SANTOS, R. D. **Antropogeomorfologia da ocupação de áreas de risco em Petrópolis (RJ): análise ambiental urbana (2007)**. 271f. Tese de Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de

Janeiro, 2007. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://objdig.ufrj.br/16/teses/673817.pdf>

SAQUET, M. A; SILVA, S. S. MILTON SANTOS: concepções de Geografia, Espaço e Território. **Geo UERJ** - Ano 10, v.2, n.18, 24-42p., 2008. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/1389/1179>

SARAIVA, M. G. **O rio como paisagem: gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território**. Editora Fundação Calouste Gukbekian. Fundação para a Ciência e Tecnologia, Lisboa, 1999.

SAUER, C. O The morphology of landscape. California: University of California **Publications in Geography** 2: 19-53. 1925.

SCHEIDEGGER, A. E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**, n. 20, p. 193-215, 1973. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(73\)90061-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(73)90061-9)

SIDLRE, R. C; ONDA, Y. Hydrogeomorphology: overview of an emerging science. **Hydrological Process**. 18,2004. 597–602p. [DOI: 10.1002/hyp.1360](https://doi.org/10.1002/hyp.1360)

SIEGLER, I.A. Avenida Rondon Pacheco, canal aberto ou fechado. **Sociedade & Natureza** (Versão Impressa). v.1(1), p. 35 38. Uberlândia. Jun. 1989.

SILVA, A. H. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia-MG**. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16095>

SILVA, A. J. N; CARVALHO, F. G. Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um latossolo amarelo de tabuleiro costeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 853 – 862p. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500003>

SILVA, R. E. **Assinaturas topográficas humanas (ATH'S) no contexto dos canais derivados multifuncionais e suas repercussões hidrogeomorfológicas**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/21226>

SILVA, T. I; RODRIGUES, S. C. Elaboração De Um Tutorial De Cartografia Geomorfológica Como Alternativa Para O Ensino De Geomorfologia. **Revista Geográfica**

Acadêmica, v. 3, p. 85-94, 2009. Disponível em: <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-geografica-academica/articulo/elaboracao-de-um-tutorial-de-cartografia-geomorfologica-como-alternativa-para-o-ensino-de-geomorfologia>

SILVA, T. M; EDUARDO, C. C. Transformações Geomorfológicas na cidade do Rio de Janeiro durante os séculos XIX e XX. **Geo UERJ**, n. 37. 1 – 20p, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/geouerj.2020.48492>>

SILVEIRA, W. et al. **História das Inundações em Joinville: 1851 – 2008**. Curitiba: Editora Organic Trading, 2009.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. **Ministério do Desenvolvimento Regional**. Ministério do Desenvolvimento Regional: Brasília, 2020. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos>

SOHN, Y. K; RHEE, C. W; KIM, B. C. Debris Flow and Hyperconcentrated Flood-Flow Deposits in na Alluvial Fan, Northwestern Part of the Cretaceous Yongdong Basin, Central Korea. **The Journal of Geology**, v.107, p. 111–132, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/314334>

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 23 p. (**Biogeografia**, 14), 1978.

STEVAUX, J. C; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Texto, 2017. 320p.

SUDERHSA - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Curitiba – PR**. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Curitiba, 2002. 150p. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf

SZABÓ, J. Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. In: SZABÓ, J; DÁVID, L; LÓCZY D. **Anthropogenic Geomorphology - A Guide to Man-Made Landforms**. Dordrecht: SPRINGER, 2010. p. 3 – 10. Disponível em: [DOI: 10.1007/978-90-481-3058-0_1](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3058-0_1)

TAROLLI, P; CAO, W; SOFIA, G; EVANS, D. E; ELLIS, E. C. From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. **Progress in Physical Geography** 43(1), 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0309133318825284>

TAROLLI, P; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscape. **Geomorphology**, v.255, 15 Feb., 2016, p. 140-161. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.007>

TOLEDO, B. L. **Prestes Maia e as origens do Urbanismo moderno em São Paulo**. São Paulo: Ed. ABCP, 2005.

TOY, T. J; HADLEY, R. F. **Geomorphology and Reclamation of Disturbed Lands**. Academic Press, 1987. 480p.

TRICART, J. **Geomorphologie Appllicable**. Elsevier-masson, 1978. 201p.

TSERMEGAS I. Anthropogenic transformation of the relief of the Aegean Islands. *Miscellanea Geographica*, 19(2): 40–49, 2015. Disponível em: http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.ojs-issn-0867-6046-year-2015-volume-19-issue-2-article-bwmeta1_element_doi-10_1515_mgrsd-2015-0009/c/7-8e774b9a-c4fb-469a-93e7-659223ccb242.pdf.pdf

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Programa de Modernização do Setor Saneamento, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/33435134/GestaoAguasPluviaisUrbanas.pdf>

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Oficina de Texto: São Paulo, 2007. 393p.

TUCCI, C. E. M. **Regulamentação da Drenagem Urbana no Brasil**. *Revista da Gestão de água da América Latina*, v.13, n.1, p.29-42, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.21168/rega.v13n1.p29-42>

TUCCI, C. E. M; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

VERSTAPPEN, H. T. **Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development**. Elsevier, 1983. 450p.

VIEIRA, A.A.B. (Org.); RODRIGUES, S. C. (Org.). **Soil Erosion Current Challenges and Future Perspectives in a Changing World**. 1. ed. London: IntechOpen, 2021. v. 1. 234p.

WILFORD, D. J.; SAKALS M. E.; INNES, J. L.; SIDLE, R.C.; BERGERUD, W. A. Recognition of debris flow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics. **Landslides**, n.1, p. 61-66, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10346-003-0002-0>

WMO – World Meteorological Organization. **Guide to hidrological pratices**. Publication No. 168, WMO, Geneva, 1994. pp. 735. Disponível: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015031654>

WOEIKOF, A. I. **De l'influence de l'homme sur la terre**. In: Annales de Géographie, t. 10, n°51. p. 193-215, 1901.

WOEIKOF, A. I. **De l'influence de l'homme sur la terre**. In: Annales de Géographie, t. 10, n°51. p. 193-215, 1901.

ZHU, T.X; LUK, S.H; CAI, Q.G. Tunnel erosion and sediment production in the hilly loess region, North China. **Journal of Hydrology** 257: 78–90, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00544-3](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00544-3)

