

## **EROSÃO URBANA: A PROBLEMÁTICA DAS CRATERAS ASFÁLTICAS**

### **URBAN EROSION: THE ISSUE OF ASPHALT POTHOLES**

### **EROSIÓN URBANA: EL PROBLEMA DE LOS CRÁTERES DE ASFALTO**

#### **Jaqueline Silva Caetano**

Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Frutal.

Avenida Professor Mário Palmério nº1000, Bairro Universitário, CEP:38.200-000 Frutal (MG).  
jaquelinecaetanotrab@gmail.com

#### **Leandro de Souza Pinheiro**

Doutor em Geografia pela Unesp – Rio Claro. Professor na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Frutal.

Avenida Professor Mário Palmério nº1000, Bairro Universitário, CEP:38.200-000 Frutal (MG).  
leandro.pinheiro@uemg.br

#### **Adriano Reis de Paula e Silva**

Mestre em Geografia e Gestão do Território pela Universidade Federal de Uberlândia. Professor na Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) – Unidade Frutal

Avenida Professor Mário Palmério nº1000, Bairro Universitário, CEP:38.200-000 Frutal (MG).  
adriano.reis.paula@uemg.br

## **RESUMO**

O espaço geográfico é constituído por um elo entre a sociedade e a natureza e para sua constituição foram necessárias muitas alterações no sistema natural. Esse processo desencadeou inúmeras mudanças, em que, muitas das vezes ocorreram sem o devido planejamento e ocasionaram no engendramento do urbano e nas múltiplas e difusas problemáticas relacionadas a superfície do relevo, a hidrologia e a degradação do pavimento asfáltico. Dessarte, este artigo tem por objetivo analisar de forma exploratória os fatores morfológicos da superfície pavimentada condicionantes para o desenvolvimento das crateras asfálticas em perímetro urbano. Por meio de estudo em campo foram selecionados pontos da cidade de Frutal-MG que apresentavam crateras em níveis acentuados e sobrepostos em morfologias de superfície dessemelhantes, sempre levando em consideração também as feições geomorfológicas presentes. Foi constatado que a morfologia da superfície pode contribuir para aumentar a problemática das crateras urbanas, assim como a falta da percepção sistêmica no planejamento urbano da cidade.

**Palavras-chave:** Micro relevo de arruamentos; Fluxo superficial; Degradação asfáltica; Análise sistêmica; Cidade de Frutal - MG.

## ABSTRACT

The geographical space is composed of a link between society and nature, and, many alterations in the natural system were necessary for the constitution of this geographical space. This process triggered innumerable changes which, at times, happened without adequate planning and lead to urban space engendering accompanied by multiple and diffuse issues related to the relief surface, hydrology and asphaltic pavement degradation. Therefore, this paper aims to analyse, in an explorative way, the morphological factors of the paved surface which favor the development of asphalt potholes within the city limits. By means of field studies in the city of Frutal - MG, Brazil, areas, which had potholes located on different morphological surfaces with a high rate of degradation, were selected, always bearing in mind the geomorphological features present. What was determined is that the surface morphology can contribute to enhance the issue of urban potholes, as well as the lack of systemic perception in urban planning.

**Keywords:** Streets' s micro relief; Runnof; Asphaltic degradation; Systemic analysis; city of Frutal - MG.

## RESUMEN

El espacio geográfico es constituido por un puente entre la sociedad y la naturaleza, y para su constitución fueron necesarias muchas alteraciones en el sistema natural. Este proceso desencadenó innumerables cambios en el cual, muchas veces, ocurrieron sin la planificación adecuada y la evolución del espacio urbano causó múltiples y diferentes problemáticas relacionadas a la superficie del relieve, la hidrología y al desgaste del pavimento asfáltico. Este artículo tiene como objetivo analizar de forma exploratoria los factores morfológicos de la superficie pavimentada, condicionantes para el desenvolvimiento de los cráteres en el asfalto del perímetro urbano. Mediante un estudio realizado, fueron seleccionados puntos de la ciudad de Frutal-MG, Brasil, que presentan cráteres en niveles acentuados y sobrepuestos en morfologías de superficie desiguales, teniendo en cuenta las características geomorfológicas. Se constató que la morfología de la superficie puede contribuir al aumento de los cráteres asfálticos, así como la falta de percepción sistemática en la planificación urbana.

**Palabras Clave:** Micro relevo em las calles; Flujo Superficial; Desgaste del asfalto; Ciudad de Frutal - MG.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao nos depararmos com a relação sociedade e ambiente urbano, os conceitos e estudos relacionados à geomorfologia urbana podem oferecer variadas possibilidades na busca de novos parâmetros para o reconhecimento dessa relação. Considerada subdivisão da geomorfologia e um dos vários ramos da ciência geográfica, a geomorfologia urbana ganha evidência e notoriedade quando labutamos a ação dos processos e dinamicidades sobre um ambiente artificial, ou seja, o ambiente urbano. A necessidade dessa subdivisão parte do princípio de alterações consideráveis provocadas no meio natural e mais do que tudo, a preocupação com as novas problemáticas engendradas por essa alteração (JORGE, 2011).

Quando as problemáticas concernem à erosão, há algumas observações gerais sobre a sua ocorrência que devem ser mencionadas. A primeira delas diz respeito a sua própria existência, sendo tão antiga quanto a própria agricultura. À vista disso, a segunda é relacionada ao que se compreendeu durante todo esse tempo de retirada da vegetação e/ou alteração da paisagem, diante das necessidades antrópicas sobre o uso de tal recurso natural, deixando o solo desprotegido e suscetível a sofrer danos relacionados ao escoamento pluvial superficial e/ou com o impacto das gotas de chuva (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2005).

Contudo, não é apenas esse cenário que alterou toda a dinamicidade da vertente, certamente a impermeabilização do solo advindo do desenvolvimento das cidades e consequentemente da urbanização foi a reconfiguração mais expressiva do espaço geográfico e novamente na fomentação de novas problemáticas ambientais relacionadas a erosão. Os processos naturais estarão sempre presentes no sistema antrópico e certamente eles podem ser retardados quanto intensificados.

De fato, a erosão é “um processo que se traduz na desagregação, transporte e deposição do solo, subsolo e rocha em decomposição, pelas águas, ventos ou galerias” (FENDRICH et al., 1997, p.20) e diante disso deve ser considerada um fator natural, necessário e importante em escalas tempo-espaciais para o modelamento do relevo. Porém, nesse trabalho em questão a complexidade dos agentes naturais parte do princípio sistêmico concebido por Bertalanffy (1973) e relaciona-se à estruturação urbana e aos efeitos naturais do que era antes considerado natureza, entretanto agora modificado. O pressuposto aqui diz respeito ao ambiente artificial, logo, no solo em que estamos frequentemente estruturados — o pavimento asfáltico, que sofre com os efeitos da erosão especificamente hídrica e consequentemente com sua degradação, todavia, com aspectos mais específicos e intrínsecos relacionados a morfologia da vertente.

É necessário enfatizar que os condicionantes de crateras urbanas ou os popularmente conhecidos buracos podem ser ocasionados pela erosão hídrica (escoamento pluvial superficial), onde seu sucedimento pode variar de acordo com a velocidade do escoamento e intensidade da precipitação, pois, segundo Bertoni e Lombardi Neto (2005) a velocidade e intensidade são os dois fatores mais significantes no condicionamento de erosões e por interpretação não é apenas o solo, mas também o pavimento asfáltico que sofre com degradação. Dessa forma, esses fatores se interligam aos condicionantes da morfologia da superfície do pavimento, isto é, as distinções entre as formas de vertentes caracterizadas por Christofolletti (1980).

Os formatos de vertentes nos dizem muito sobre as dinamicidades estruturais do relevo e dessa forma podem influenciar diretamente nas configurações dos arruamentos e do pavimento asfáltico. No entanto, a morfologia de vertentes é pouco considerada para o planejamento das atividades de pavimentação, no caso das áreas analisadas a situação se agrava por serem arruamentos anteriores à década de 90, quando a importância do planejamento era, ainda, mais negligenciada.

Muito além disso, a morfologia descrita por Christofolletti (1980) deixa explícito que vertentes convexas possuem fator dissipador de água, já as vertentes retilíneas mantêm a água no padrão de uniformidade do relevo e por fim, as vertentes côncavas que são antagônicas às vertentes convexas e concentram água. Dessarte, essas características são grandes influenciadoras na durabilidade do asfalto

e, não somente essas, mas, declividade, rupturas topográficas, deficiências estruturais provocadas por atividades antrópicas, entroncamentos, entre outras, a morfologia da superfície do pavimento (se ele é retilíneo, ou se possui ondulações para escoamento de enxurradas).

Importa considerar que é comum haver confusões, quando a Geografia trata de questões como degradação de pavimento asfáltico, com o trabalho desenvolvido pelas Engenharias. No entanto, a abordagem geográfica permite a observação de fenômenos basicamente qualitativos e sistêmicos e que influenciam na geomorfologia urbana, permitindo também o trabalho em conjunto com engenheiros sem perder o seu caráter geográfico.

o objetivo geral da pesquisa em questão é fazer a análise exploratória referente aos fatores morfológicos da superfície pavimentada condicionantes para o desenvolvimento das crateras asfálticas em perímetro urbano. Assim, para atingir o objetivo geral, foram traçados os seguintes objetivos específicos: Caracterização dos locais de ocorrência das crateras urbanas; Análise da morfologia da vertente, da estruturação do arruamento e das formas de escoamento hídrico superficial; Estudo da dinamicidade entre os fatores naturais e antrópicos; Proposição de soluções para a mitigação do engendramento de crateras asfálticas em ambiente urbano.

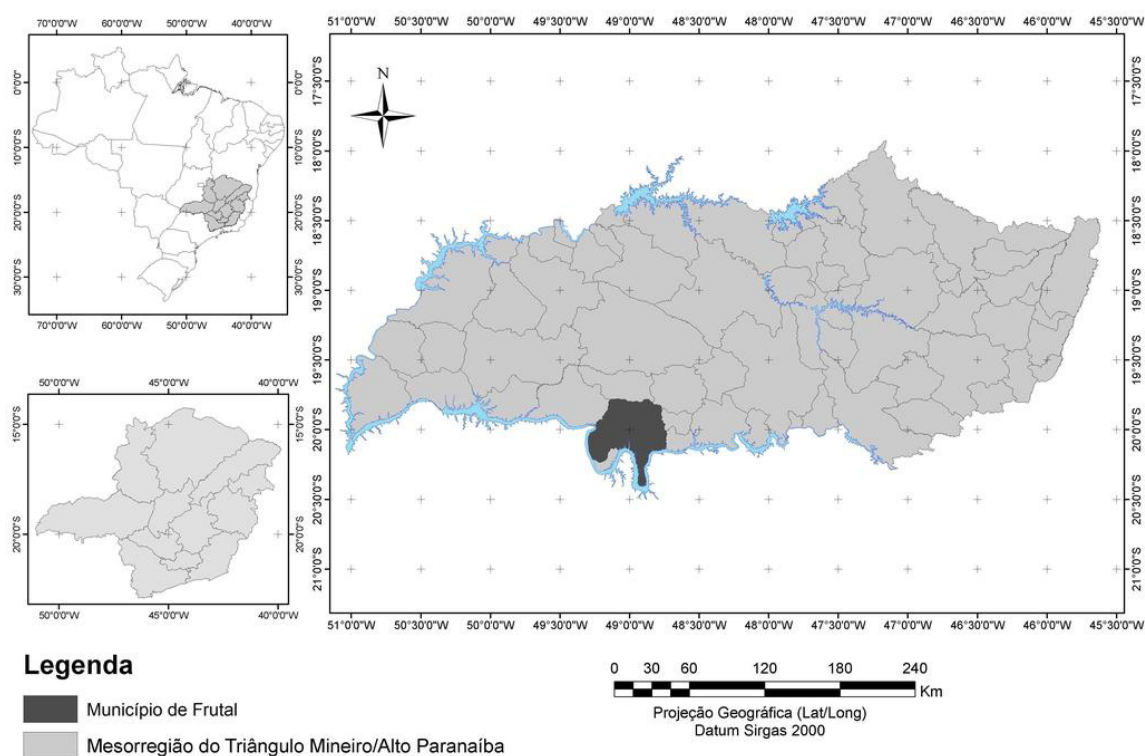
## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Área de Estudo

O município de Frutal, sob as coordenadas geográficas 20°01'29"S e 48°56'26"O, de acordo com dados do IBGE (2018) possui área total de 2.426,965 km<sup>2</sup>, com população estimada em torno de 58.962 indivíduos. Na divisão administrativa do Estado de Minas Gerais suas terras se encontram na Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Figura 1), fazendo divisa com os municípios de Planura, Pirajuba, Campo Florido, Comendador Gomes, Itapagipe e Fronteira.

O relevo de Frutal pode ser caracterizado, segundo Pinheiro; Caetano e Pereira (2018, sp.) “plano ou suavemente ondulado, assentado sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, suas altitudes variam entre 500 e 600 m, apresenta relevo residual de chapadões e morros testemunhos da Formação Marília e Formação Adamantina [...]”, possuindo solos classificados em Latossolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho. Os mesmos apresentam segundo os autores supracitados, proporções de ferro variantes, com textura arenosa e areno-argilosa.

Das características climatológicas, segundo Goodland e Ferri (1979) apresenta uma estação seca bem definida, tendo variância de três a quatro meses de duração, abarcando os meses de maio, junho, julho, agosto e grande parte do mês de setembro, as temperaturas nesse período são um pouco mais baixas do que às dos demais meses. Segundo Pinheiro; Caetano e Pereira (2018, s.p.) “o clima predominante é o tropical sazonal, de inverno seco e verão chuvoso”, os três meses mais úmidos são novembro, dezembro e janeiro, onde se concentram a metade da precipitação anual”.



**Figura 1** - Localização do Município de Frutal (MG) na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Fonte: IBGE, 2011. Organizado por Reis, 2011.

Outras informações são referentes às características vegetacionais do município, estando inserido no bioma Cerrado, com áreas de transição para Mata Semi Decidual, considerada Mata Atlântica (CÂMARA FRUTAL, 2013), se encontrando abundantemente o Cerradão (Savana Florestada) mais basto próximo ao Rio Grande e o Cerrado Stricto Sensu (Savana) já mais ao norte do município (BRITO et al., 2011).

O arcabouço teórico da pesquisa baseou-se na abordagem sistêmica, ou seja, na Teoria Geral dos Sistemas concebida por Bertalanffy (1973), que nos permite observar, interpretar e compreender os fenômenos naturais e antrópicos de maneira conjunta e integrada, tendo desse modo os sistemas e subsistemas interligados. Nessa perspectiva, “associa-se os impactos que sucederam em um específico sistema ao alcance dos outros sistemas e subsistemas conectados, fazendo com que essa juntura sofra reações específicas na qual são capazes de perturbar outros meios em que estão inseridos” (CAETANO, 2018, p.18).

O método em questão é o dedutivo, que de acordo com o entendimento clássico, “é o método que parte do geral e, a seguir, desce ao particular. A partir de princípios, leis ou teorias consideradas verdadeiras e indiscutíveis, prediz a ocorrência de casos particulares com base na lógica” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 27). Desse modo, “Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e indiscutíveis e possibilita chegar a conclusões de maneira puramente formal, isto é, em virtude unicamente de sua lógica” (GIL, 2008, p.9).

A metodologia consistiu, primeiramente, no estabelecimento da base teórica, por meio de consultas bibliográficas em livros, artigos publicados em periódicos e anais, assim como monografias, entre outros, sem um período estipulado e referente a autores que já trabalharam com pesquisas relacionadas ao engendramento de erosões e degradação asfáltica, morfologia de vertentes e estruturação de arruamentos e, por fim, escoamento hídrico superficial e áreas degradadas, em perímetro urbano ou concernente a problemáticas sobre. Foram executadas também checagens de campo com registros fotográficos e interpretação de produtos cartográficos em laboratório, utilizando

de aparatos computacionais e de softwares como AutoCad.

Para a localização das áreas amostradas na Figura 1 utilizou-se de trabalho previamente publicado de Silva e Pinheiro (2014), que utilizaram, para a extração das curvas de nível, o software Google Earth em conjunto com o software Google SketchUp, com resultado satisfatório. A hidrografia foi vetorizada considerando a interpretação visual das curvas de nível, conhecimento de campo e imagens de satélites atualizadas e de livre acesso, como Google Earth. Para a modificação e organização da referida figura, foi realizada a sobreposição da malha urbana sobre as curvas de nível, em ambiente AutoCAD.

Dos procedimentos para escolha das ruas estudadas, foi realizada a amostragem por conveniência, utilizando de amostras previamente estabelecidas, apenas estratificada pelo conhecimento da área, no qual, alguns setores da cidade foram escolhidos. Para tal escolha foram levados em consideração setores como a presença de buracos em níveis mais problemáticos e em morfologia de superfície dessemelhantes, sempre levando em consideração também as feições geomorfológicas presentes. Portanto, do município de Frutal, 18 pontos foram analisados, 4 selecionados e citados neste trabalho.

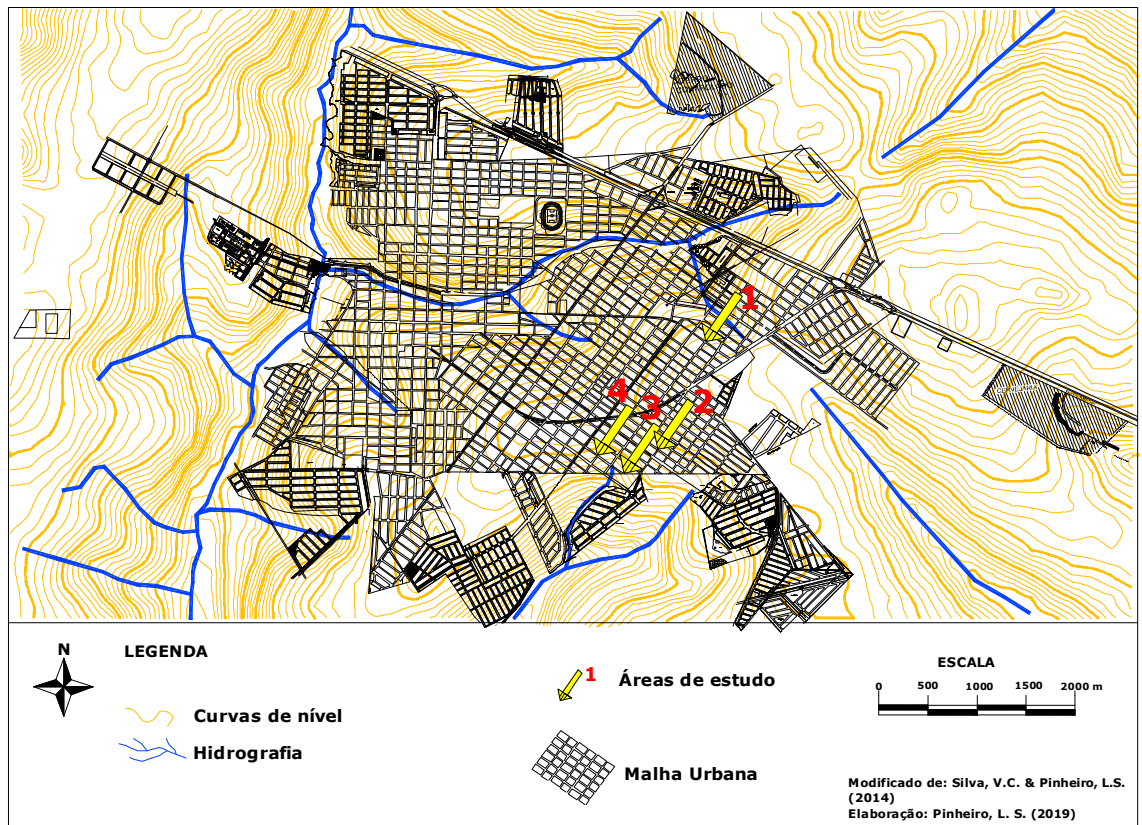
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quatro pontos selecionados para estudo são apresentados na Figura 2, ilustrando juntamente a malha urbana de Frutal-MG sobreposta às curvas de nível. Dos locais analisados, se concentram no setor Leste da cidade (Ponto 1) Rua Iturama com Rua Senador Gomes sob as coordenadas geográficas  $20^{\circ}1'31.53''S$  e  $48^{\circ}54'47.76''O$  e no setor Sudeste (Ponto 2) Rua João Signorelli com Rua Pirajuba sob as coordenadas geográficas  $20^{\circ}2'3.74''S$  e  $48^{\circ}55'1.82''O$ , (Ponto 3) Rua Campina Verde com a Rua Monte Alegre de Minas sob as coordenadas geográficas  $20^{\circ}2'5.99''S$  e  $48^{\circ}55'7.91''O$  e (Ponto 4) Rua Campina Verde com a Rua Araguari sob as coordenadas geográficas  $20^{\circ}2'0.88''S$  e  $48^{\circ}55'15.59''O$ , nas sub bacias hidrográficas do Córrego Vertente Grande e Marianinho, respectivamente.

No tocante aos pontos escolhidos, nenhum possui sistema de drenagem, pois, esta não era uma exigência impeditiva do empreendimento e a falta do sistema permite o estabelecimento dos empoçamentos, uma vez que não foram observadas e consideradas as inclinações das ruas adjacentes e de encontro. Deste modo, não se dimensionava a pavimentação a longo prazo e eram negligenciados os possíveis problemas futuros pela ausência de sistemas de drenagem.

Dos pontos estudados, o primeiro a ser discutido é a Rua Iturama com Senador Gomes (ponto 1), que se caracteriza por ser um local com fluxo muito intenso de automóveis, caminhões e outros meios de transporte.





**Figura 2** - Localização dos pontos estudados no município de Frutal-MG. Fonte: Modificado de Silva e Pinheiro (2014). Elaborado por Pinheiro, L. S., 2019

Contudo, dentre outros motivos para a ocorrência de crateras urbanas, o encontro de duas ruas com morfologias desiguais também pode ser considerado condicionante dessa problemática. Isso ocorre, devido a uma turbulência na água provocada durante a precipitação pluviométrica e condicionada pelo encontro de duas ruas com declividades diferentes, gerando atrito no pavimento. É perceptível na Figura 3 ver que os buracos não estão no meio, mas próximos as margens da rua devido a sua convexidade.



**Figura 3** - Rua Iturama com Rua Senador Gomes. Fonte: Fotografia dos autores, 2019.

Quando tratamos sobre o ambiente urbano, segundo Carvalho; Bitoun e Correa (2010) há muitas ponderações sobre a ação antrópica na paisagem física e tais intervenções geram impactos e a forma mais nítida dessa alteração é a modificação do sistema hidrológico. “De maneira geral, na maioria das cidades, é possível observar que o escoamento superficial é influenciado, além das condições naturais impostas pelo relevo, por valetas, lombadas e galerias pluviais” (PINHEIRO; CAETANO, 2018, p.249) e, ainda segundo os autores supracitados, em inúmeros locais, especialmente onde a tendência é a água perder velocidade, há a degradação da cobertura asfáltica, engendrando crateras de proporções heterogêneas.

Esses cenários sucedem devido à quebra de energia e o impacto direto da água no asfalto em razão da perda de velocidade, fomentando desse processo a erosão do pavimento. Associado a essa dinâmica, nesses locais a capacidade de infiltração aumenta, mesmo que com o pavimento asfáltico essa característica seja reduzida. Isto ocorre pelo fato de a água no local perdurar por mais tempo, penetrando pelas pequenas fendas asfálticas o que, por sua vez, contribui para desagregar o substrato, otimizado pelo tráfego dos veículos (PINHEIRO; CAETANO, 2018).

O segundo ponto é a Rua João Signorelli com a Rua Pirajuba (Figura 4), que pode ser descrito como local de declividade muito baixa, sendo próxima a zero. Logo, a área de concavidade e as ruas que a cortam possuem declividade maior e ruptura topográfica na esquina, ou seja, há uma primeira linha de ruptura (mudança abrupta de declividade) seguindo pela Rua Pirajuba e uma segunda linha de ruptura que segue pela Rua Campina Verde.

Dessa forma, pelo fato da Rua Pirajuba ter declividade mais baixa e as outras ruas terem declividade mais acentuada, o escoamento superficial segue pelos arruamentos de declividade mais elevada e perde velocidade ao cruzar com a rua de menor declividade, fazendo com que haja retenção dessa água na Rua Pirajuba sendo, dessa maneira, considerada então como local de empoçamento.

A declividade segundo Florenzano (2008, sp.) “é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal” e pode ser considerada a principal relação entre o escoamento superficial e a infiltração de água no solo. No meio urbano, é visível o caminho do escoamento hídrico superficial no asfalto, devido a impermeabilização do solo, uma vez que, a capacidade de infiltração é quase nula, fazendo com que a água percorra por declividades mais elevadas para as mais baixas. Quando a água se depara com esse tipo de situação, ela fica estagnada em declividades mais baixas, seguindo o padrão descrito por Christofolletti (1980) e seguindo a morfologia da superfície da vertente, criando então locais de empoçamento.



**Figura 4** - Rua João Signorelli com Rua Pirajuba. Fonte: fotografia dos autores, 2019.



### Segundo Flores; Lima e De Oliveira (2017):

A presença de rupturas de declive (knickpoints) ou zonas de maior declividade (knickzones) é interpretada como uma interferência gerada por mudança na resistência das rochas do substrato (HACK, 1973; SNYDER et. al., 2000; KIRBY e WHIPPLE, 2001; WHIPPLE e TUCKER, 2002; LIMA, 2009, 2012, 2014), aporte de sedimentos grossos de afluentes, rebaixamentos no nível de base (SEIDL et. al., 1994; STOCK e MONTGOMERY, 1999) ou ainda falhamentos e soerguimentos tectônicos (WHIPPLE et. al., 2000; WOBUS, et. al., 2006; KIRBY et. al., 2013).

A partir da ruptura, há uma mudança de declividade e tal diferenciação faz com que a água seja direcionada e fazendo com que haja empoçamentos. Segundo Nascimento (2011) os sistemas de drenagem de águas pluviais são elementos essenciais para o funcionamento das cidades, pois, com o desenvolvimento e crescimento da urbanização há o grande aumento de áreas impermeabilizadas, seja por cimento ou massa asfáltica. Tal cenário favorece o acúmulo e empoçamento da água, enxurradas e consequentemente erosão do solo, podendo apresentar situação de risco e, em relação ao pavimento, degradação e inviabilização do seu uso.

Desse modo, a água precisa ser controlada por eficientes sistemas de drenagem, especialmente galerias subsuperficiais, para não evitar somente o fluxo intenso do escoamento durante precipitações pluviométricas, mas, a estagnação e o empoçamento da água no asfalto. Se faz necessário um pouco mais de atenção para as problemáticas citadas acima e compreensão da dinamicidade que envolve os sistemas urbano e natural, características essas que precisam ser analisadas de forma sistêmica, uma vez que estão interligadas.

O terceiro ponto estudado é a Rua Campina Verde com a rua Monte Alegre de Minas (Figura 5), de superfície retilínea, a Rua Campina Verde está assentada, tal qual a Rua Pirajuba, sobre a linha de ruptura topográfica, os seja, nas ruas que a cruzam a declividade aumenta abruptamente a partir desse cruzamento. A Rua Campina Verde não possui concavidade em seu meio pra que a água escoe para e pelas bordas, então a água atravessa tal rua de forma a se espalhar em seu meio por um período de tempo maior, literalmente empoçando ou alagando toda a rua. Os carros quando percorrem o local auxiliam a aumentar o atrito no asfalto junto com a água e ambos engendram o turbilhonamento e consequentemente a erosão do asfalto.

Percebe-se, assim, que foram construídos pavimentos asfálticos de má qualidade, por não considerarem a importância da implantação de sistema adequado de drenagem e o estabelecimento de superfícies retilíneas, o que aumenta a problemática dos empoçamentos. Outra problemática, relacionada à má qualidade do pavimento ocorre com a utilização de camadas de massa asfáltica de baixa espessura, o que permite o surgimento de trincas e fissuras, que são aumentadas no período das chuvas.



**Figura 5** - Rua Campina Verde com a rua Monte Alegre de Minas. Fonte: fotografia dos autores, 2019.

O turbilhonamento do escoamento é a forma que, neste trabalho, denominamos a maior movimentação da água em um espaço menor. Pode ser descrito como o agitação circular da água quando o fluxo hídrico ao escoar com maior velocidade encontra um local de menor declividade, perde energia e, condicionado pelo micro relevo, movimenta-se em sentido circulatorio, potencializando o atrito naquele local.

No último ponto estudado, é importante destacar que no cruzamento das ruas Campina Verde e Araguari (Figura 6) que há, no local do encontro das ruas, o fluxo superficial hídrico que em precipitações pluviométricas segue por uma concavidade condicionada, como ocorre na maioria dos arruamentos urbanos, por uma valeta, onde o atrito hídrico é intensificado pela concentração do fluxo superficial.

Entre outras circunstâncias, no caso das valetas, quando há o engendramento de uma pequena cratera, o escoamento superficial penetra no local e faz o turbilhonamento, assim, uma pequena cratera ou buraco é rapidamente aumentado, principalmente no caso das chuvas mais torrenciais, conseqüentemente, pela precipitação ocorrer de forma mais intensa em um período de tempo menor e em proporções espaciais menores.



**Figura 6** - Rua Campina Verde com a Rua Araguari. Fonte: fotografia dos autores, 2019.

Pode ser inferido sobre as Ruas Monte Alegre de Minas, João Signorelli, Araguari e Iturama que elas possuem micro relevo convexo e onde é retilíneo, Ruas Campina Verde e Pirajuba, a declividade é menor em virtude da ruptura topográfica. Devido a essas características é notório que houve a interferência do órgão público do município e de forma inadequada, uma vez que o contrário que deveria ter sido feito. Contudo, se a prefeitura opta pela rua convexa a água iria ser direcionada próxima às calçadas e ficaria ali estagnada fomentando o empoçamento lateral. A solução para esse problema seria a implantação de galerias subsuperficiais, onde a água seria drenada pelas galerias.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A morfologia da superfície pode contribuir para aumentar ainda mais a problemática das crateras urbanas, também podem influenciar diretamente nas configurações dos arruamentos e do pavimento asfáltico. Apesar disso, a morfologia de vertentes é pouco considerada para o planejamento urbanístico e das atividades de pavimentação. A solução principal para mitigação dessa problemática é a instalação das galerias pluviais de drenagem, pois, as mesmas concentram o escoamento hídrico superficial em tubulações específicas e projetadas para suportarem o fluxo e vazão do local. Deste modo, a rua, em sua porção superficial não apresentará escoamento ou empoçamento, tendo em vista que a água da precipitação pluvial é rapidamente drenada para as galerias pluviais.

Assim, é necessário enfatizar que quando se tem locais onde a rua é plana e não se quer fazê-la convexa para não empoçar as laterais, mas, de mesma maneira não deve ser permitido ou condicionado o empoçamento da rua toda, é necessário ter a implementação das galerias subsuperficiais. Elas são imprescindíveis para a drenagem do fluxo pluvial superficial e merecem atenção quanto à sua instalação, não podendo ser feita em qualquer ponto da rua, pois, caso seja feito sem os mínimos estudos sobre o local, dependente do ponto onde a galeria for instalada, sua eficiência pode ser tanto satisfatória ou pode não apresentar resultados tão significativos para problemáticas tão específicas, como as citadas acima.

É importante a elaboração de projeto urbanístico e de drenagem sistêmica, que envolva todos os bairros existentes e, também, considerando futuros bairros. Iniciando pelos córregos coletores que devem receber projetos de reestruturação e melhoria de capacidade, com áreas de drenagem que suportem o volume hídrico de maneira satisfatória e corredores verdes urbanos.

Os córregos coletores devem possuir, ao máximo possível, sua capacidade de retenção hídrica nas margens, evitando a chegada rápida do escoamento superficial e a ascensão do nível de água do canal em tempo muito curto, o que resultaria em inundação ou erosão acelerada das margens. A maior capacidade de retenção de água é possível com a presença de vegetação marginal e a maior ou menor capacidade de infiltração hídrica vai variar de acordo com a quantidade de vegetação e também pela maior ou menor quantidade de espaço disponível para desenvolvimento da vegetação.

Já os corredores verdes possuem inúmeras importâncias, como: melhoria da qualidade de vida da população, pois, atuam para a amenização do microclima e conforto térmico, mas, também por conectarem áreas verdes e auxiliarem na ecologia urbana. A conexão entre as áreas verdes da cidade auxilia na manutenção da biodiversidade e do conforto ambiental, tais corredores podem ser considerados reestruturadores da qualidade urbana. Aliado a isso, os corredores são locais que permitem a infiltração hídrica, o que contribui para a diminuição do acúmulo hídrico em superfície e, conseqüentemente, o escoamento hídrico superficial.

Também é preciso planejar, considerando pensar nas redes pluviais principais conforme as ruas e avenidas se encontram e, em algumas situações, planejar a implantação de pequenos bolsões para retenção do escoamento e diminuição da velocidade da energia do fluxo hídrico. O planejamento deve, ainda, integrar um projeto amplo com perspectivas quanto às questões importantes e atuais como mobilidade, acessibilidade e qualidade de vida, assim como levar em conta as características naturais do ambiente como as possíveis alterações dessa dinamicidade pelo sistema antrópico.

## 5. REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas: Fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. Rio de Janeiro: Vozes, 1973.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 2005.
- BRITO, T. A. S.; ALVES, M. S.; AUDINO, V.; BRITO, L. E. P. F.; BRITO, S. L.; CASTANHEIRA, M. A.; CASTRO, N. L. M.; DOTOLI, S. L.; FERREIRA, A. S.; GRAPSA, E.; LEYH, W.; MARCATTI, G. E.; MENDIONDO, M. E.; MENEZES, E.; MENEZES, L. C.; OLIVEIRA, C. G.; SANTOS, C. A.; SAPORETTI, A.; TIEPPO, S. J.; ZAFFANI, A. G.. **Diagnóstico de Microbacias para a Sustentabilidade**. Termo de Cooperação Técnica nº 17.049/2011, firmado entre SECTES, FAPEMIG, FAUF e UNESCO HIDROEX. 2011.
- CAETANO, J. S. **Canais Pluviais Naturais em Frutal – MG**. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura) – Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG. Unidade Frutal. Curso de Licenciatura em Geografia, 2018.
- CÂMARA MUNICIPAL FRUTAL. **Dados sobre o município**. Disponível em <<http://camarافرutal.mg.gov.br/Pagina/Listar/341>>. Acessado em 01 jan. 2019.
- CARVALHO, L. E. P.; BITOUN, J.; CORREA, A. C. de B. Canais Fluviais Urbanos: Proposta de Tipologias para a Região Metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia (Recife)**, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010. Disponível em: <[https://periodicos.ufpe.br/revistas/revista\\_geografia/article/view/228899/23310](https://periodicos.ufpe.br/revistas/revista_geografia/article/view/228899/23310)>. Acessado em 27 mai. 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. **A Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. Curitiba: Champagnat, 1997.
- FLORENZANO, T. G. F. (org.). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- FLORES, D. M.; LIMA, A. G.; DE OLIVEIRA, D. Rupturas de declive fluvial em basaltos hipoiálicos: natureza e características. **Boletim Paulista de Geografia**, n.96, p.91-111, 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/2d1f/315d0e07dbd10f7f441526c17995f29c2d9b.pdf>>. Acessado em 16 mai. 2019.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOODLAND, R.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. São Paulo: EDUSP, 1979.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente referente a 2018**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/frutal/panorama>>. Acesso em: 16 mai. 2019.
- JORGE, M. C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. et al. (Org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.117-142.
- NASCIMENTO, J. A. S. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas de Saneamento - manejo de águas pluviais**. Cap. 10, 2011. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=253096>>. Acesso em: 04 jun. 2019.
- PINHEIRO, L. S.; CAETANO, J. S.; PEREIRA, T. T. C. **Mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Frutal (Frutal - MG)**. In: XII SINAGEO - SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, Crato - CE, 2018 – Paisagem e geodiversidade: A valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro - CE: UGB - União da Geomorfologia Brasileira, 2018. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/9/9-299-1129.html>>. Acessado em 27 mai. 2019.



PINHEIRO, L. S.; CAETANO, J. S. **Do natural ao urbano: o caso dos Rios Pluviais em Frutal-MG.** In: **X ENCONTRO GEOPONTAL**, Ituiutaba -MG, 2018 - As novas tecnologias e o avanço no conhecimento da ciência geográfica - Universidade Federal de Uberlândia - Campos Pontal, 2018. v. 10. p. 245-257.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SILVA, V. C.; PINHEIRO, L. S. Estudo Geomorfológico para o Planejamento Ambiental: O Caso das Erosões Lineares na Cidade de Frutal/MG. **Revista Geonorte**, V. Especial X SINAGEO, V. 10, P. 359-363, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1724>>. Acesso dez. 2019.