

# Áreas afetadas por inundações no município de Muriaé, em Minas Gerais: orientação estrutural de terrenos rochosos como um dos controladores do escoamento hídrico

*Flood-affected areas in Muriaé – MG: a structural orientation of rocky lands as one of the runoff controllers*

**Maria Vitória Ligeiro da MATTAA<sup>1,2</sup>, Vinícius Henrique de SENA<sup>1,2</sup>.**

(1) Bacharel em geologia pela Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, Brasil.

(2) Geóloga pela empresa Ativa Consultoria e Projetos. Muriaé – MG, Brasil.

**Autor correspondente:**

Maria Vitória Ligeiro da Matta

E-mail: mariavitoria.matta@gmail.com

Muriaé – MG. CEP: 36.883-196. Brasil

**Conflitos de interesses:** Os autores deste artigo declaram que não possuem conflito de interesse de ordem financeiro, pessoal, político, acadêmico e comercial e que o apoio financeiro e (ou) material recebido para o desenvolvimento deste trabalho estão claramente informados no texto.

**Agradecimentos:** Agradecemos à Fundação de Cultura e Artes de Muriaé (FUNDARTE Muriaé) e a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Muriaé (COMDEC Muriaé) por deixar disponível em meio digitais informações a respeito dos acontecimentos ocorridos na história da cidade de Muriaé. Agradecemos ainda a empresa Ativa Consultoria e Projetos pelo apoio à pesquisa.

**Recebido:** 12/09/2019

**Revisado:** 31/10/2019

**Aceito:** 18/12/2019

**Editor de Seção:**

Dr. Sérgio Gomes da Silva

**Afiliação do Editor:**

Centro Universitário

UNIFAMINAS e Hospital

do Câncer de Muriaé –

Fundação Cristiano Varella.

## Resumo

O perímetro urbano da cidade de Muriaé, Minas Gerais, é historicamente afetado por eventos de inundações que impactam o cotidiano populacional e geram grandes perdas materiais. O mapeamento das áreas de risco é uma ferramenta de assistência para o controle dessas situações, além de um suporte para decisões de medidas mitigatórias. Os locais susceptíveis de inundações são detectados, em geral, por condicionantes naturais e antrópicos, que se interligam com o avanço da urbanização. Contudo estes parâmetros não são os únicos controladores, a morfologia do substrato também possui grande influência no regime de escoamento hídrico das chuvas. Através da análise de dados históricos e confecção de mapas pode-se notar que, com exceção dos casos de inundações em planícies próximas ao rio, os locais no mapa que mais sofrem com essa adversidade possuem uma orientação geral de NE-SW. Esta se assemelha a direção morfológica de estruturas do terreno, e atesta o pensamento de que estas estruturas seriam, em parte, reguladores do escoamento das chuvas no município.

**Palavras-chave:** inundações; controladores; orientação; escoamento.

## Abstract

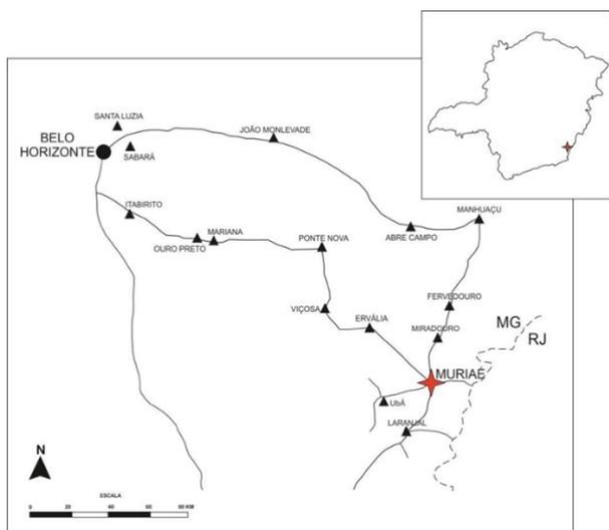
*The urban perimeter of the city of Muriaé, Minas Gerais, is historically affected by flood events that affect the daily life of the population and generate large material losses. Risk area mapping is a control assistance tool for these situations, as well as decision support for mitigation measures. Places susceptible to flooding are generally detected by natural and anthropogenic constraints, which interconnect with the advancement of urbanization. However, these parameters are not the only controllers, the substrate morphology also has great influence on the rainfall water flow regime. Through historical data analysis and map making it can be noted that, with the exception of floodplains near the river plains, the locations on the map that suffer most from this adversity have a general NE-SW orientation. This resembles the morphological direction of land structures, and attests to the thought that these structures would, in part, regulate rainfall runoff in the municipality.*

**Keywords:** floods; controllers; orientation; runoff.

## 1 Introdução

O conceito de inundação pode ser definido como o extravasamento das águas de um curso d'água para áreas marginais ou planícies de inundação, provocando danos humanos, materiais e contra a natureza (CHRISTOFOLETTI, 1980; CARVALHO, 2007). A inundação é, em sua maioria, um evento natural que ocorre em periodicidades específicas, mais comumente nos verões e períodos de chuvas intensas, e são ocasionadas por uma precipitação anormal (CHRISTOFOLETTI, 1980; AMARAL; RIBEIRO, 2009; AMORIM et al., 2017). É dividida em três tipos: inundação fluvial, quando é devido ao transbordamento de águas de rios e lagos; inundação marítima, originada por ondas e ressacas; e inundação artificial, ocasionada por falhas antrópicas. Além disso, ainda podemos classificá-las como urbanas ou ribeirinhas, de acordo com sua situação de ocorrência.

O município de Muriaé (Figura 1), localizado na zona da mata mineira, enfrenta ao longo de sua história problemas e perdas provocadas por inundações em sua área urbana. A cidade abrange uma área total de 843 km<sup>2</sup> e seus habitantes estão distribuídos entre a sede do município e os distritos de Belisário, Itamuri, Pirapanema, Vermelho, Macuco, Boa Família e Bom Jesus da Cachoeira. O município pertence à Sub-Bacia hidrográfica de nome homônimo, abrangendo cerca de 8.200 km<sup>2</sup> e com vazão média de 118 m<sup>3</sup>/s. A Sub-Bacia Muriaé, está inserida na Bacia do Rio Paraíba do Sul. Seus principais afluentes são o Rio Fumaça, Rio Preto e o Rio Glória.



**Figura 1.** Imagem ilustrativa da localização da cidade de Muriaé, em Minas Gerais, em referência a capital do estado, Belo Horizonte, à 310 km de distância.

Diversos podem ser os condicionantes que geram este infortúnio para o município de Muriaé, alguns deles são listados por Amaral e Ribeiro (2009):

“A probabilidade e a ocorrência de inundação, enchente e de alagamento são analisadas pela combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos. Entre os condicionantes naturais destacam-se: a) formas do relevo; b) características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; c) intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; d) características do solo e o teor de umidade; e) presença ou ausência da cobertura vegetal.” (AMARAL; RIBEIRO, 2009).

Já os condicionantes antrópicos correspondem à impermeabilização de solos, construção de barragens ou reservatórios e a retificação, desvios e canalização de cursos d'água (AMORIM et al. 2017). Desse modo, o entendimento destes condicionantes naturais associadas à ação antrópica nos permite compreender a dinâmica de escoamento de água na bacia hidrográfica. Outro fator poucas vezes considerado para a avaliação do potencial local para inundações é a morfologia estrutural do substrato rochoso, controlado pela geologia regional e/ou local.

A cidade de Muriaé está inserida no Complexo Juiz de Fora, unidade do Paleoproterozóico formada por gnaisses e migmatitos. Já suas unidades mais recentes, Neoproterozóicas, são caracterizadas majoritariamente por granitoides e gnaisses, por vezes migmatizados (FIGUEIREDO, 2009). A estruturação regional exibe uma orientação preferencial NNE-SSW, observável em diferentes escalas, que estaria relacionada com a Orogênese Brasileira e vinculada a grandes zonas transcorrentes com movimentação dextral (NOCE, 2003; ALKIMIM, 2007; NOCE, 2007; PREDOSA-SOARES, 2007).

Dispondo de dados históricos das enchentes ocorridas na cidade de Muriaé, espera-se demonstrar que sua existência está condicionada por fatores antrópicos e naturais, em especial a alta influência do arcabouço estrutural regional.

## 2 Métodos

Para criar uma base sólida de dados nas comparações foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a finalidade de coletar informações de todas as inundações já ocorridas na cidade de Muriaé, e suas respectivas ruas, número de

indivíduos afetados e eventos de influência antrópica realizados na região. A etapa seguinte consistiu na confecção de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente, com a utilização do software ArcGIS 9.0 (CHAVES, 2002; GUIMARÃES, 2009). Com o processamento foi executável uma simulação das áreas atingidas pelas cheias do rio a fim de verificar quais bairros são os mais susceptíveis a efeitos de uma inundação. Por fim, com as localizações dos eventos de inundações, estas áreas foram georeferenciadas para o município de Muriaé a fim de detectar as direções de escoamento dos fluxos hídricos.

Por meio das informações coletadas nas três etapas anteriores foi possível comparar as áreas afetadas, detectadas historicamente e por projeções gráficas, com a orientação preferencial das estruturas geológicas e, assim, demonstrar o controle estrutural no escoamento hídrico da região.

### 3 Resultados e Discussão

A urbanização dos municípios brasileiros tradicionalmente tem seu início em locais próximos a cursos d'água, a cidade de Muriaé não é uma exceção a esta prática.

No ano de 1817, Constantino José Pinto, e outros 40 homens, com o propósito de comercializar ervas e produtos medicinais desceram pelo Rio Pombo e atingiram o Rio Muriaé, onde atacaram em um local mais plano e construíram suas habitações próximo uma cachoeira, atualmente inexistente e conhecido como Largo do Rosário. Com o início da ocupação e a chegada de novos habitantes, os locais próximos aos cursos d'água se tornaram o centro habitacional e comercial da atual cidade de Muriaé. A ocupação e suas mudanças físicas impostas ao meio, como impermeabilização do solo, associada a uma região de conhecida influência sazonal de regime de chuvas, transformaram as áreas povoadas em planícies de inundações frequentes.

Segundo o acervo do Memorial Municipal de Muriaé, órgão ligado à Fundação de Cultura e Artes de Muriaé (FUNDARTE) e a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Muriaé, são relatadas oito casos de inundações de grande porte no município, do ano de 1926 ao ano de 2012 (Tabela 1) (Figuras 2, 3 e 4). A mídia local ainda relata três casos de inundações ocorridas nos anos de 2013, 2015 e 2018 (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tabela expositiva das datas de inundações e respectivos locais atingidos. Fontes: Fundação de Cultura e Artes de Muriaé (FUNDARTE) e a Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Muriaé, 2013. Ressalta-se que os dados informados a partir do ano de 2013 são retirados de notícias produzidas pela mídia do município de Muriaé.

Período	Locais Atingidos
<b>13 de Março de 1926</b>	Porto, Praça do Rosário, Rua do Rosário (Rua Cel. Marciano Rodrigues e Rua Barão do Monte Alto), Av. Monteiro de Castro, Rua da Armação (Av. Constantino Pinto).
<b>1946</b>	Porto, Praça do Rosário, Rua do Rosário (Rua Cel. Marciano Rodrigues e Rua Barão do Monte Alto), Av. Monteiro de Castro, Rua da Armação (Av. Constantino Pinto).
<b>Dezembro de 1960</b>	Prainha, Rua Belizário e Rua Oswaldo Cruz.
<b>01 de Fevereiro de 1979</b>	Prainha, Rua Capitão Felisberto, Rua Belizário e Rua Oswaldo Cruz.
<b>Janeiro de 1997</b>	Prainha, Rua Capitão Felisberto, Rua Belizário e Rua Oswaldo Cruz.
<b>04, 10, 16 e 25 de Janeiro de 2007</b>	Santana, Franco-Suíço, José Cirilo, Napoleão, Dornelas, União, São José, Barra, Centro, Porto, Encoberta e trecho da rodovia federal BR-356.
<b>17 e 26 de Dezembro de 2008 e 01 de Janeiro de 2009</b>	Santana, Franco-Suíço, José Cirilo, Napoleão, Dornelas, União, São José, Barra, Centro, Porto, Encoberta e trecho da rodovia federal BR-356.
<b>Primeira quinzena de Janeiro de 2012</b>	Santana, Franco-Suíço, José Cirilo, Napoleão, Dornelas, União, São José, Barra, Centro, Porto, Encoberta e trecho da rodovia federal BR-356.
<b>Dezembro de 2013</b>	Rua Santa Rita e Rua José de Abreu. Bairros Dornelas, Barra, Safira e Bico Doce.
<b>2015</b>	Casos isolados.
<b>Março de 2018</b>	Bairros Patrimônio São José e Barra (Prainha).



**Figura 2.** (A) Rua Armação, atual Av. Constantino Pinto, em inundação em 13 de março de 1926; (B) Inundação em antiga zona rural do município de Muriaé, em que se observa a água chegar à altura de um carro, sem data registrada; (C) Rua de Muriaé atingida por inundação; (D) Inundação em 1926 no centro da cidade de Muriaé. Retiradas do acervo municipal da FUNDARTE e mídias digitais (Guia Muriaé), acessado em 05 de junho de 2019.



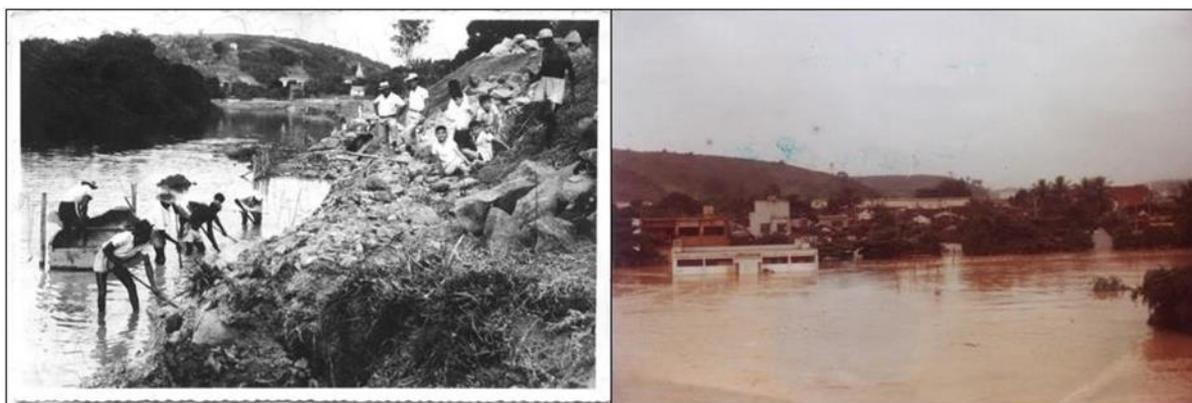
**Figura 3.** Táxi atravessando a inundação de 13 de março de 1926 ocorrida na cidade de Muriaé, Minas Gerais. Retiradas do acervo municipal da FUNDARTE e mídias digitais (Guia Muriaé), acessado em 05 de junho de 2019.



**Figura 4.** Café secando na rua após inundação de 1946, atual Av. Constantino Pinto. Retiradas do acervo municipal da FUNDARTE e mídias digitais (Guia Muriaé), acessado em 05 de junho de 2019.

A análise destes eventos nos permite correlacionar, direta ou indiretamente, a data das inundações com eventos de ação antrópica. Em sua maioria, as ruas ou bairros que enfrentam estes problemas são locais em que houve desvios ou canalização de cursos d'água. Alguns pontos notórios a serem destacados referem-se ao início de inundações em algumas

regiões anteriormente não afetadas, como a Prainha e a Rua Oswaldo Cruz. Os acontecimentos, com início em 1960, poderiam estar relacionados a obras realizadas em 1958 próximas a Av. Juscelino Kubitscheck (Figura 5), em que houve modificações das características naturais do Rio Muriaé e de feições de recarga próximo ao mesmo.



**Figura 5.** (A) Obras no Rio Muriaé próximo a Av. Juscelino Kubitscheck no ano de 1958; (B) Inundação na Prainha, bairro Barra, em janeiro de 1979, este evento pode estar relacionado ao aumento da urbanização da área afetada, que tornou o caso mais evidente, e com as obras ocorridas no Rio Muriaé em anos anteriores. Retiradas do acervo municipal da FUNDARTE e mídias digitais (Guia Muriaé), acessado em 05 de junho de 2019.

Outro caso relevante é o trágico evento ocorrido no dia 10 de janeiro de 2007, o rompimento da barragem de rejeitos de mineração, localizada em Miraiá à aproximadamente 35 km de distância de Muriaé (Figura 6). Nesta ocasião foi lançado um volume de 2 milhões de m<sup>3</sup> de lama, este rejeito foi redirecionado através do Rio Muriaé para as cidades a jusante da barragem. Foram causadas inúmeras perdas materiais para a população e uma degradação do rio que até os dias atuais interfere na dinâmica hídrica da cidade. Com o assoreamento do Rio Muriaé o número de desalojados nas inundações passou de 340, em 1997, para 12.000 habitantes em 2007 e 15.000 em 2009 (COORDENADORIA MUNICIPAL DE DEFESA DE MURIAÉ, 2013).



**Figura 6.** Ruas inundadas pelo extravasamento do Rio Muriaé após rompimento da barragem de rejeito de Miraiá, 2007. A população da cidade de Muriaé sofre até os dias atuais com os efeitos da lama depositada no leito do rio. Fonte: Cláudio Cordeiro/Arquivo Pessoal (site G1 Globo), acessado em 10 de junho de 2019.

A fim de corroborar com os dados históricos coletados foi realizada uma projeção para se detectar as áreas atingidas com as cheias do Rio Muriaé (Figura 7). Nota-se que os bairros afetados seriam os da Barra, Centro, Dornelas, José Cirilo e Napoleão. O modelo demonstrou que alguns bairros nas proximidades do rio seriam afetados pelas inundações, contudo sabe-se que outras localidades do município também sofrem com este problema, a exemplo temos: Santana, Porto e Encoberta.

Considerando o ambiente geológico do município de Muriaé, pode-se classificar seu meio subterrâneo em dois tipos (GONÇALVES; SCUDINO, 2005). O primeiro corresponde aos aquíferos granulares que ocorrem predominantemente em

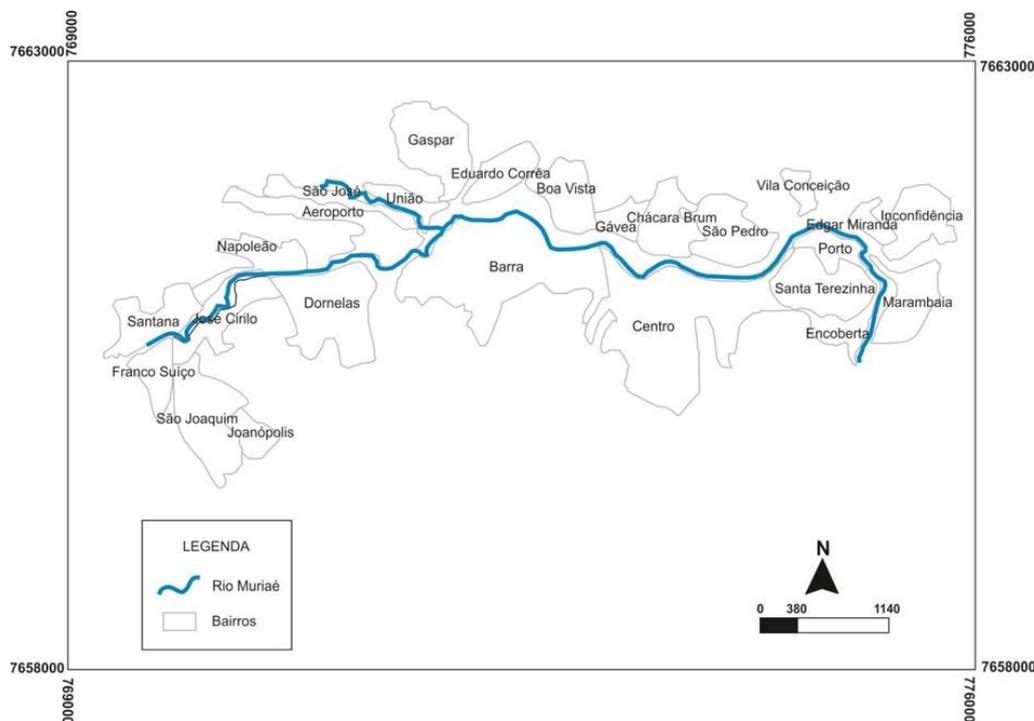
porções mais superficiais dos perfis de solo, estando associados as coberturas detríticas e depósitos aluvionares. Já o segundo tipo, de maior distribuição e importância para este estudo, é denominado de aquífero fissural e dar-se em rochas cristalinas como os granitoides, gnaisses e migmatitos da região. A formação de rochas reservatórias nos aquíferos fissurais está condicionada a geração de espaços intra-rochosos para a percolação e acúmulo de água. Diversas são os fatores que podem ocasionar falhas, fraturas, diaclases e juntas em rochas cristalinas, dentre eles pode-se citar as forças estruturais regionais que provocam o deslocamento de massas e rearranjo de arcabouços rochosos, ou seja, nesse tipo de aquífero a porosidade e permeabilidade são secundárias e resultantes de esforços tectônicos. Para os aquíferos fissurais a recarga ocorre principalmente pela infiltração de águas pluviais nos horizontes mais superficiais e intemperizados da crosta e sua circulação posterior desenvolve por meio das descontinuidades de rochas maciças.

A criação dos aquíferos fissurais na região de Muriaé relaciona-se ao evento tectônico de formação da Província Geológica Mantiqueira no Ciclo Brasileiro (e.g. ALMEIDA, 1977; FIGUEIREDO, 2009), correspondendo a uma extensa área composta por zonas de empurrões e cisalhamentos. Em relação à tectônica da bacia hidrográfica que contém o Rio Muriaé, pode-se citar dois conjuntos de estruturas tectônicas. A primeira compreende dois domínios, a noroeste da linha formada pelas cidades de Patrocínio do Muriaé e Tombos têm-se zonas de cisalhamento e falhas compressivas de direção SW-NE ligadas a Zona de Cisalhamento Cataguases, e a sudeste tem-se falhas transcorrentes de direção SW-NE ligadas as zonas de cisalhamento Paraíba do Sul, Santo Antônio de Pádua e Baltazar (CPRM, 2007). O segundo conjunto, de idade mais recente, corresponde a falhas que recortam as anteriores na direção NW-SE. Contudo, para a área de estudo, as feições estruturais de maior relevância são as abordadas no primeiro domínio de falhas com direção SW-NE (CPRM, 2007).

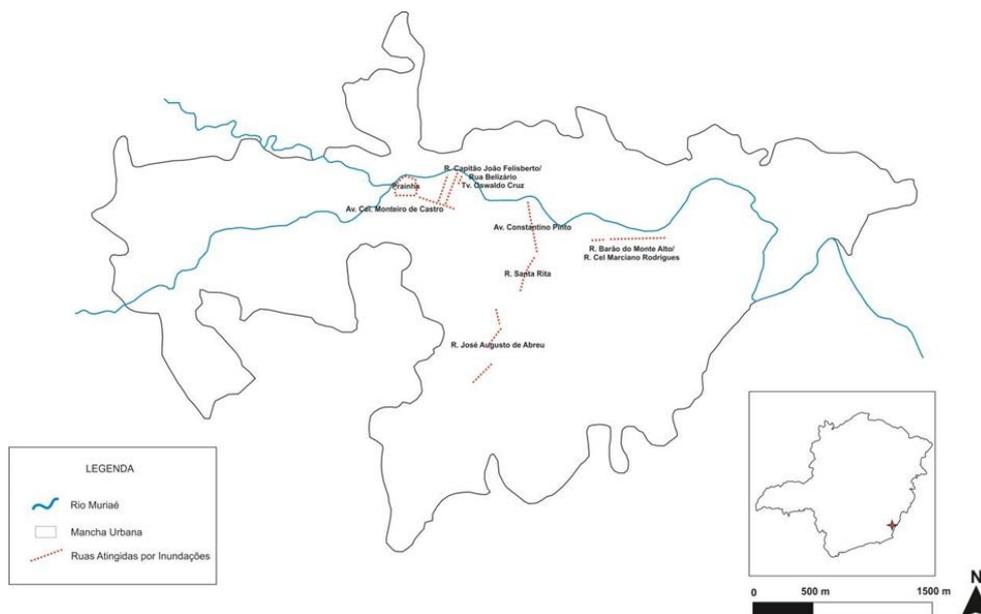
Desse modo, assim como os demais condicionantes, para a região de Muriaé, a estruturação geológica possui um grande impacto na distribuição do fluxo hídrico. Com os dados coletados das ruas que experimentam os fenômenos de inundações, após plotados no mapa da mancha urbana de Muriaé (Figura 8), corrobora-se que a direção geral de grande parte dos locais de ocorrência destes eventos é compatível com a orientação geológica regional, reforçando o pensamento de

que ao chover na cabeceira ou até mesmo na região o escoamento d'água desloca-se até a porção urbana do município, que está localizada em uma cota de altitude mais baixa, e é redistribuído por meio de estruturas controladoras do terreno. Esta característica justificaria, em parte, porque algumas obras de redirecionamento ou canalização de fluxos

hídricos não são suficientes para extinguir os casos de inundação de ruas não próximas ao rio, como exemplo temos a Rua Santa Rita, nas proximidades do bairro João XXIII, que apesar de já terem sido realizadas diversas obras na área, ocorrências de acúmulos d'água ainda são frequentes.



**Figura 7.** Mapa dos bairros atingidos com uma simulação de aumento de nível d'água do Rio Muriaé, estes pontos correspondem principalmente às planícies de inundação do rio.



**Figura 8.** Mapa das ruas historicamente afetadas pelos eventos de enchentes no município de Muriaé, demonstrando uma orientação geral predominante de SW-NE, com destaque para a Rua Santa Rita, no centro da imagem.

#### 4 Conclusão

A identificação das áreas de elevado potencial de ocorrência de inundações na cidade de Muriaé foi possível por meio da análise de dados históricos, imagens aéreas e mapas geoprocessados. Com as informações adquiridas se tornou possível mostrar a relação destes eventos com a morfologia do substrato rochosos da região, provando que este controlador,

#### 5 Referências

- ALKMIM, F.F.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; CRUZ, S.C.P. Sobre a Evolução Tectônica do Orógeno Araçuai-Congo Ocidental. **Geonomos**, v. 15, p. 25-43, 2007.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. **Inundação e enchentes**. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (orgs.). *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico, p. 39-52, 2009.
- AMORIM, R. R.; REIS, C. H.; FERREIRA, C. Mapeamento dos Geossistemas e dos Sistemas Antrópicos como subsídio ao estudo de áreas com riscos a inundações no baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Muriaé (Rio de Janeiro – Brasil). **Revista Territorium**, n. 24, p. 89-114, 2017.
- CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. (org.) **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.
- CHAVES, M. A. **Modelos Digitais de Elevação Hidrológicamente Consistente para a Bacia Amazônica**. Tese (Doutorando em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.
- COMDEC (Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Muriaé). **Plano preventivo de defesa civil (plano de contingência) para o período chuvoso de outubro de 2012 a março de 2013**. Muriaé, MG, Setembro 2012, p. 9-11.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Geologia da Folha Manhuaçu SF.23-X-B-III. Programa Geologia do Brasil, Levantamento mesmo não sendo o mais influente, está relacionado com a captação e distribuição de fluxos d'água na região urbana. Portanto, pode-se afirmar que uma análise detalhada do conjunto rochoso e estrutural é de elevada importância para a realização de obras de redirecionamento e captação hídrica, além de servir como embasamento para um crescimento urbano ordenado.**
- Geológicos Básicos, Escala 1:100.000**, CPRM- UFMG N° 059/PR/05. Brasília, 2007.
- FIGUEIREDO, C. M. S. **O arco magmático brasileiro na conexão dos orógenos Araçuai e Ribeira, região de Muriaé - MG**. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, p. 6-25, 2009.
- GONÇALVES, J. A. C.; SCUDINO, P. C. B. Reservas Renováveis e Caracterização dos Aquíferos Fissurais do Leste da Zona da Mata de Minas Gerais e Adjacências. **Geol. USP Sér. Cient.**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 19-27, 2005.
- GUIMARÃES, N. A.; PENHA, J. W. da. **Mapeamento das áreas de risco no município de Muriaé – MG, com a utilização de Sistemas de Informações Geográficas**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, INEO, p. 3875-3882, 2009.
- NOCE, C. M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; SILVA, L. C.; ALKMIM, F. F. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuai. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 17-23, 2007.
- NOCE, C. M.; ROMANO, A. W.; PINHEIRO, C. M.; MOL, V. S.; PEDROSA-SOARES, A. C. **Geologia das Folhas Ubá e Muriaé, 2003**. In: Pedrosa-Soares A.C., Noce C.M., Trouw R., Heilbron M. (coord.). *Projeto Sul de Minas*, Belo Horizonte, COMIG/SEME, v.1, c. 6, p.153-258, 2003.
- PEDROSA-SOARES, A. C.; NOCE, C. M., ALKMIM, F. F.; SILVA, L. C.; BABINSKI, M.; CORDANI, U.; CASTAÑEDA, C. Orógeno Araçuai: Síntese do Conhecimento 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 1-16, 2007.