

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

**JOÃO PAULO NAZARETH AVILA DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE  
MONTE CARMELO/MG**

Monte Carmelo

2017

**JOÃO PAULO NAZARETH AVILA DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE  
MONTE CARMELO/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para  
obtenção do título de Engenheiro Agrimensor e  
Cartógrafo, pelo Instituto de Geografia, da  
Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte  
Carmelo.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Mirna Karla Amorim da  
Silva

Monte Carmelo

2017

**JOÃO PAULO NAZARETH AVILA DE ARAÚJO**

**AVALIAÇÃO DO RISCO DE INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE  
MONTE CARMELO/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para obtenção do título de Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo, pelo Instituto de Geografia, da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, pela banca examinadora formada por:

Monte Carmelo, 12 de julho de 2017.

*Mirna Karla Amorim da Silva*

---

**Profª. Dra. Mirna Karla Amorim Da Silva, UFU/MG**

*Luziane Santos Ribeiro*

---

**Profª. Dra. Luziane Santos Ribeiro, UFU/MG**

*Pedro*

---

**Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro De Toledo, UFU/MG**

## RESUMO

Nos tempos atuais, com o avanço das cidades e aumento da povoação e ocupação da terra, muitos são os problemas, decorrentes das ações humanas, relacionados à transformação da superfície terrestre. A inundação é um desses problemas, que por sua vez, ocasionam imprevistos seja na zona rural ou urbana, causando grandes estragos de caráter ambientais e socioeconômico nas cidades brasileiras. Esse trabalho teve como objetivo identificar os possíveis riscos a esse fenômeno no Município de Monte Carmelo. Para isso realizou-se um mapeamento a fim de pré-identificar os locais com maiores graus de suscetibilidade à inundação na área de estudo, assim como a análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Perdizes que compõe a maior parte da área do município. Através de *softwares* com extensão *GIS*, foram gerados mapas intermediários como hipsométrico, declividade, uso da terra, tipo de solo e de chuvas, para serem utilizados posteriormente em conjunto aos pesos obtidos pela metodologia adaptada AHP de Saaty (1977) e com o auxílio da ferramenta *Raster Calculator*, feito a elaboração do mapa de grau de suscetibilidade a inundação para o município de Monte Carmelo. Foram obtidos maiores valores de suscetibilidade em áreas com impermeabilidade do solo como na área urbana e em regiões planas e de alta precipitação. Através do mapa final de suscetibilidade a inundação foi possível destacar áreas com mais vulnerabilidade a esse desastre ambiental, sendo que cerca de 39,23% de sua área possui, com base a metodologia adotada, grau 7,75 de suscetibilidade, em uma escala de 1 a 10. Enquanto que, a maior parte da área do município, possui grau de menor suscetibilidade a inundação.

**Palavras-chave:** Inundação. Morfometria. Mapa de risco.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1-</b> Mapa de localização da área de estudo.....                              | 15 |
| <b>Figura 2-</b> Esquema de atribuição grau de suscetibilidade .....                     | 20 |
| <b>Figura 3-</b> Mapa de Declividade da área de estudo .....                             | 25 |
| <b>Figura 4-</b> Mapa hipsométrico da área de estudo.....                                | 26 |
| <b>Figura 5-</b> Mapa do uso da terra da área de estudo.....                             | 26 |
| <b>Figura 6-</b> Mapa de solos da área de estudo.....                                    | 27 |
| <b>Figura 7-</b> Mapa de chuva da área de estudo .....                                   | 27 |
| <b>Figura 8-</b> Gráfico de tendência da precipitação na região de estudo.....           | 28 |
| <b>Figura 9-</b> Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com o uso da terra. ....  | 29 |
| <b>Figura 10-</b> Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com a declividade.....   | 30 |
| <b>Figura 11-</b> Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com a hipsometria. ....  | 31 |
| <b>Figura 12-</b> Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com a pluviosidade.....  | 32 |
| <b>Figura 13-</b> Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com o tipo de solo. .... | 33 |
| <b>Figura 14-</b> Mapa final resultado do cruzamento dos mapas de susceptibilidade ..... | 34 |

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Quadro 1-</b> Matriz de Nível hierárquico de Saaty (1977).....              | 18 |
| <b>Quadro 2 -</b> Comparação dos elementos conforme o grau de importância..... | 19 |
| <b>Quadro 3-</b> Divisão do grau de importância pela soma das colunas .....    | 19 |
| <b>Quadro 4-</b> Pesos obtidos com base nos valores utilizados. ....           | 20 |
| <b>Quadro 5-</b> Grau de suscetibilidade para declividade.....                 | 21 |
| <b>Quadro 6-</b> Grau de suscetibilidade para tipo de solo .....               | 21 |
| <b>Quadro 7-</b> Grau de suscetibilidade para precipitação.....                | 21 |
| <b>Quadro 8-</b> Grau de suscetibilidade para hipsometria .....                | 22 |
| <b>Quadro 9-</b> Grau de suscetibilidade para uso da terra .....               | 22 |
| <b>Quadro 10 -</b> Medidas utilizadas na análise morfométrica.....             | 23 |
| <b>Quadro 11-</b> Resultado da análise morfométrica .....                      | 24 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> -Área das classes do mapa de uso da terra..... | 29 |
| <b>Tabela 2</b> -Área das classes de declividade.....          | 30 |
| <b>Tabela 3</b> - Área das classes hipsométricas.....          | 31 |
| <b>Tabela 4</b> - Área das classes pluviométricas. ....        | 32 |
| <b>Tabela 5</b> -Área das classes do tipo de solo. ....        | 33 |
| <b>Tabela 6</b> - Área das classes do risco a inundação.....   | 34 |

## SUMÁRIO

|            |                                                                            |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                     | <b>8</b>  |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                                            | <b>9</b>  |
| <b>2.1</b> | <b>Desastres naturais.....</b>                                             | <b>9</b>  |
| <b>2.2</b> | <b>Risco, avaliação e controle da inundação.....</b>                       | <b>10</b> |
| <b>2.3</b> | <b>Geotecnologias aplicadas ao monitoramento do risco de inundação....</b> | <b>11</b> |
| <b>2.4</b> | <b>Mapeamento do risco de inundação.....</b>                               | <b>11</b> |
| <b>2.5</b> | <b>Análise morfométrica de bacias hidrográficas.....</b>                   | <b>12</b> |
| <b>3</b>   | <b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                             | <b>15</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Localização e caracterização da área de estudo.....</b>                 | <b>15</b> |
| <b>3.2</b> | <b>Material.....</b>                                                       | <b>16</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Métodos.....</b>                                                        | <b>16</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS.....</b>                                                     | <b>23</b> |
| <b>5</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                           | <b>35</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                    | <b>36</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Grande parte das cidades brasileiras carece de estudos dedicados a subsidiar medidas de prevenção e/ou solução de problemas ligados à hidrografia. Devido à urbanização, normalmente ocorre um aumento da vazão em toda a área urbana, devido principalmente ao processo de impermeabilização do solo e, assim, áreas que anteriormente constituíam o leito de inundação do rio são gradativamente povoadas.

No decorrer dos anos, junto ao processo de urbanização ocorrido nas cidades brasileiras, foram surgindo profundas alterações no uso e ocupação da terra que, em muitos casos, resultam em impactos ambientais nas bacias hidrográficas. A alteração ocorrida nas bacias, em fase de urbanização, pode gerar transformações na paisagem, degradação ambiental, ocupação irregular, falta de planejamento da gestão urbana, ocasionando sérios problemas de gestão da ocupação da terra. A lei federal de parcelamento do solo urbano (nº 6.766/79) estabelece que os loteamentos devam reservar (sem edificações) uma faixa de 15 metros de cada lado ao longo de cursos d'água, rodovias, ferrovias e dutos, (BRASIL, 1979).

A desobediência desse decreto influencia em diferentes formas de ocupação ao longo das margens dos rios, prejudicando a função ambiental das Áreas de Preservação Permanente (APPs). Na maioria das intervenções executadas, o que se vê são obras de ampliação de infraestrutura, como canalização de córregos, ampliação do sistema viário, etc. Também é muito comum a ocupação ilegal das áreas próximas a canais, pela população de baixa renda, tornando esse acontecimento natural ainda mais preocupante, uma vez que a inundação dessas áreas gera grandes perdas materiais e até mesmo de pessoas que transitam ou vivem em áreas de risco.

Dessa forma, visando a contribuir com a gestão do município de Monte Carmelo/MG e sendo objetivo geral desta pesquisa, foi elaborado o mapeamento de avaliação de áreas com possíveis riscos de inundação, no município. Os pesos de cada variável considerada na análise de risco (hipsometria, pluviosidade, declividade e uso e ocupação da terra) foram estabelecidos segundo adaptação da metodologia proposta por Saaty (1977).

Os objetivos específicos, por sua vez, são definidos por:

- Realizar a análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Perdizes;
- Elaborar os mapas temáticos: hipsometria, pluviosidade, tipo de solo, declividade do terreno e uso e ocupação da terra, do município de Monte Carmelo;
- Elaborar o mapa de risco de inundação;
- Mensurar e avaliar os dados de risco de inundação verificados na área de estudo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Desastres naturais**

De acordo com Castro (1998), podemos definir desastres como fenômenos prejudiciais, naturais ou causados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, resultando em danos a população, perdas materiais e/ou ambientais e decorrentes prejuízos econômicos e sociais.

Kobiyama et al. (2006) disseram que inundações, escorregamentos, secas, dentre outros, são eventos naturais rigorosos, influenciados pela topografia da região, solo, cobertura vegetal e clima. Quando esses eventos acontecem atingindo a população da região ocasionando danos, percas humana e materiais, são considerados como desastres naturais.

Nos últimos anos, o número de registro de desastres naturais vem aumentando em várias partes do mundo, devido ao grande aumento da população e ocupação desordenada e ao forte processo de urbanização e industrialização. Os principais fatores que influenciam para o desencadeamento desses desastres são a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, conservação do calor e índice poluição do ar. De modo que, em nas áreas rurais, destacam-se a compactação do solo, assoreamento dos rios, desmatamentos e as queimadas.

No Brasil, percebe-se que não há ocorrência de desastres naturais de origem tectônica, porém, Santos (2007, p. 10) atentou que, em nosso país, “os desastres tendem a estar relacionados a fenômenos climáticos, otimizados pela ação do homem”. Conforme dados expostos pelo mesmo autor, no período de 2000 a 2007, foram constatados cerca de 36 grandes episódios de desastres naturais incluindo enchentes, secas e deslizamentos de terra no país, com mais de 1,5 milhões de pessoas atingidas, estipulando ao país um prejuízo econômico na ordem de US\$ 2,5 bilhões. Uma breve explicação para os grandes prejuízos no país pode ser explicada, ainda, de acordo com Santos (2007, p. 11) que mostrou que “o uso impróprio dos recursos naturais, a ocupação de áreas com maior suscetibilidade natural e o desmatamento são, no Brasil, os principais fatores que potencializam a ocorrência de desastres naturais”. Além do prejuízo material, existe um prejuízo social, em decorrências desses fenômenos, segundo a BBC BRASIL (2003), o Brasil é o país do continente americano com maior número de pessoas afetadas por desastres naturais.

## **2.2 Risco, avaliação e controle da inundação**

A ideia de risco sempre acompanhou o homem em sua evolução. Nos primórdios, os riscos eram somente de ordem natural, decorrentes de fatores naturais como tipo da cobertura da superfície da terra, declividade da área, altitude, nível de precipitação da região, tipo de solo, etc. Com o passar do tempo, devido a grande urbanização e industrialização, apareceram outros riscos em consequência da atividade humana, como impermeabilização do solo, descobrimento do solo, que acarreta no aumento do escoamento superficial, agravando assim a dinâmica de escoamento da bacia. Assim, o risco de inundação além de ser considerado um fenômeno natural, é agravado onde há intervenção humana, sendo necessário uma análise mais detalhada das variáveis naturais e humanas que contribuem para esse risco ser considerável.

Segundo Rebelo (2003), os riscos de inundações estão relacionados com riscos climáticos, mas o autor também considerou outros elementos relevantes nesta perspectiva, tais como: declives, permeabilidade ou impermeabilidade do substrato rochoso, dimensão e forma da bacia hidrográfica, cobertura vegetal e elementos artificiais como barragens, diques, uso e ocupação da terra, entre outros. Todavia, os

riscos de inundação relacionam-se igualmente com risco de erosão fluvial e com riscos de sedimentação.

### **2.3 Geotecnologias aplicadas ao monitoramento do risco de inundação**

Dentro deste contexto de desastres naturais e riscos, para a gestão sustentável dos recursos naturais, sempre foi indispensável o reconhecimento do uso da terra e suas modificações ocorridas ao longo dos anos. Tempos atrás, as informações de levantamentos dos recursos naturais eram obtidas por técnicas de fotogrametria. Hoje, com a utilização das geotecnologias envolvendo ferramentas como: o Sensoriamento Remoto, os Sistemas de Informação Geográficas (SIG's) e os Sistemas de Posicionamento Global por Satélite (GPS), o tempo para obtenção das informações foi reduzido, acarretando em uma ampla aceitação e demanda dessas tecnologias.

Novo (1992 apud BOLFE, 2006), já enumerava as infinitas possibilidades da aplicação do sensoriamento remoto na avaliação dos recursos naturais. Nos recursos hídricos, destaca-se a análise quantitativa de imagens aéreas, possibilitando a identificação de alterações locais na superfície líquida, padrão de drenagem, migração de canais fluviais, avaliação do impacto regional das enchentes e inundações, monitoramento do uso da terra, a área coberta por vegetação nativa, etc.

A possibilidade de obtenção de informações por meio do sensoriamento remoto, junto com o processamento de dados nos SIG's, concede que várias alternativas sejam avaliadas de forma eficaz e rápida. Essas facilidades levaram a uma mudança qualitativa na forma como muitas análises podem ser realizadas. Planos de monitoramento ambiental podem ser gradativamente avaliados e refinados, atingindo uma otimização das soluções e procedimentos que poderiam ser inviáveis tecnicamente e financeiramente pelo uso das técnicas tradicionais, passaram a serem possíveis devidos essas geotecnologias.

### **2.4 Mapeamento do risco de inundação**

Com o auxílio das geotecnologias disponíveis, diversos mapeamentos temáticos podem ser realizados com vistas a auxiliar na gestão dos ambientes.

Os mapas temáticos são aqueles que representam qualquer tema além da representação do terreno. No mapa de inundação é possível, por exemplo, através da representação das áreas de riscos, observar as áreas e pessoas atingidas pela inundação, sendo este tipo de mapa uma ferramenta importante na transmissão de informações ligadas a dinâmica da superfície terrestre.

Para Tucci (2005), os mapas de inundação de cidades são de dois modelos: mapas de planejamento e mapas de alerta. Os mapas de planejamento mostram as áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos. E os mapas de alerta são produzidos com valores de cotas em cada esquina da área de risco sendo possível o acompanhamento da enchente por parte dos moradores, através das observações do nível de água em relação às réguas.

Ainda de acordo com Tucci (2005), através da utilização dos mapas de inundação é permissível delimitar o zoneamento das áreas de risco à inundação. Estes mapas devem mostrar, também, informações quanto ao grau de risco de cada área e os critérios de ocupação das mesmas, no que diz respeito ao uso da terra.

## **2.5 Análise morfométrica de bacias hidrográficas**

Além das técnicas de mapeamentos, a análise morfométrica também auxilia no reconhecimento de áreas propícias à inundação, especialmente em bacias hidrográficas.

Segundo Tonello (2005), a dinâmica do processo hidrológico de uma bacia hidrográfica está diretamente ligada às suas características geomorfológicas como a sua forma, relevo, área, geologia, uso da terra, rede de drenagem, solo, tipo de cobertura vegetal, entre outros. Portanto, as características físicas possuem importante função nos processos hidrológicos, intervindo na infiltração de água no solo, quantidade de água produzida como deflúvio, evapotranspiração e no escoamento superficial.

Ferreira et al. (2010), disse que os estudos morfológicos de bacias implicam em um número grande de variáveis, coeficientes e equações, algumas específicas de cada área de estudo. A forma da bacia, por exemplo, é um indicador importante na determinação de tendência à inundação, pois influencia no tempo necessário que a precipitação sobre a bacia contribua na vazão de certa seção de estudo. Christofolletti

(1980), ainda destacou que, as análises dos aspectos referentes ao relevo drenagem e geologia podem facilitar à explicação e entendimento de várias questões ligadas a dinâmica ambiental local.

Dentre os parâmetros morfométricos utilizados para a análise dos elementos físicos das bacias hidrográficas, alguns são diretamente relacionados aos estudos de risco de inundação como, por exemplo, o Coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), Índice de circularidade ( $I_c$ ), entre outros, destacados a seguir (OLIVEIRA, 2015):

- Coeficiente de compacidade ( $K_c$ )

O coeficiente de compacidade ( $K_c$ ) relaciona a forma da bacia com um círculo construindo uma relação entre o perímetro da bacia ( $P$ ) e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia ( $A$ ), conforme **Equação 1**.

$$K_c = \frac{0,28 \cdot P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Onde:

$A$  = área da bacia, em  $\text{km}^2$ ;

$P$  = perímetro da bacia, em km.

Sendo  $K_c$  entre:

1,00 e 1,25: bacia com alta propensão a grandes enchentes;

1,25 e 1,50: bacia com tendência mediana a grandes enchentes;

Maior que 1,50: bacia não sujeita a grandes enchentes.

- Fator de forma ( $K_f$ )

O fator forma ( $K_f$ ) relaciona a forma da bacia com a forma de um círculo, e é determinado pela relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (**Equação 2**).

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Onde:

$A$  = área da bacia, em  $\text{km}^2$ .

L = comprimento da linha de fundo em km.

Sendo Kf entre:

1,00-0,75: sujeito a enchentes;

0,75-0,50: tendência mediana;

Menor que 0,50: não sujeito a enchentes.

- Índice de circularidade (IC)

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com a de um círculo, sendo que, quando o índice é maior que 0,51, mais a bacia se aproxima da forma circular (**Equação 3**).

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (3)$$

Onde:

A = área da bacia, em km<sup>2</sup>.

P = perímetro da bacia ou sub-bacia, em km.

- Densidade de drenagem (Dd)

Tonello (2005) disse que um sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus afluentes. E através desse índice podemos saber a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, ou melhor, a eficiência do escoamento dentro da bacia (**Equação 4**).

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (4)$$

Onde:

Lt = comprimento total dos cursos d'água, em km.

A = área de drenagem da bacia, em km<sup>2</sup>.

- Coeficiente de manutenção (Cm)

Esse parâmetro corresponde à área essencial para a formação de um canal com fluxo perene. Podemos observar que a expressão matemática que o representa e a razão inversa do índice de drenagem (**Equação 5**).

$$C_m = \frac{1 \cdot 1000}{D_d} \quad (5)$$

Onde:

$D_d$  = índice de drenagem encontrado na equação (4).

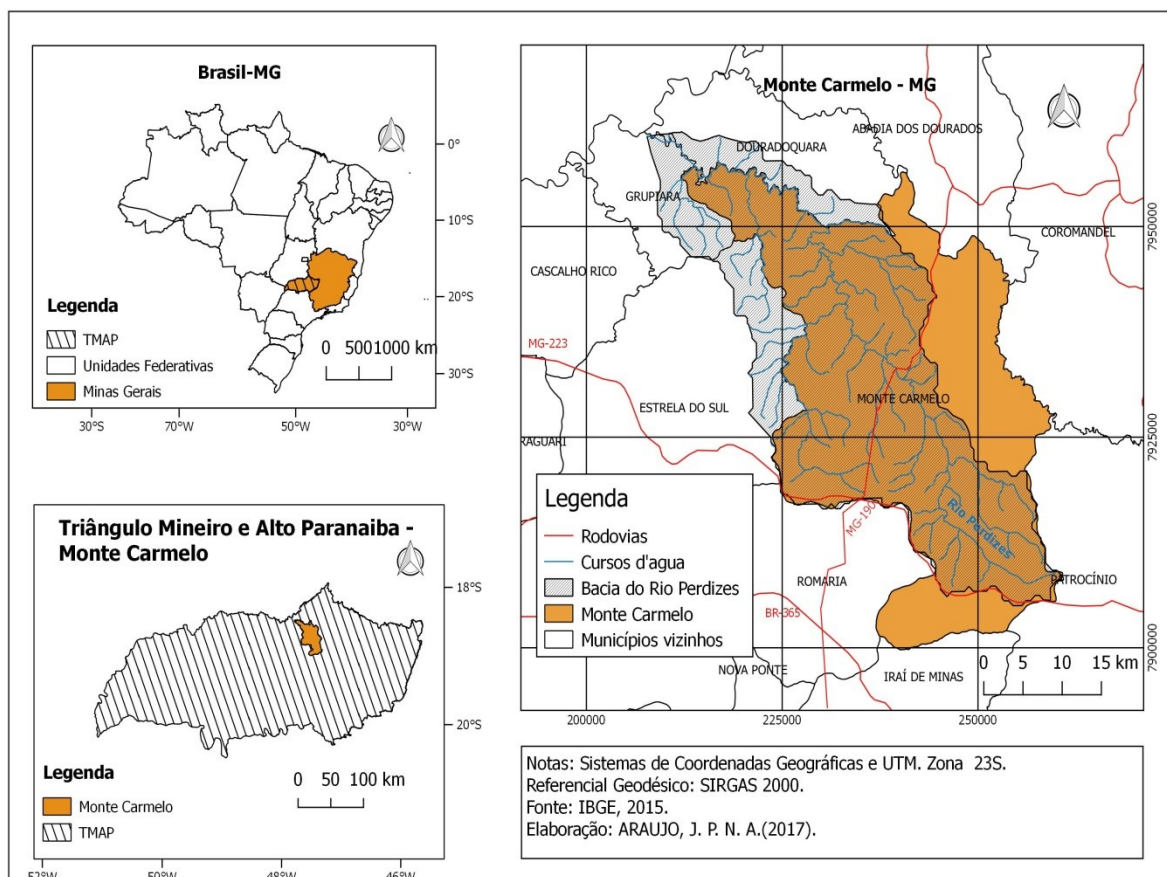
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A escolha dos materiais e métodos utilizados deve levar em conta uma série de fatores no sentido de permitir o desenvolvimento do estudo, da maneira mais adequada possível. Desta forma, os materiais e a metodologia que foram utilizados, nesta pesquisa, estão descritos, a seguir.

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

Monte Carmelo está localizado na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Estado de Minas Gerais, Brasil (**Figura 1**).

**Figura 1-** Mapa de localização da área de estudo



Conta com uma população de aproximadamente 47770 habitantes, de acordo com o censo 2014 (IBGE, 2014), área territorial de 1353,677 km<sup>2</sup>, situando-se entre as coordenadas UTM 7973000 e 7892000 mN, e 192000 e 271000 mE.

Localiza-se a 890 metros de altitude, fazendo fronteira com os municípios mineiros de Romaria, Estrela do Sul e Grupiara a oeste, Patrocínio e Coromandel ao leste, Abadia dos Dourados e Douradoquara, ao norte e Iraí de Minas, ao Sul.

Monte Carmelo possui clima predominantemente tropical com estação seca (classificação climática de *Köppen*: Aw), solos predominantemente do tipo latossolo e está inserido dentro do Bioma Cerrado.

A área urbana se consolidou em volta de dois corpos d'água principais, denominados Mumbuca e Olaria, afluentes do Rio Perdizes, que compõem, entre outros, a bacia hidrográfica do Rio Perdizes, bacia que abrange a maior parte do município em estudo, conforme já demonstrado na **Figura 1**.

### 3.2 Material

Para a realização desse trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Dados vetoriais (limite municipal, hidrografia, tipo de solos) obtidos a partir do IBGE, e malha viária obtida a partir do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes DNIT;
- Dados pluviométricos obtidos pela Agência Nacional de Águas (ANA);
- Imagens raster (MDE - *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), Imagens do OLI/Landsat 8), ambos obtidos a partir do INPE;
- *Software ArcGIS Desktop* 10 licenciado para UFU, no laboratório de SIG e geoprocessamento (SIGEO);
- *Software* livre *Qgis* 2.18.7;
- *Software Envi* licenciado pela UFU, no laboratório SIGEO.

### 3.3 Métodos

A elaboração deste trabalho foi delineada a partir das etapas sequenciais, cujos principais procedimentos realizados estão descritos, a seguir.

Etapa 1 - Com o auxílio do software *Qgis*, foi feito a análise morfométrica da Bacia hidrográfica do Rio Perdizes, considerando aspectos quanto a forma da bacia como: coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, densidade de drenagem e coeficiente de manutenção;

Etapa 2 - Elaboração de mapas temáticos (hipsometria, declividade do terreno, tipo de solo, chuva e uso e ocupação da terra).

Para a elaboração do mapa hipsométrico foi utilizada uma imagem raster, de radar (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, disponibilizada pelo INPE. O mapa foi gerado com auxílio, do *software QGis*, dividido em 5 classes altimétricas. Para o mapa de declividade do terreno foi usada a mesma imagem de radar e mesmo *software*. Para calcular a declividade, foi utilizada a ferramenta *r.slope.aspect*, e, posteriormente, com auxílio do algoritmo *reclass*, foi feita a classificação.

Para o mapa de chuva, foram obtidos dados de pluviosidade para o ano de 2016, através da ANA, de 8 estações pluviométricas em torno do município, sendo elas representadas pelos códigos: 1847008, 1847000, 1847001, 1847010 e 1847003. Porém, algumas estações não possuem dados disponíveis para alguns meses (como novembro e dezembro), em algumas estações. Neste sentido, foram calculadas as médias pluviométricas para esses meses, a partir das estações mais próximas. Os valores calculados foram adicionados ao total de precipitação para os meses com ausência de dados, chegando-se a níveis de precipitação anual (2016) mais próximos da realidade.

Posteriormente, foi somado a precipitação anual total, de cada estação, e adicionado ao *shape* de localização das estações, a partir da tabela de atributos. Através do *software QGIS* e auxílio da ferramenta ‘Grade (interpolação)’, foi executada a interpolação dos dados de chuva, classificados em 5 classes, de acordo com o total anual precipitado para o município.

O mapa de solos foi elaborado a partir de dados vetoriais de tipos de solos para o Brasil, obtidos pelo site do IBGE, recortado através da ferramenta *Clip*, para a área de estudo e classificado de acordo com o tipo de solo existente no município, usando o *software QGIS*.

Na elaboração do mapa de uso e ocupação da terra, foram utilizadas imagens do satélite Landsat8, que possui o sensor ótico *Operation Lan Imager* (OLI), de resolução

espacial com bandas multiespectrais de 30 metros, disponíveis no site do INPE, do ano de 2016.

Com o auxílio do *software Envi*, foram realizados os procedimentos de composição de bandas no infravermelho, composta pela banda 5 no vermelho, banda 4 no verde e a terceira no azul. Foi realizada uma classificação automática supervisionada para a identificação das classes do uso e ocupação da terra, utilizando o classificador *Maximum Likelihood* (Máxima Verossimilhança). O índice *Kappa*, obtido a partir da classificação, foi de 0,8440, um índice bom para esse tipo de trabalho.

Etapas 3 - Cruzamento das informações para elaboração do mapa de risco de inundação. Para se chegar aos pesos estatísticos para as variáveis representadas nos mapas de hipsometria, declividade do terreno, tipo de solo, precipitação e uso e ocupação da terra foi utilizada a metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*), proposta por Saaty (1977).

No primeiro passo, foi atribuído um grau de importância (**Quadro 1**), de um elemento sobre o outro, para ser montada a matriz de comparação.

**Quadro 1-** Matriz de Nível hierárquico de Saaty (1977).

| Valores | Importância mútua                  |
|---------|------------------------------------|
| 1/9     | Extremamente menos importante que  |
| 1/7     | Muito menos importante que         |
| 1/5     | Fortemente menos importante que    |
| 1/3     | Moderadamente menos importante que |
| 1       | Igualmente importante a            |
| 3       | Moderadamente mais importante que  |
| 5       | Fortemente mais importante que     |
| 7       | Muito mais importante que          |
| 9       | Extremamente mais importante que   |

**Adaptação:** O autor.

No segundo passo, foi feita a atribuição do grau de importância em forma de matriz, foi comparado cada elemento, conforme o **Quadro 2**.

**Quadro 2-** Comparação dos elementos conforme o grau de importância

|              | Tipo de solo | Uso da terra | Hipsometria | Pluviosidade | Declividade |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Tipo de solo | 1            | 1/3          | 1/5         | 1/7          | 1/9         |
| Uso da terra | 3            | 1            | 1/3         | 1/5          | 1/7         |
| Hipsometria  | 5            | 3            | 1           | 1/3          | 1/5         |
| Pluviosidade | 7            | 5            | 3           | 1            | 1/3         |
| Declividade  | 9            | 7            | 5           | 3            | 1           |
| SOMA         | 25           | 16,33        | 9,53        | 4,67         | 1,78        |

**Elaboração:** O autor.

Já no terceiro passo, é necessário dividir o grau de importância pela soma de cada coluna conforme o exemplo do **Quadro 3**. E por fim, calculado a média simples (**Quadro 4**) por linhas gerando os pesos para o mapa de risco.

**Quadro 3-** Divisão do grau de importância pela soma das colunas

|              | Tipo de solo | Uso da terra | Hipsometria | Pluviosidade | Declividade |
|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Tipo de solo | 1/25         | 0,33/16,33   | 0,2/9,53    | 0,14/4,67    | 0,11/1,78   |
| Uso da terra | 3/25         | 1/16,33      | 0,33/9,53   | 0,2/4,67     | 0,14/1,78   |
| Hipsometria  | 5/25         | 3/16,33      | 1/9,53      | 0,33/4,67    | 0,2/1,78    |
| Pluviosidade | 7/25         | 5/16,33      | 3/9,53      | 1/4,67       | 0,33/1,78   |
| Declividade  | 9/25         | 7/16,33      | 5/9,53      | 3/4,67       | 1/1,78      |

**Elaboração:** O autor.

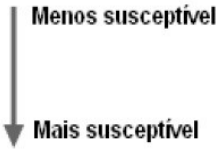
**Quadro 4-** Pesos obtidos com base nos valores utilizados

| Fator        | Peso   |
|--------------|--------|
| Tipo de solo | 0,0345 |
| Uso da terra | 0,0674 |
| Hipsometria  | 0,1343 |
| Pluviosidade | 0,2601 |
| Declividade  | 0,5035 |

**Elaboração:** O autor.

Tendo os pesos calculados, foi necessário avançar para uma próxima etapa, onde se adiciona as camadas matriciais do uso e ocupação da terra, declividade, hipsometria, precipitação, tipo de solo a um novo *layer* no *software ArcGis*. Nesta etapa, com o auxílio da ferramenta *Reclassify*, foram reclassificados as variáveis ambientais, conforme o grau de suscetibilidade a inundações da seguinte forma, descrita na **Figura 2**.

**Figura 2-** Esquema de atribuição grau de suscetibilidade

| SUSCEPTIBILIDADE À INUNDAÇÃO | NOTAS | GRAU DE SUSCEPTIBILIDADE                                                              |
|------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Menos susceptível            | 0     |  |
| Mais susceptível             | 10    |                                                                                       |

**Elaboração:** O autor.

O mapa de risco a inundação foi elaborado considerando as variáveis, classificadas em cinco classes, considerando o grau de suscetibilidade obtido através do cruzamento dos mapas reclassificados, conforme **Quadros 5 a 9**, a seguir.

**Quadro 5-** Grau de suscetibilidade para declividade

| Declividade (%) | Grau |
|-----------------|------|
| 0 – 3           | 10   |
| 3 – 8           | 9    |
| 8 – 20          | 5    |
| 20 – 45         | 3    |
| >45             | 1    |

**Elaboração:** O autor.

**Quadro 6-** Grau de suscetibilidade para tipo de solo

| Solo                            | Grau |
|---------------------------------|------|
| Agua                            | 10   |
| Cambissolo Háplico              | 5    |
| Argissolo Vermelho –<br>Amarelo | 4    |
| Latossolo Vermelho              | 3    |

**Elaboração:** O autor.

**Quadro 7-** Grau de suscetibilidade para precipitação

| Precipitação (mm) | Grau |
|-------------------|------|
| 1601              | 8    |
| 1489              | 6    |
| 1377              | 4    |
| 1265              | 2    |
| 1153              | 1    |

**Elaboração:** O autor.

**Quadro 8-** Grau de suscetibilidade para hipsometria

| Altitude (m) | Grau |
|--------------|------|
| < 760        | 10   |
| 760 – 830    | 8    |
| 830 – 900    | 6    |
| 900 – 970    | 4    |
| 970 >        | 2    |

**Elaboração:** O autor.

**Quadro 9-** Grau de suscetibilidade para uso da terra

| Uso da terra                   | Grau |
|--------------------------------|------|
| Água                           | 10   |
| Pastagem e Vegetação Campestre | 8    |
| Área urbana                    | 6    |
| Agricultura                    | 4    |
| Vegetação Arbórea              | 1    |

**Elaboração:** O autor.

Com o software *ArcGis* e a ferramenta *raster calculator*, foi montado um modelo matemático com os pesos e os respectivos mapas para o cruzamento dos mapas reclassificados (**Equação 6**).

$$R = (PD*DEC) + (PH*HIP) + (PU*USO) + (PS*SOL) + (PC *CHU) \quad (6)$$

Onde:

R = Risco a inundação

PD = Peso da declividade

DEC = Mapa de declividade

PH = Peso da hipsometria

HIP = Mapa hipsometrico

PU= Peso do uso do solo

USO = Mapa de uso da terra

PS= Peso do tipo de solo  
 SOL = Mapa de solos  
 PC = Peso da pluviosidade  
 CHU = Mapa de chuva

#### 4 RESULTADOS

Analisando, inicialmente, a morfometria da bacia hidrográfica do rio Perdizes, foi mensurado a área e perímetro da bacia hidrográfica, comprimento do curso d'água principal, assim como os somatórios da extensão dos cursos d'água e extensão da linha de fundo, que é a maior medida em linha reta entre dois extremos da bacia (fz e nascente). Os valores estão discriminados no **Quadro 10**, a seguir.

**Quadro 10** - Medidas utilizadas na análise morfométrica

|                                                         |                     |
|---------------------------------------------------------|---------------------|
| Área da bacia                                           | 1241km <sup>2</sup> |
| Perímetro da bacia                                      | 204 km              |
| Curso d'água principal<br>(extensão total do canal)     | 110 km              |
| Cursos d'água<br>(extensão total de todos os<br>canais) | 551 km              |
| Linha de fundo                                          | 75 km               |

**Elaboração:** O autor.

Através das medidas listadas acima, foi possível fazer a análise morfométrica da bacia de estudo obtendo o coeficiente de compacidade, fator forma, índice de circularidade, densidade de drenagem e coeficiente de manutenção, conforme **Quadro 11**.

**Quadro 11-** Resultado da análise morfométrica

|                            |                    |         |
|----------------------------|--------------------|---------|
| Coeficiente de compacidade | Adimensional       | 1,6214  |
| Fator Forma                | Adimensional       | 0,2202  |
| Índice de circularidade    | Adimensional       | 0,3748  |
| Densidade de drenagem      | km/km <sup>2</sup> | 0,4439  |
| Coeficiente de manutenção  | m <sup>2</sup> /m  | 2252,65 |

**Elaboração:** O autor.

A análise obtida pelo coeficiente de compacidade teve o intuito de mostrar o quanto a bacia hidrográfica se aproxima da forma de um círculo, sendo mais suscetível a inundação quando seu coeficiente se aproxima de 1. Como o resultado para essa área de estudo foi igual a 1,6214, esse coeficiente mostra que a bacia hidrográfica tem baixa propensão a inundar.

O fator forma também mostra a não propensão da bacia hidrográfica à inundação, quando seu coeficiente mais se aproxima de zero. Nesse estudo, obteve-se 0,2202 caracterizando a área de estudo como mais comprida em relação a sua largura, sendo capaz de escoar a precipitação em sua dimensão.

O índice de circularidade, assim como o coeficiente de compacidade, mostra o quanto a forma da bacia hidrográfica se aproxima da forma circular quando seu valor se aproxima de 1. Para esse caso obteve-se resultado de 0,3748, ou seja, também revela pouca suscetibilidade dessa área à inundação.

A densidade de drenagem mostra o grau de capacidade de escoamento da precipitação na área de estudo. Para esse trabalho foi obtido 0,4439km/km<sup>2</sup>, caracterizando a bacia com uma drenagem pobre, uma vez que essa caracterização se refere a bacias com coeficientes de até 0,5 km/km<sup>2</sup>.

Já o coeficiente de manutenção nos mostra a área essencial para a formação de um canal com fluxo perene, que para esse caso foi de 2252,65 m<sup>2</sup>/m. Tendo em vista que a área da bacia de estudo é de 1241 km<sup>2</sup>, observou-se um déficit de área em relação ao ideal para formação de um canal com fluxo perene.

De maneira geral, obteve-se dois coeficientes favoráveis a inundação no município, e três desfavoráveis a esse fenômeno. Portanto, deve se estar atento a possíveis riscos de inundação levando em conta outros parâmetros de importância em consideração, como nível de precipitação, tipo do solo, cobertura vegetal, impermeabilização do solo, a declividade da área e até mesmo a altitude.

Partindo dessa ideia, foram gerados mapas temáticos intermediários (declividade do terreno, hipsometria, uso e ocupação da terra, chuva e mapa de tipo de solo) posteriormente utilizados no cruzamento de dados para a elaboração do mapa de risco a inundação do município de Monte Carmelo. Os mapas temáticos gerados podem ser visualizados conforme **Figuras 3 a 7**, apresentadas a seguir.

**Figura 3-** Mapa de Declividade da área de estudo

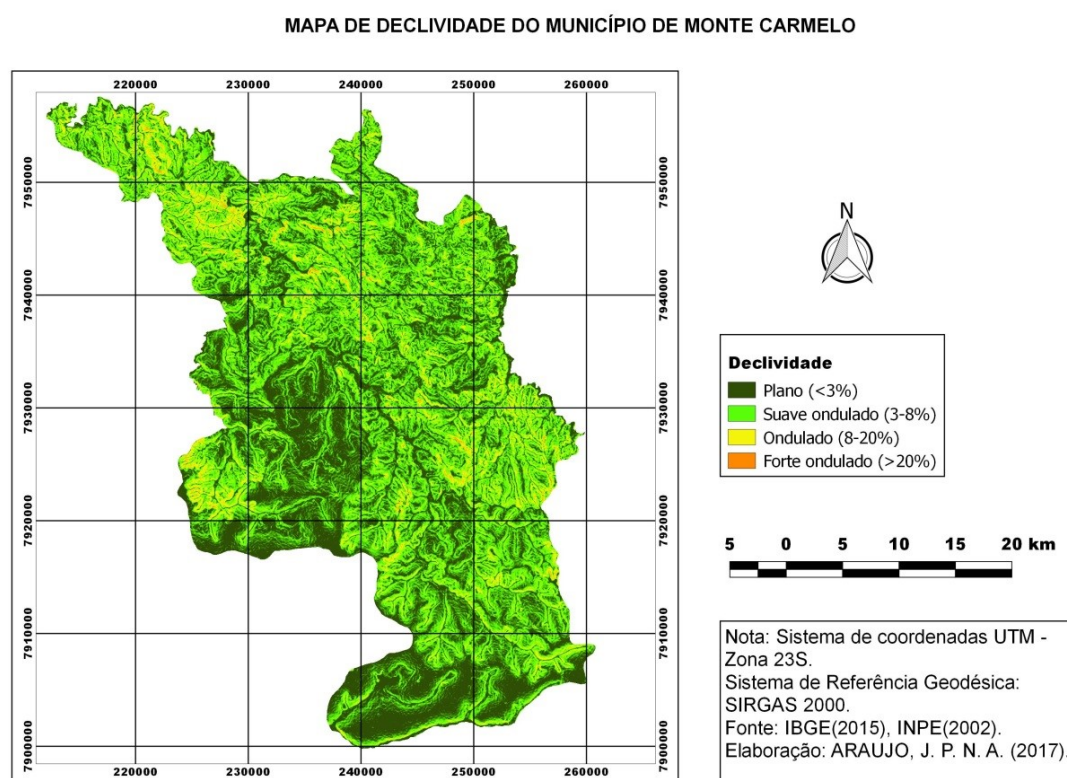


**Figura 4- Mapa hipsométrico da área de estudo**

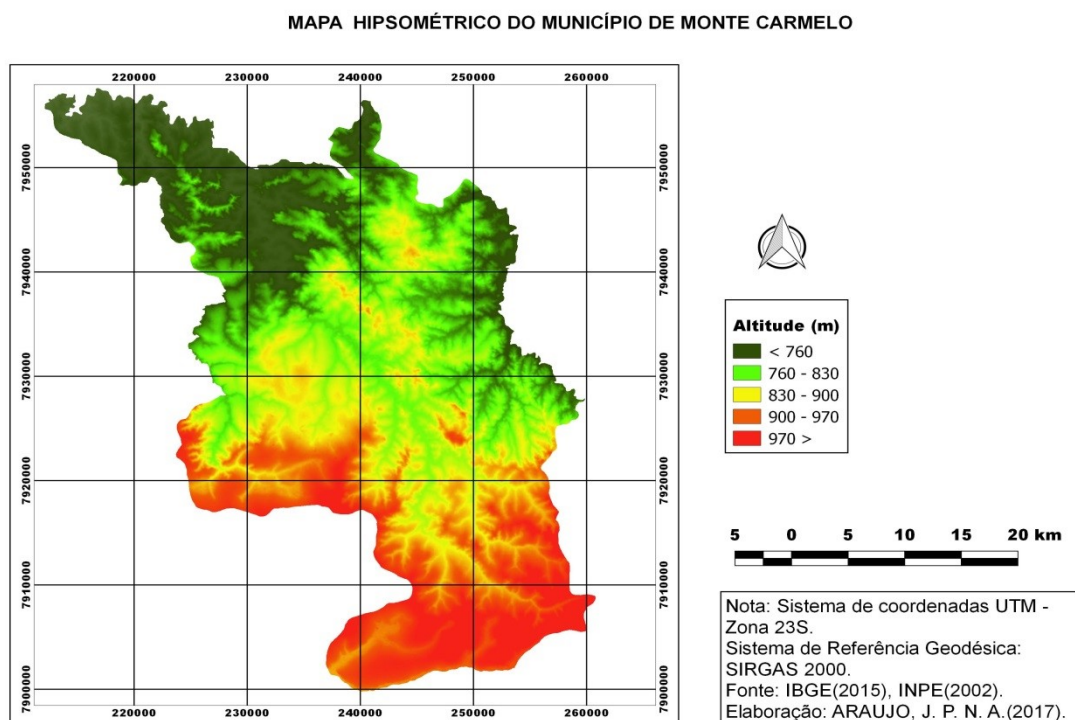


**Figura 5- Mapa do uso da terra da área de estudo**

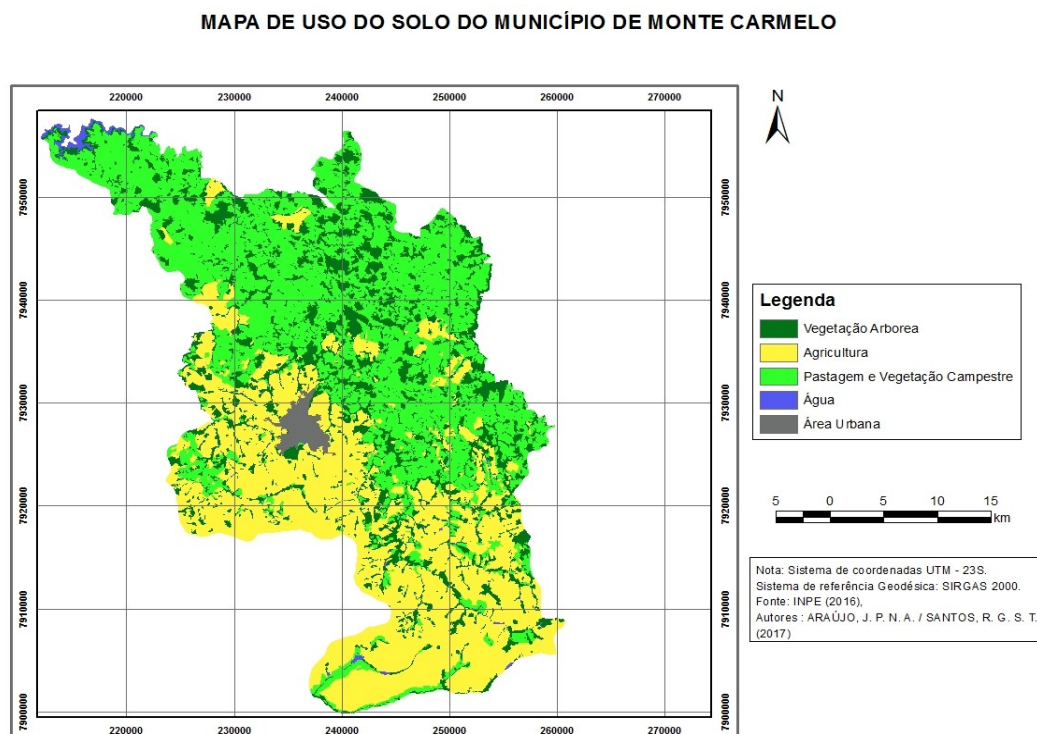


**Figura 6- Mapa de solos da área de estudo**

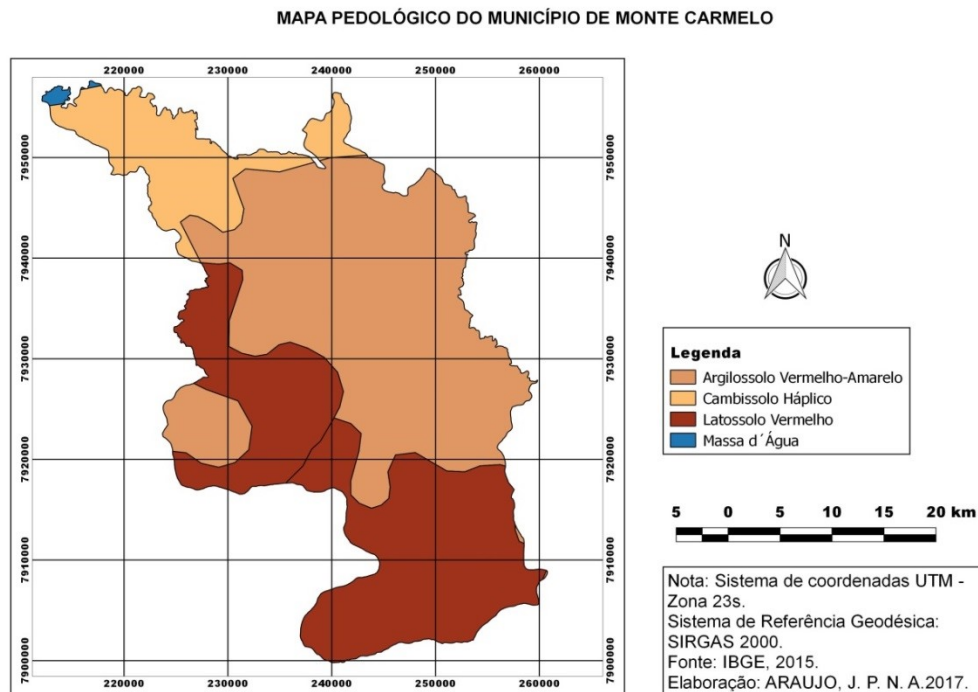
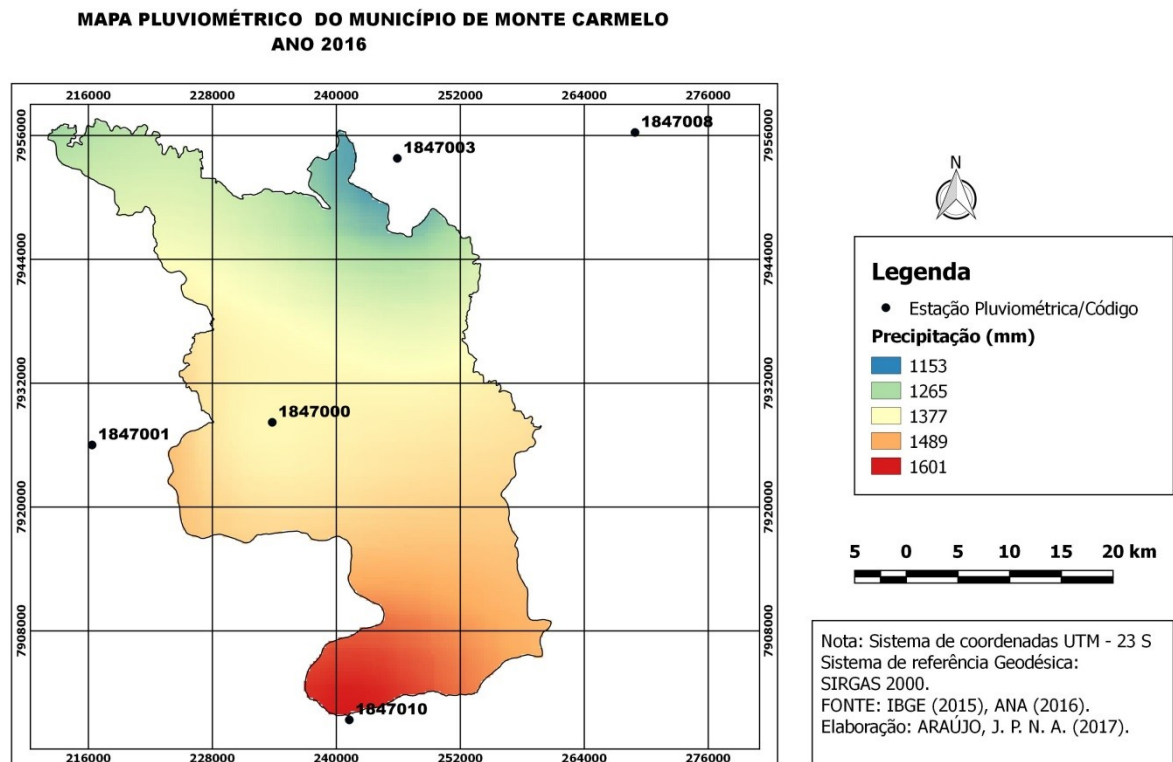
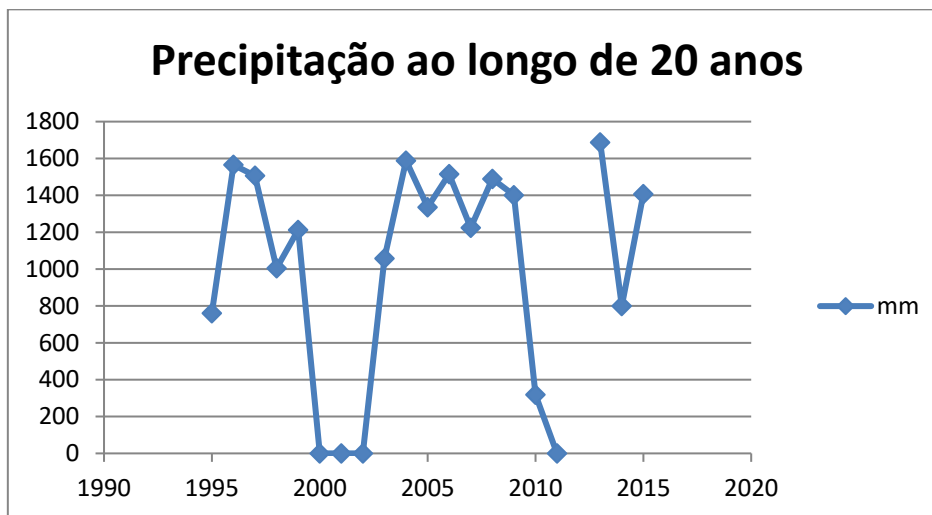


**Figura 7- Mapa de chuva da área de estudo**



Para analisar a tendência de pluviosidade na região e confirmar que o índice de chuvas no ano de 2016 não foi um fato isolado, foi feita uma análise temporal da precipitação média ao longo de 20 anos, conforme o gráfico apresentado na **Figura 8**.

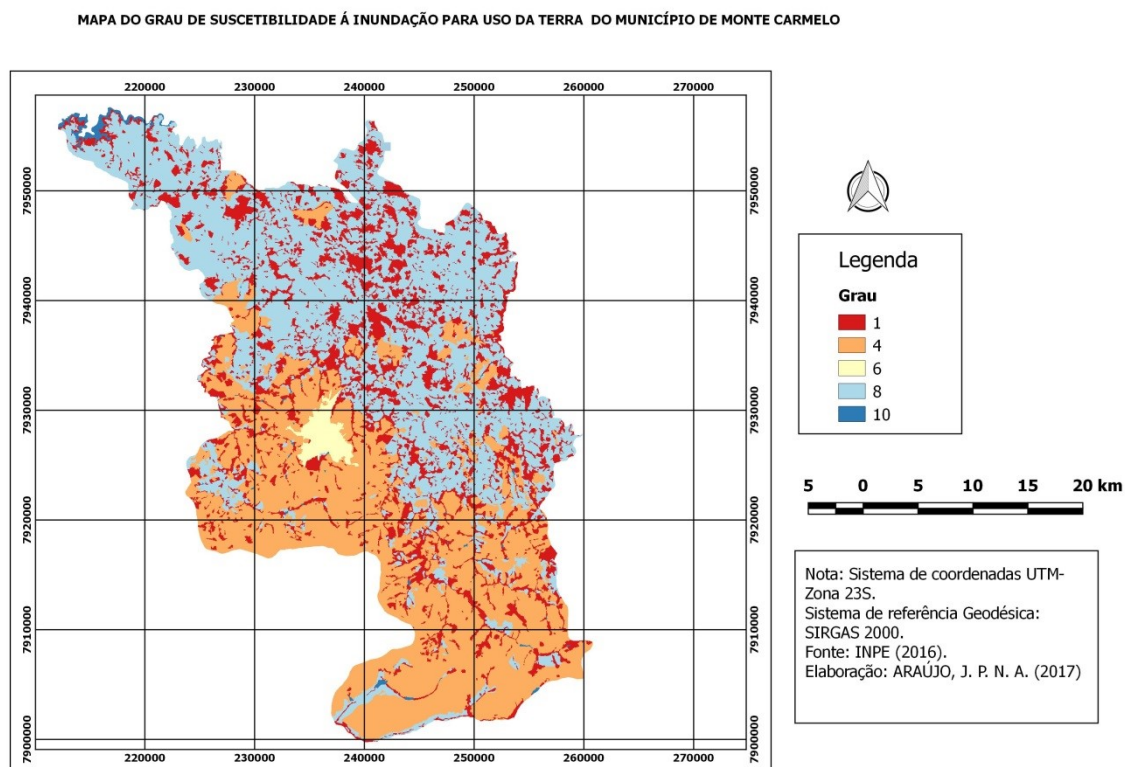
**Figura 8** - Gráfico de tendência da precipitação na região de estudo



**Elaboração:** O autor.

Pode-se observar que, no período de 1995 e 2015, os níveis de precipitação na região se concentra em maior parte entre 1200 mm e 1600 mm, sendo que para os anos de 2000, 2001, 2002 e 2011 não foram encontrados dados, por isso o nível zero de precipitação para esses anos. Assim, se pode estimar que a quantidade de chuvas encontradas para o ano de 2016, está dentro da normalidade verificada na análise temporal realizada.

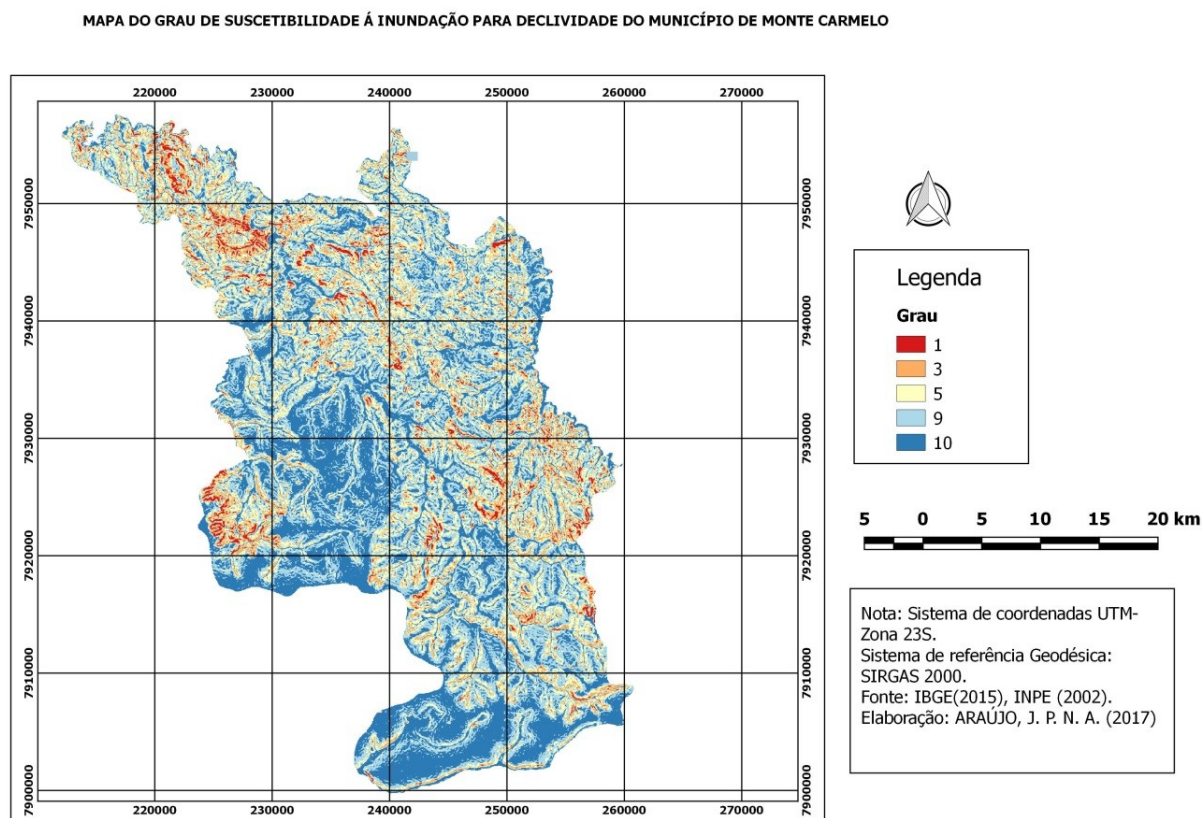
Dando sequência ao estudo, para realizar o cruzamento dos mapas temáticos citados acima, e construir o mapa de risco a inundação, foram elaborados novos mapas com formato *raster* e atribuído a cada classe existente um valor que varia entre 1 e 10 de acordo com seu grau de suscetibilidade a inundação. Foram obtidos os seguintes mapas, conforme **Figuras 9 a 13**, a seguir.

**Figura 9-** Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com o uso da terra**Tabela 1-**  rea das classes do mapa de uso da terra

| Grau de suscetibilidade |  rea (ha) |  rea (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 10                      | 872,743   | 0,64     |
| 8                       | 55964,732 | 41,63    |
| 6                       | 1739,460  | 1,29     |
| 4                       | 49497,111 | 19,64    |
| 1                       | 26339,064 | 36,8     |

**Elaboração:** O autor.

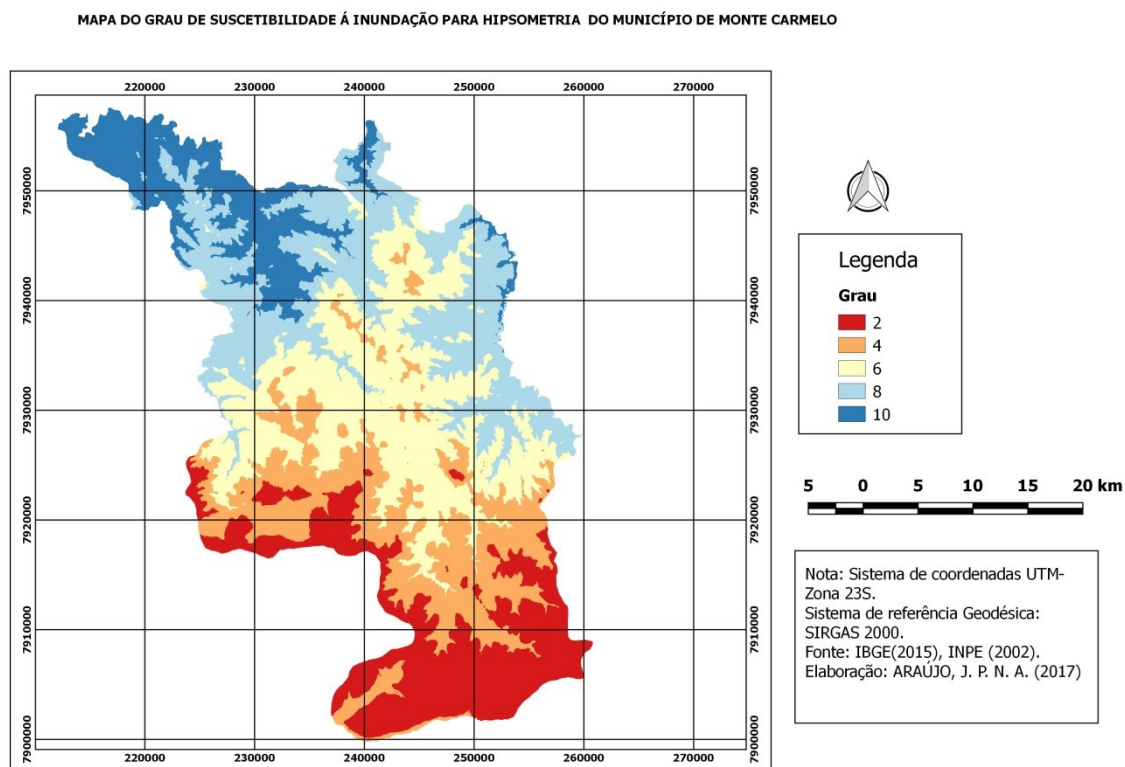
Através do cálculo de área para cada classe de grau a suscetibilidade a inundação para o uso da terra, foi observado através da **Tabela1**, que a maior parte do município, cerca de 41,63%, possui uma ocupação da superfície com grau 8 de suscetibilidade a inundação.

**Figura 10-**Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com a declividade**Tabela 2-** rea das classes de declividade

| Grau de suscetibilidade |  rea (ha) |  rea (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 10                      | 38398,732 | 28,57    |
| 9                       | 47109,226 | 35,03    |
| 5                       | 32321,861 | 24,00    |
| 3                       | 13306,861 | 10,00    |
| 1                       | 3222,570  | 2,40     |

**Elaboração:** O autor.

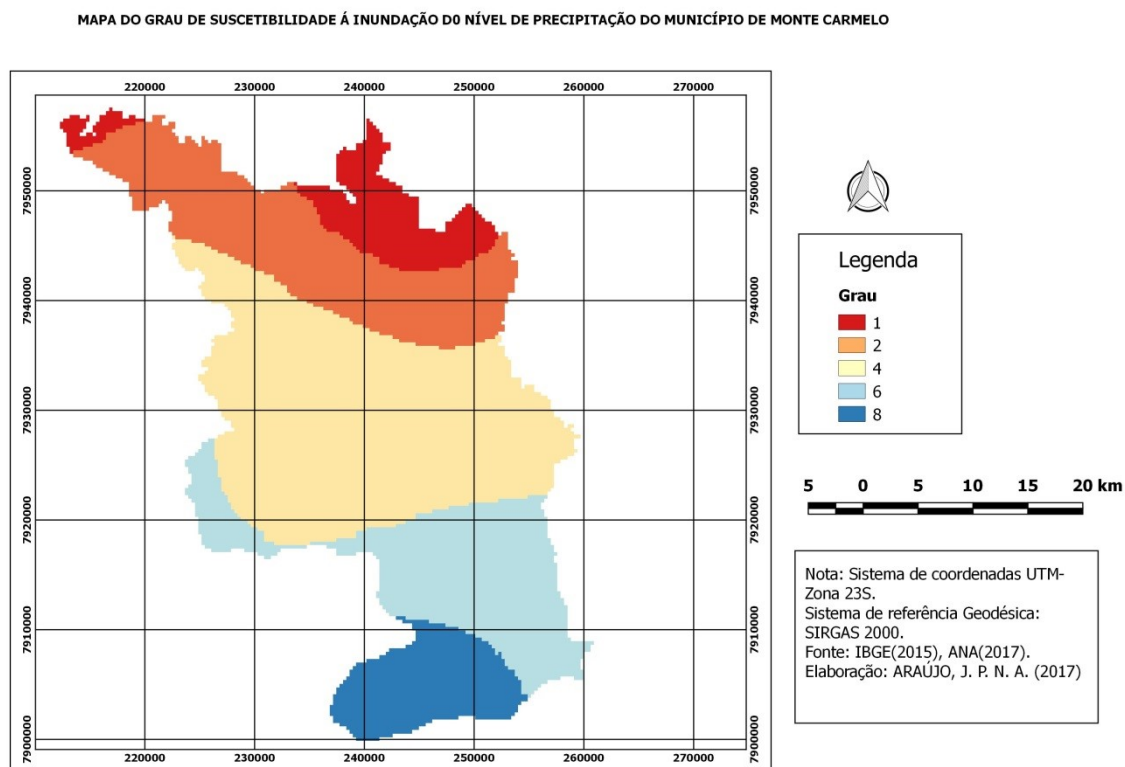
Foi not rio a predominância do grau 9 correspondente a 35,03% do território do município de acordo com a declividade entre 3 e 8%, seguido do grau máximo 10, para regiões planas correspondente a 28,57% da área do município.

**Figura 11-** Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com a hipsometria**Tabela 3-**  rea das classes hipsométricas

| Grau de suscetibilidade |  rea (ha) |  rea (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 10                      | 16422,739 | 12,23    |
| 8                       | 32135,205 | 23,90    |
| 6                       | 35707,013 | 26,55    |
| 4                       | 26493,481 | 19,70    |
| 2                       | 23691,224 | 17,62    |

**Elaboração:** O autor.

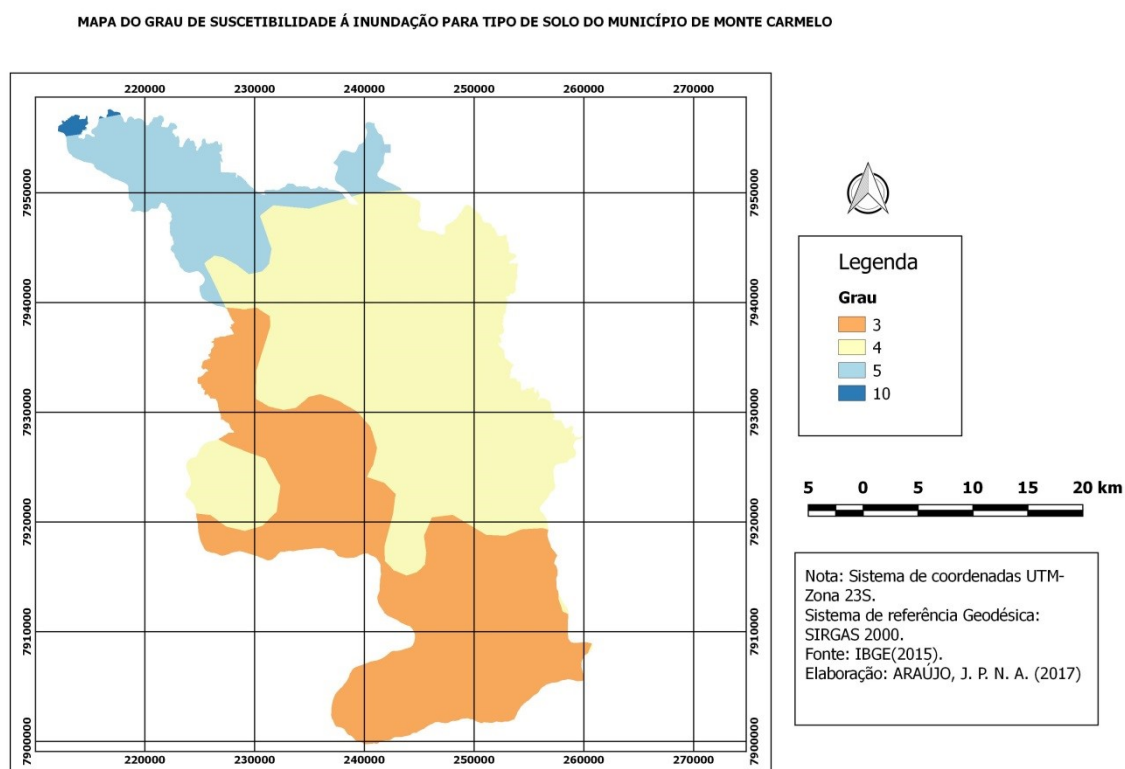
Através da tabela acima   possível observar valores de áreas consideravelmente próximos para cada classe, sendo predominantemente a classe de grau 6 correspondente a 26,55% da área do município, que se caracteriza e por abranger grande parte da área urbana e por conter altitude entre 830 e 900 metros.

**Figura 12-** Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com a pluviosidade**Tabela 4-**  rea das classes pluviométricas

| Grau de suscetibilidade |  rea (ha) |  rea (%) |
|-------------------------|-----------|----------|
| 8                       | 12259,260 | 9,15     |
| 6                       | 25692,660 | 19,11    |
| 4                       | 56121,120 | 41,75    |
| 2                       | 28887,390 | 21,49    |
| 1                       | 11430,810 | 8,50     |

**Elaboração:** O autor.

Através do gráfico, pode se notar a maior área para classe de grau 4 a suscetibilidade a inundação, equivalente a 41,75% do território do município, áreas com maiores pluviosidade resultou somente numa pequena porcentagem de área ao sul da área de estudo, equivalente a 9,15%.

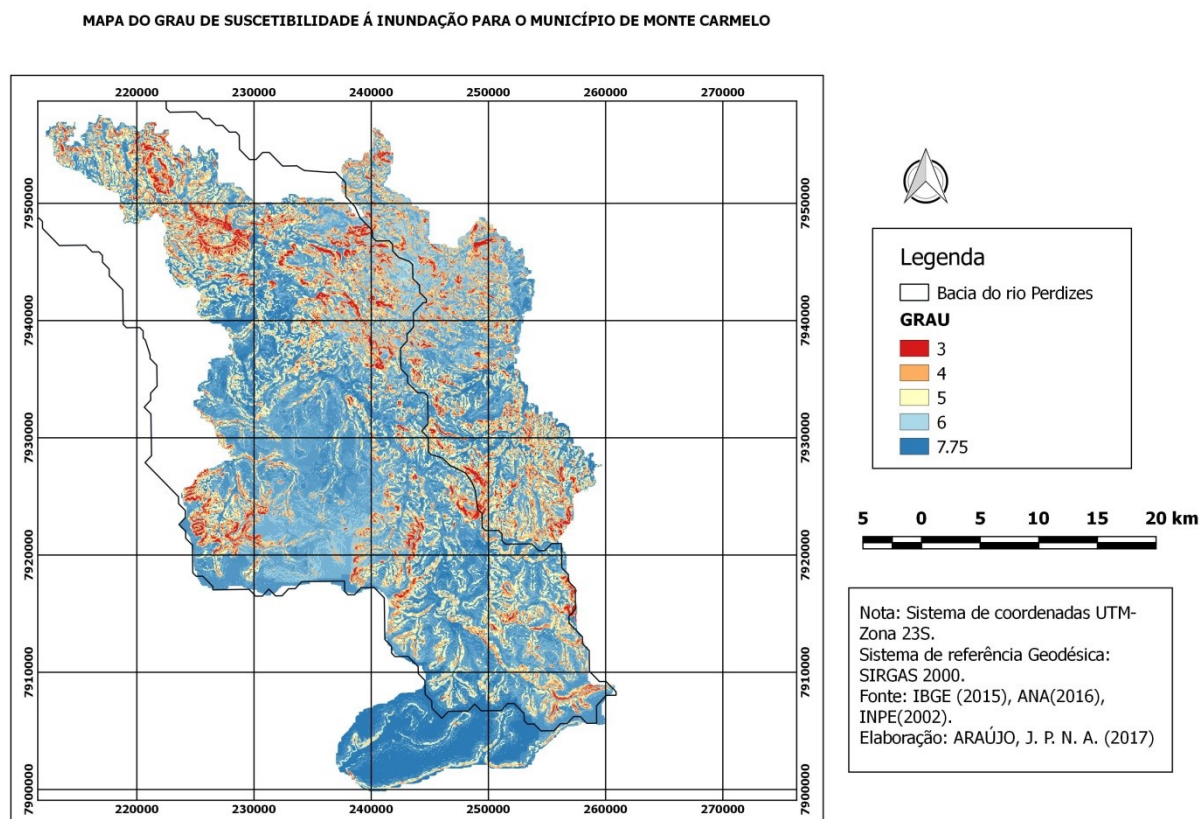
**Figura 13-** Mapa de suscetibilidade a inundação de acordo com o tipo de solo**Tabela 5-**  rea das classes do tipo de solo

| Grau de suscetibilidade |  rea (ha)    |  rea (%) |
|-------------------------|--------------|----------|
| 10                      | 407,161      | 0,30     |
| 5                       | 17206,260    | 12,80    |
| 4                       | 66814,051    | 49,70    |
| 3                       | 49991,782141 | 37,20    |

**Elaboração:** O autor.

A maior classe de suscetibilidade em relação ao tipo de solo no município, corresponde a de grau 4, equivalente a 49,70% da área total. E uma minoria de área com grau alto de suscetibilidade, correspondente a 0,3%.

Por fim, a partir dos mapas de susceptibilidade   inundação, foi realizado o cruzamento final que gerou o mapa de grau de risco   inundação para a área de estudo, conforme **Figura 14**.

**Figura 14-** Mapa final resultado do cruzamento dos mapas de susceptibilidade

Através do mapa de susceptibilidade a inundação observamos que a área de estudo contém riscos mínimos de grau 3 e máximo de grau 7,75, considerando uma escala de 1 a 10. Áreas mais planas e de menor declividade e com maior pluviosidade foram áreas que obtiveram maior grau de susceptibilidade a inundação.

**Tabela 6-** Área das classes do risco a inundação

| Grau de susceptibilidade | Área (ha) | Área (%) |
|--------------------------|-----------|----------|
| 7,75                     | 52263,846 | 39,23    |
| 6                        | 32222,590 | 24,18    |
| 5                        | 13129,849 | 9,85     |
| 4                        | 24231,264 | 18,18    |
| 3                        | 11409,399 | 8,56     |

**Elaboração:** O autor.

Analisando a tabela de acima se pode concluir que a maior parte do município contém o maior grau de susceptibilidade a inundação encontrado através do cruzamento

dos mapas temáticos, que foi de 7,5 correspondente a um percentual de 39,23% de todo território, enquanto que áreas de menores suscetibilidade ficaram com percentuais 18,18 e 8,56%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse tipo de estudo tem grande importância nos tempos atuais, pois servem de análise da vulnerabilidade dos municípios ao fenômeno da inundação que, por sua vez, é decorrente da transformação da superfície terrestre causada ou intensificada pela ação do homem. De certa forma, esse fenômeno causa transtornos e prejuízos ambientais e socioeconômicos para áreas atingidas.

Áreas impermeáveis como as construções civis, prédios ruas e calçadas das cidades agravam o risco de inundação. Seguindo essa linha de raciocínio, foi adotado maior grau de suscetibilidade na região urbana, que visivelmente através do mapa final é evidenciada, caracterizando junto com as regiões de áreas planas, áreas de maiores riscos. Logo, é possível notar o baixo risco em áreas de baixo nível de precipitação e maior declividade.

Através do mapa final é possível observar o maior risco a inundação, que para essa área de estudo, se caracteriza considerável, em áreas de pouca declividade e com maior volume de precipitação, situadas ao sul do Município. Essa relação predominou perante outros parâmetros analisados porque para esse trabalho foi considerado mais importante a declividade, seguido do índice de chuvas da região, e depois os outros parâmetros como hipsometria, uso da terra e tipo do solo. Essa ordem foi adotada tendo em vista a precariedade de áreas planas para escoar ou como, nesse caso, absorver a água da chuva, uma vez que nessas áreas, geralmente, é feito cultivo de culturas, não fornecendo robustez na capacidade de absorção da água pelo solo.

O município de Monte Carmelo não tem conhecimento de dados históricos que caracterize a ocorrência de inundações em larga escala em seu território, porem através desse estudo é possível destacar áreas com maior risco a esse desastre natural, e manter precavidos os moradores, agricultores, residentes nessas áreas, para que possam ser tomadas decisões com intuito de extinguir ou minimizar os danos causados por esse fenômeno.

## REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional das Águas. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: Fev. de 2017.

BBC BRASIL. **Brasil é o país das Américas mais afetado por desastres**. Disponível em: <[http://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717\\_cruzvermla.shtml](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/story/2003/07/030717_cruzvermla.shtml)> Acesso em: abr. 2016.

BOLFE, E. L. **Geotecnologias Aplicadas a Gestão De Recursos Naturais**. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, III, Aracaju/SE, 25 a 27 de outubro de 2006. Disponível em: <[http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos\\_pdf/Palestra/001\\_p.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr3/artigos_pdf/Palestra/001_p.pdf)>. Acesso em: abr. 2016.

BRASIL. **Decreto 6.766/79, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília dezembro de 1979. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm)> Acesso em: jun. 2016.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudo de riscos e medicina de desastres**. Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998. 283 p. Disponível em: <[www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/glossario.doc](http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/glossario.doc)> Acesso em: maio 2016.

CHEREM, L.S. **Análise morfométrica da bacia do Alto rio da velhas, MG**. 2008. Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/luizfelipecherem.pdf>> Acesso em: maio 2016.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Rio Claro: Edgard Blucher Ltda, 1980. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/21395151/geomorfologia---antonio-christofoletti-1980>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte. **Visualizador de Informações Geográficas**. Disponível em: <<http://servicos.dnit.gov.br/vgeo/>>. Acesso em: Fev. de 2017.

FERREIRA, C. W. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Açude cachoeira, no município de serra talhada - PE, Brasil. **II Seminário Ibero Americano de Geografia Física**. Coimbra. Maio de 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Cidades. **Monte Carmelo**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=314310&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: abr. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2014**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: abr. 2016.

KOBIYAMA, M. et al. **PREVENÇÃO DE DESASTRES NATURAIS: CONCEITOS BÁSICOS**. Florianópolis: *Organic Trading*, 2006. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/28/2014/05/prevencaodedesastresnaturaisconceitosbasicos.pdf>>. Acesso em: 24. out. 2016.

OLIVEIRA, B. R. Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informações Geográficas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, set-dez. 2015, p. 761-782.

REBELO, F. **Riscos Naturais e ação antrópica**: estudos e reflexões. Coimbra. Imprensa da universidade, 2003. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=B0hl3D5GypwC&oi=fnd&pg=PA3&dq=risco+inunda%C3%A7%C3%A3o&ots=y7lGSVKaGm&sig=c\\_fVyNHAp0XitolcUOqRAB4Bii4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=B0hl3D5GypwC&oi=fnd&pg=PA3&dq=risco+inunda%C3%A7%C3%A3o&ots=y7lGSVKaGm&sig=c_fVyNHAp0XitolcUOqRAB4Bii4#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: abr. 2016.

SAATY, Thomas L. *A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures*. **Journal Of Mathematical Psychology**. Philadelphia, p. 234-281. jun. 1977. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/221955622\\_A\\_Scaling\\_Method\\_for\\_Priorities\\_in\\_Hierarchical\\_Structures](https://www.researchgate.net/publication/221955622_A_Scaling_Method_for_Priorities_in_Hierarchical_Structures)>. Acesso em: 15 fev. 2017.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental**: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. Disponível em: <[http://fld.com.br/uploads/documentos/pdf/Vulnerabilidade\\_Ambiental\\_Desastres\\_Naturais\\_ou\\_Fenomenos\\_Induzidos.pdf](http://fld.com.br/uploads/documentos/pdf/Vulnerabilidade_Ambiental_Desastres_Naturais_ou_Fenomenos_Induzidos.pdf)>. Acesso em: abr. 2016.

TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. *Global Water Partnership*. Edição em arquivo digital. Brasília, 2005. Disponível em: <[www.semrah.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175](http://www.semrah.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=175)> Acesso em: maio 2016.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das pombas, Guanhões, MG**. 2005. 85p. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/tonello,kc-m.pdf>> Acesso em: maio 2016.