

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MAIONNY SOARES QUIEZA DALLAPICOLA

**DESNATURALIZAÇÃO DO RIO DOCE: UMA ABORDAGEM  
GEOGRÁFICA DAS INTERVENÇÕES NO SETOR URBANO DE  
COLATINA/ES**

Vitória - ES  
2015

MAIONNY SOARES QUIEZA DALLAPICOLA

**DESNATURALIZAÇÃO DO RIO DOCE: UMA ABORDAGEM  
GEOGRÁFICA DAS INTERVENÇÕES NO SETOR URBANO DE  
COLATINA/ES**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho

Vitória - ES  
2015

# Prêmio Ecologia 2015



O GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO E A REDE VITÓRIA  
CERTIFICAM QUE O PROJETO DE

*Maionny Soares Queiza Dalapícola*

FOI PREMIADO COM O 2º LUGAR DA CATEGORIA  
PESQUISA DO 15º PRÊMIO ECOLOGIA.

RODRIGO MARQUES DE ABREU JÚDICE  
SECRETÁRIO DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

FERNANDO MACHADO FERREIRA  
DIRETOR GERAL DA REDE VITÓRIA



REDE VITÓRIA  
UM NOME. UM DESTINO.



VALE



GOVERNO DO ESTADO  
DO ESPÍRITO SANTO  
Secretaria de Meio Ambiente  
e Recursos Hídricos  
Agência Estadual de  
Recursos Hídricos





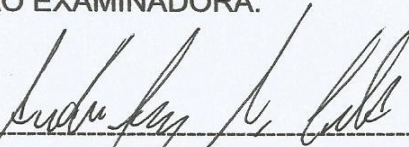
MAIONNY SOARES QUIEZA DALLAPICOLA

**DESNATURALIZAÇÃO DO RIO DOCE: UMA ABORDAGEM  
GEOGRÁFICA DAS INTERVENÇÕES NO SETOR URBANO DE  
COLATINA/ES**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Entregue em 09 de Junho de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA:



Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho / UFES  
Departamento de Geografia  
Orientador



Prof.ª Dr.ª Eneida Maria Souza Mendonça / UFES  
Departamento de Arquitetura e Urbanismo  
Examinadora externa



Prof. André Luiz Demuner Ramos / PPGG - UFES  
Mestrando  
Examinador interno

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela força dia a dia, sem a qual não seria possível superar os obstáculos e alcançar a vitória.

Aos meus pais, Maxima e Francisco, por todo ensinamento, por acreditarem na minha capacidade e por me ajudarem a sonhar e correr atrás dos meus objetivos.

Ao meu marido Cleder, pela paciência, pela força nos momentos de desânimo e por todo apoio dedicado. Sem você não teria conseguido.

Ao engenheiro Francisco Hermes, pela experiência e conhecimentos partilhados da área de estudo.

Aos meus amigos Mônica Regina, Larissa, Patrícia e Ronald, por todo apoio e ajuda durante esta pesquisa.

Ao meu orientador André, pela oportunidade desta pesquisa, pela paciência dedicada a mim, e por todos os ensinamentos compartilhados. Muito obrigada.

A todos aqueles que estiveram comigo durante a graduação e que contribuíram de alguma forma com o meu aprendizado.

## RESUMO

Este trabalho tem como objeto de estudo o setor do Rio Doce que corta a área urbana de Colatina – ES. O objetivo principal desta análise foi verificar como as intervenções humanas no canal fluvial têm contribuído para ampliação das cheias na planície de inundação. Partindo desta premissa, a pesquisa baseou-se na análise de fotos históricas de 1906 a 2015, e imagens de satélite em períodos de vazante (abril) e cheia (janeiro) do rio Doce, por onde foi possível cartografar as alterações nas margens deste corpo hídrico. O cruzamento das séries temporais históricas de vazão do rio, com a ocupação da Área de Preservação Permanente (APP), permitiu delimitar os pontos mais fragilizados da Av. Beira Rio. Deste modo, os resultados indicaram que o crescimento urbano desordenado e contínuo, associado às alterações nos processos geomorfológicos, tem intensificado a degradação do canal fluvial, potencializando as inundações.

**Palavras-chave:** Geomorfologia fluvial, geotecnologias, análise geográfica integrada, intervenção humana e inundação.

## RÉSUMÉ

Ce travail a pour objet d'étude le secteur de la Rivière Doce coupe de la zone urbaine ne de Colatina – ES. Le principal objectif de cette analyse était de vérifier comme les interventions humaines dans le chenal de la Rivière Doce ont contribué pour le submersion de la plaine d'inondation. De cette prémisse, la recherche a été basée sur l'analyse de photographies historiques de 1906 a 2015, et images en période de reflux (avril) et flux (janvier) de la Rivière Doce, par lequel il a été possible de cartographier les changements dans les marges de ce plan d'eau. Grâce à l'analyse de la série chronologique historique de débit de la rivière et de l'occupation de la zone de préservation permanent, c'est possible d'identifier les points les plus vulnérables de l'Avenue Beira-Rio. Ainsi, les résultats indiquent que la croissance urbaine désordonnée et continue, associée aux changements dans les processus géomorphologiques, a intensifié la dégradation du chenal de la rivière, en renforçant des inondations.

**Mots-clés:** la géomorphologie fluviale, géotechnologies, analyse géographique intégrée, d'intervention humaine et inondations.

## **ABSTRACT**

This paper has as object of study the sector of Doce River cutting the urban areas of Colatina – ES. The main objective of this analyze was to verify how human interventions on Doce's river channel have contributed how human interventions in river channel have contributed to the tide of the floodplain. From this premise, the research was based on analysis of historical photographs from 1906 to 2015, and aerial images in periods of ebb (April) and flood (January) of Doce river, by which it was possible to map the changes in the margins of this water body. Crossing the analysis of historical time series of river flow with the occupation of areas of permanent preservation it was possible to delimitate the most vulnerable points of Beira-Rio Avenue. Thus, the results indicated that the cluttered and continuous urban growth, associated with changes in geomorphological processes, has intensified de degradation of the river channel, increasing flooding.

**Keywords:** fluvial geomorphology, geotechnologies, integrated geographical analysis, human intervention and flood.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Localização da área urbana de Colatina, com Limite de Bairros e Rio Doce...	18
<b>Figura 2</b> - Vista do Rio Doce pela ponte velha. Inundação de dezembro de 2013.....	19
<b>Figura 3</b> - Movimento de massa no bairro São Marcos. Evento extremo de dezembro de 2013. ....	19
<b>Figura 4</b> - Tipos de leito fluvial/varzea.....	21
<b>Figura 5</b> - Padrões dos canais. ....	21
<b>Figura 6</b> - Relação entre superfície impermeabilizada e superfície de escoamento. ....	32
<b>Figura 7</b> - Canalização do rio modificando sua fisiografia. ....	33
<b>Figura 8</b> - Fluxograma de execução do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).....	37
<b>Figura 9</b> - Bairro de Colatina Velha após a inauguração da estrada de ferro em 1906. Destaque à esquerda para o curso principal do Rio Doce. ....	41
<b>Figura 10</b> - Localização do Barracão do Rio Santa Maria, estopim para o povoamento da região. ....	42
<b>Figura 11</b> - Estrada de Ferro Vitória a Minas, margem direita do Rio Doce.....	43
<b>Figura 12</b> - Ponte Florentino Ávidos na década de 1930, vista da margem direita do Rio Doce.....	43
<b>Figura 13</b> - Crescimento urbano de Colatina, ocupação do vale e vertentes.....	45
<b>Figura 14</b> - Evolução da mancha urbana de Colatina e os principais vetores de crescimento.....	47
<b>Figura 15</b> - Localização dos principais eixos viários que interceptam a cidade de Colatina. ....	48
<b>Figura 16</b> - Traçado das mensurações da calha regular do Rio Doce no período de vazante, mês de abril/2013.....	50
<b>Figura 17</b> - Delimitação das áreas de preservação permanente do Rio Doce no perímetro urbano de Colatina, de acordo com o PDM e o Novo Código Florestal.....	51
<b>Figura 18</b> - Representação de inundação urbana. ....	53
<b>Figura 19</b> - 1) Av. Getúlio Vargas, inundação de 1979. 2) Bairro Esplanada, inundação de 1997. 3) Praça Municipal, inundação de 2013. ....	55
<b>Figura 20</b> - 1) Destaque para os bairros que compõem o recorte (vermelho). 2) Visualização do recorte com a delimitação da área de APP legal. 3) Vista panorâmica do recorte em rosa, da APP de 50 m (amarelo claro), e 500 m (amarelo escuro).....	56

<b>Figura 21</b> - 1) Vista do Centro de Colatina (1925), com a ponte Florentino Ávidos (direita) e o Morro das Cabritas ao fundo, destaque em azul para o traçado antigo do Rio Santa Maria do Doce. 2) Vista da década de 1990 com o bairro Esplanada ao fundo, e destaque em vermelho para o curso atual do Santa Maria.....	58
<b>Figura 22</b> - Primeira obra de canalização no rio Doce na área urbana de Colatina, muro de proteção à ponte.....	59
<b>Figura 23</b> - Segundo aterro do Rio Doce na área urbana de Colatina, limita-se com o traçado antigo da Estrada de Ferro Vitória a Minas. ....	60
<b>Figura 24</b> - Terceiro aterro do Rio Doce, compreende o atual bairro Esplanada, e o calçamento da Av. Beira-Rio.....	61
<b>Figura 25</b> - Limite da Calha atual do Rio Doce, após o último aterro a obra de enrocamento iniciada em 2004 e finalizada em 2008. ....	62
<b>Figura 26</b> - Perspectiva do projeto de enrocamento da Av. Beira-Rio de Colatina. ....	63
<b>Figura 27</b> - Mapa síntese dos quatro aterros; traçado do Rio Santa Maria do Doce antes e depois da obra de canalização; traçados da Estrada de Ferro Vitória a Minas. ....	64
<b>Figura 28</b> - Mapa do Zoneamento da Lei 5273/2007, anexo 06. ....	66
<b>Figura 29</b> - Localização de empreendimentos de grande impacto da Beira-Rio.....	68
<b>Figura 30</b> - Mapa síntese com a evolução urbana sobre o Rio Doce, e o polígono da inundação de dezembro de 2013, em azul. No lado direito, imagens da inundação na Av. Beira-Rio em dezembro de 2013. ....	69
<b>Figura 31</b> - Retorno à sinuosidade do canal do rio Aar, Munster, Alemanha (1998).....	72
<b>Figura 32</b> - 1) Trincheiras de infiltração; 2) Pavimentação em pav's. ....	72

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Perfis Transversais do leito regular do Rio Doce no perímetro urbano de Colatina, nos períodos de vazante (abril) e cheia (janeiro) .....	50
<b>Tabela 2:</b> Vazões Máximas Anuais de Colatina de 1961 a 2013 .....	54
<b>Tabela 3:</b> Índices urbanísticos da ZUD 2-1.....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Vazão média anual do Rio Doce a partir dos dados de vazões mensais. (Estação Fluviométrica de Colatina e a respectiva curva de tendência).....	25
<b>Gráfico 2</b> - População urbana de Colatina no período de 1940 a 2010.....	45

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ANA** - Agência Nacional de Águas

**APP** - Área de Preservação Permanente

**CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico Brasileiro

**GEOBASES** - Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IJSN** - Instituto Jones dos Santos Neves

**INCAPER** - Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

**PDM** - Plano Diretor Municipal

**PMC** - Prefeitura Municipal de Colatina

**PROATER** - Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural

**SIG** - Sistema de Informações Geográficas

**UHE** – Usina Hidrelétrica

**UTM** - Universal Transverse Mercator

**USGS** - *Geological Survey* / Serviço Geológico Americano

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 Objetivo.....	16
1.1.1 Objetivo Geral:.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos:.....	16
1.2 Justificativa.....	17
<b>2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS.....</b>	<b>20</b>
2.1 Fundamentos da Geomorfologia Fluvial no Ambiente Urbano.....	20
2.1.1 Atuação Antrópica no Canal Fluvial .....	23
2.2 Aspectos Jurídicos .....	27
2.3 Análise Geográfica dos Impactos Ambientais Urbanos .....	31
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
4.1 Análise Temporal da Evolução da Mancha Urbana .....	40
4.1.1 Identificação do Vetor de Crescimento da Cidade.....	46
4.2 Análise do Planejamento Urbano e Ambiental das Margens do Rio Doce .....	49
4.2.1 Análise Temporal dos Impactos do Uso e Cobertura da Terra, na Planície de Inundação do Doce: Destaque para a Avenida Beira-Rio. ....	53
4.2.2 Zoneamento Urbano e as Inundações Na Av. Beira-Rio.....	65
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>74</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 1930, com a transição econômica de um eixo agrário-exportador para um polo urbano-industrial (CARNEIRO; 2008), verificou-se no Brasil a migração da maior parte da população para as cidades. Isso acarretou, segundo Tucci (2013, p.17) uma “[...] concentração urbana no Brasil da ordem de 80% da população, e o seu desenvolvimento tem sido realizado de forma pouco planejada, com grandes conflitos institucionais e tecnológicos [...]”.

De acordo com Canholi (2005, p.15), a expansão da área urbana “[...], conseqüentemente, impermeabilizada, ocorreu a partir das zonas mais baixas, próximas às várzeas dos rios ou à beira-mar, em direção às colinas e morros, em face da necessária interação da população com os corpos hídricos [...]”. Neste cenário, surgem as ocupações irregulares nas Áreas de Preservação Permanente (APP), como as da planície de inundação dos rios e os topos de morros.

Essas ocupações desordenadas são proporcionadas pela precariedade da implantação e fiscalização das legislações urbanísticas, de ordenamento territorial e ambiental. Neste contexto são relevantes as pesquisas que visam correlacionar o vínculo sociedade/natureza, de modo a entender como a ocupação e distribuição da população no solo conecta-se com a hidrodinâmica dos recursos naturais, uma vez que “[...] a tendência atual do limitado planejamento urbano integrado está levando as cidades a um caos ambiental urbano com custo extremamente alto para a sociedade” (TUCCI, 2013, p.17).

Deve-se partir do pressuposto teórico, articulado com a ideia anterior, de “[...] indissociabilidade entre natureza e sociedade [...]” (COELHO, 2013, p.21), em que a sociedade não pode ser apenas entendida como população, e a natureza enquanto mero ambiente físico, mas que estes dois fatores estão dinamicamente, produzindo o espaço geográfico.

Neste contexto, a problemática se afirma no intuito de relacionar as legislações urbanas (Lei de Parcelamento do Solo 6766/79 e PDM) e ambientais (Novo Código Florestal, 2012), com as suas aplicações, ou não, no perímetro urbano do município de Colatina, principalmente nos bairros que se situam na planície de inundação do Rio Doce.

A escolha da temática, também, teve como premissa a importância regional de Colatina como entreposto comercial e logístico para os municípios do noroeste capixaba, conforme



relato do Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural - PROATER (INCAPER; 2011):

Exportadores de café, atacadistas e as lojas de pronta entrega dinamizam o comércio local, que atende aos municípios do norte capixaba, leste de Minas Gerais e sul da Bahia, representando um universo de mais de 700 mil consumidores (INCAPER; 2011, p.5).

De acordo, ainda, com o INCAPER (*op. cit.*) Colatina tem crescido a uma margem de 1,88% anual, o que representa a tendência ao êxodo rural, sendo que a população do campo vem diminuindo: de aproximadamente 19% em 1990, passou a 12% no Censo de 2010. Diante do exposto, entra em discussão o planejamento urbano, pois, com o crescimento da população citadina para cerca de 88%, aumentam também as pressões sobre o meio ambiente, em especial as regiões ribeirinhas.

Estas últimas refletem o aumento das atividades humanas na bacia hidrográfica, onde pode-se destacar as mudanças induzidas pelas ações antropogênicas, que se dividem em diretas (aquelas que atuam no canal fluvial para controle das vazões, a exemplo dos reservatórios e desvios de águas), e indiretas, relacionadas às áreas fora dos canais, por exemplo, o desmatamento e urbanização, sendo que estas comprometem a descarga e carga sólida do rio (PARK,1981; KNIGHTON,1984 apud CUNHA, 2001).

O interesse pela pesquisa surge da importância regional do município, dos impactos históricos humanos, materiais e imateriais sofridos, diante de eventos hidrológicos extremos, tendo em vista o fato de o perímetro urbano ser cortado por um corpo fluvial de importância regional. Além disso, a abordagem geográfica possibilita a correlação dos processos fluviais com a ocupação urbana de modo mais integrado (COELHO, 2009).

Portanto, uma das finalidades deste trabalho é analisar, por meio das geotecnologias e das investigações de campo, como a ocupação urbana tem interferido nas margens do Rio Doce, de modo a delimitar os sucessivos aterros na margem direita, no perímetro do bairro Esplanada a Colatina Velha. Ademais, identificar como os processos deste canal fluvial têm sido afetados pela intervenção humana em seu leito principal.

## **1.1 Objetivo**

### **1.1.1 Objetivo Geral:**

Correlacionar os processos fluviais do Rio Doce, por meio da dinâmica geomorfológica deste canal, com o uso e cobertura da terra no setor urbano do município de Colatina, Espírito Santo. Contrapondo, assim, as intervenções urbanas da beira-rio com o Plano Diretor Municipal e o Novo Código Florestal, enfatizando as diretrizes adotadas no parcelamento do solo para a planície de inundação deste rio.

### **1.1.2 Objetivos Específicos:**

- Identificar os vetores de crescimento urbano do município, a fim de avaliar a evolução da mancha urbana, junto ao canal principal;
- Determinar o comprimento da borda da calha do leito regular do Rio Doce no perímetro urbano de Colatina, para definição da largura mínima da faixa marginal de preservação;
- Espacializar as áreas de preservação permanente beira-rio, previstas em lei, a fim de analisar a ocupação urbana nestes espaços;
- Cartografar os principais pontos desnaturalizados no canal principal do Rio Doce, no setor urbano de Colatina;
- Demonstrar como o emprego das geotecnologias auxilia no planejamento urbano e ambiental, especialmente em âmbito municipal.

## 1.2 Justificativa

A área de estudo corresponde ao perímetro urbano do município de Colatina, situado na Bacia Atlântico, trecho leste, sub-bacia do Rio Doce, no baixo curso (ANA, 2001). Compreende a região noroeste do estado do Espírito Santo, latitude: 19° 32' 16" S e longitude 40° 37' 59" W. De acordo com os dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possuía uma população de 111.788 mil habitantes<sup>1</sup> numa área territorial de 1.416,804 km<sup>2</sup>.

Devido a sua privilegiada posição geográfica limítrofe com o Rio Doce, e a construção da Estrada de Ferro Vitória a Minas em 1906, Colatina compreendia os territórios dos atuais municípios de Baixo Guandu, Linhares, Pancas, São Gabriel da Palha, Marilândia, São Domingos do Norte e Governador Lindenberg (INCAPER, 2011). Só a partir de 2001 passou a apresentar os atuais limites municipais, e configurar uma área urbana com 59 bairros (Figura 1).

Colatina é um município de importância para região noroeste capixaba, seja em caráter econômico ou social. É responsável pelos fluxos de cargas da região, além de ser um polo moveleiro, de confecção, metalmeccânico e de comércio e serviços, gerando emprego e renda (INCAPER, 2011). Além disso, tem sofrido historicamente com as cheias do Rio Doce, principalmente porque parte do seu perímetro urbano é inundado com as águas da calha principal desse rio, o que compromete toda a dinâmica local e põe em risco os colatinenses.

Assim, diante das crescentes demandas por território no perímetro urbano, a população tem suprimido a cobertura vegetal e ocupado desde as margens do Rio Doce até as encostas dos morros. Em períodos de cheias, principalmente nos meses de outubro a março (INCAPER, 2011; ANA, 2001), verificam-se inundações de grande parte da área urbana beira-rio, além dos movimentos de massa nas encostas. Como exemplo destes acontecimentos têm-se os registros fotográficos dos efeitos da chuva de dezembro de 2013 (Figuras 2 e 3).

---

<sup>1</sup> De acordo com o a estimativa do IBGE de 2014, publicada no DOU, o município conta com uma população de 121.670 habitantes.

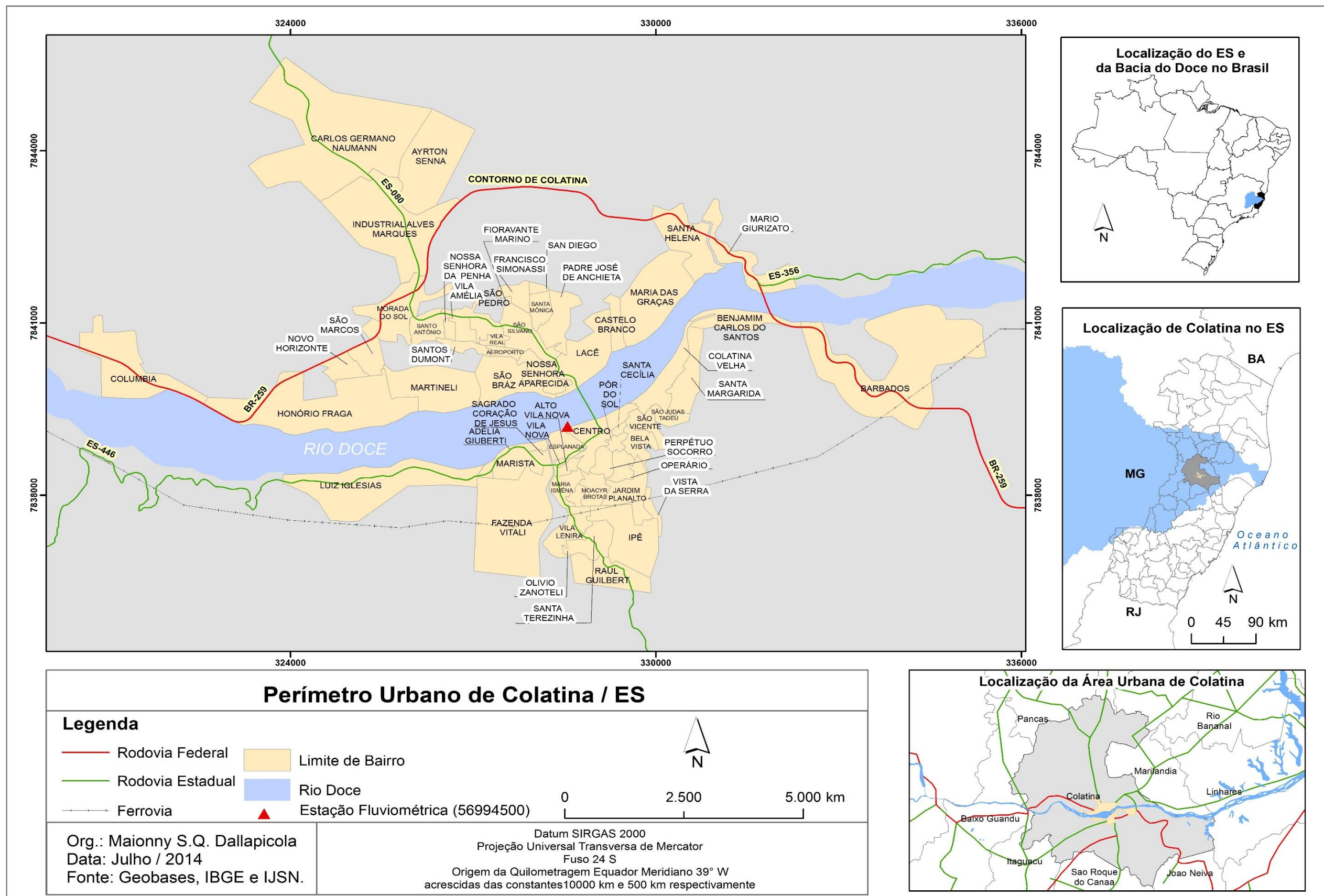


Figura 1 - Localização da área urbana de Colatina, com Limite de Bairros e o canal do Rio Doce. Elaborado pela autora.



**Figura 2** - Vista do Rio Doce pela ponte velha. Inundação de dezembro de 2013. Fonte: Notícias UOL (2013).



**Figura 3** - Movimento de massa no bairro São Marcos. Evento extremo de dezembro de 2013. Fonte: Folha Vitória (2013).

Este estudo, portanto, é relevante, tendo em vista as raras abordagens no âmbito das Ciências Geográficas, especialmente no Espírito Santo, de pesquisas que correlacionem aspectos da geomorfologia fluvial, por meio da dinâmica dos recursos hídricos, com o uso e cobertura da terra, particularmente o Plano Diretor Municipal (PDM). Discute, dessa forma, as implicações da atuação humana nas particularidades deste ecossistema natural, tendo em vista o disposto nas legislações urbanísticas e ambientais, que visam assegurar a qualidade de vida das populações.

Adiante serão analisados os principais fundamentos da geomorfologia fluvial, os aspectos jurídicos e o papel da análise geográfica integrada, para o entendimento dos fenômenos das inundações no Centro de Colatina, uma vez que é devido às intervenções humanas nos canais e suas margens, que esses fenômenos tornam-se mais nocivos a cidade.

## 2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

### 2.1 Fundamentos da Geomorfologia Fluvial no Ambiente Urbano

Recurso essencial para a manutenção da vida, a água foi um fator relevante para o estabelecimento histórico das sociedades no entorno dos cursos hídricos. Utilizados para fins de abastecimento humano e animal, irrigação, saneamento e transporte, os rios constituíram-se nos principais propulsores de penetração para o interior (CUNHA, 2012a). Logo em suas margens surgiram povoados, que posteriormente transformaram-se em cidades, como as que se estabeleceram às margens do Rio Doce, a exemplo da sede de Colatina.

Diante das potencialidades que os recursos hídricos possibilitam às sociedades, destacamos a importância do estudo da Geomorfologia Fluvial, que se apresenta como campo da Geomorfologia (ciência que estuda as formas do relevo), sendo o interesse daquela a pesquisa dos processos que relacionam o escoamento das águas fluviais num contexto de bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1980; CUNHA, *op. cit.*). Enfoca, assim, as alterações na fisionomia dos canais, frente às intervenções no ecossistema natural beira-rio.

A Geomorfologia Fluvial parte da condicionante de que o uso e ocupação da terra refletem-se na dinâmica da bacia de drenagem, interferindo nos processos morfogenéticos, ou seja, de modelagem do relevo fluvial, escoamento superficial das águas, e no ciclo hidrológico.

Frente à temática deste estudo, faz-se necessário o entendimento dos conceitos da fisiografia fluvial, aqui referente aos diferentes setores que a água pode escoar num leito (Figura 4), como:

O leito menor corresponde à parte do canal ocupada pelas águas e cuja frequência impede o crescimento da vegetação. Esse tipo de leito é delimitado por partes bem definidas. O leito de vazante equivale à parte do canal ocupada durante o escoamento das águas de vazante. Suas águas divagam dentro do leito menor seguindo o talvegue, linha de máxima profundidade ao longo do leito e que é mais bem identificada na seção transversal do canal.

O leito maior, também denominado leito maior periódico ou sazonal, é ocupado pelas águas do rio regularmente e, pelo menos uma vez ao ano, durante as cheias. Dependendo do tempo ocorrido entre as subidas das águas, é possível haver a fixação e o crescimento da vegetação herbácea.

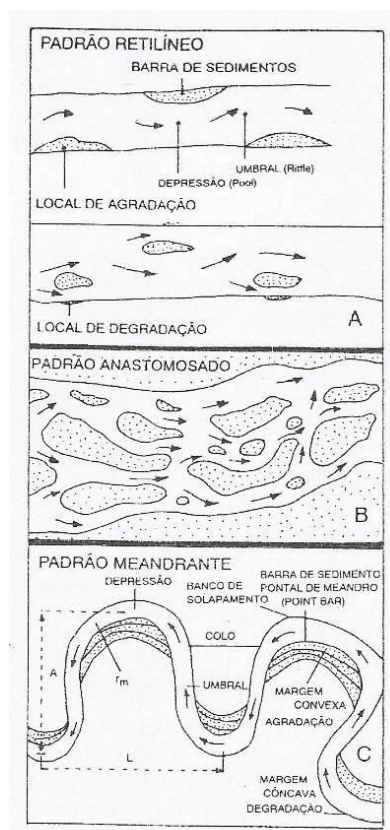


O leito maior excepcional é ocupado durante as grandes cheias, no decorrer das enchentes (CUNHA, 2001; p. 213).



**Figura 4** - Tipos de leito fluvial/ várzea.  
 Fonte: Cunha (2001, p.213).

Sendo, assim, as áreas de sedimentação fluvial (leitões), aquelas inundadas pelo corpo hídrico frente a um evento hidrológico extremo, também são conhecidas como várzeas, planície de inundação ou ainda, segundo Carneiro e Miguez (2011, p.133), como “[...] zona de passagem de cheia [...]”. Essas áreas de várzeas dependem da fisionomia que o rio apresenta, e, segundo Cunha (*op. cit.*), o canal fluvial pode apresentar três formas principais, conhecidas como padrão dos canais, que são: retilíneo, anastomosado e meândrico (Figura 5).



**Figura 5** - Padrões dos canais: (A) retilíneo, (B) anastomosado, (C) meândrico, (A) amplitude, (R<sub>c</sub>) raio médio da curvatura do meandro (segundo Bigarella *et.al.*, 1979).  
 Fonte: Cunha (2001; p.216).

Aliada aos padrões dos canais está a assimetria ou simetria dos leitos, que para Cunha (2001; p.233) relaciona-se com a variação da velocidade e turbulência ao longo da secção transversal, o que diferencia o comportamento nos canais retilíneos, geralmente simétricos, do canal meândrico, onde:

Em canais de leito simétrico, em geral padrão retilíneo, a velocidade máxima ocorre no centro do canal diminuindo em direção às margens. Em leito assimétrico, de padrão meândrico, a zona de máxima velocidade e turbulência localiza-se nas proximidades das margens côncavas, decrescendo de valor em direção à margem de menor profundidade (convexa) (CUNHA, *op.cit.*; p. 233).

Deste modo a capacidade de erosão das margens, transporte e deposição da carga do rio dependem, entre outros fatores, da velocidade das correntes fluviais. E o material do fluxo fluvial constitui-se da descarga líquida ou vazão, que está relacionada ao tamanho do material que pode ser transportado, e do volume da carga que o rio é capaz de carregar. Tem-se ainda a carga sólida, sedimentos, que está relacionada a suspensão e fundo do rio, esta decresce a jusante indicando a diminuição da competência do corpo fluvial. As cargas de suspensão são constituídas de partículas finas, a exemplo do silte, e por fim a carga de fundo que é composta por partículas de tamanhos maiores, a exemplo da areia, (CUNHA,2001).

Christofolletti (1980) acrescenta que os sedimentos podem ser carregados de três modos principais no fluxo: em solução, dissolvidos nos cursos hídricos, em suspensão como o silte e argila, e em saltação, geralmente a areia e cascalho, que compreendem a carga do leito do rio. Destaca-se que a carga detrítica não provém apenas da erosão do fundo dos leitos e margens fluviais, mas que o material intemperizado, de vertentes, carregado nas enchentes contribui significativamente para a carga sedimentar transportada.

Cabe ressaltar, ainda, que a relação do arranjo espacial dos canais com os processos fluviais (a erosão, o transporte, e a deposição de sedimentos) é determinante para o trabalho dos rios. Tais processos são diretamente influenciados pela vazão, velocidade e pela intensidade da turbulência (seja no fluxo laminar ou no fluxo turbulento). A variabilidade no comportamento da velocidade e turbulência das águas, ao longo da seção transversal, condiciona os locais preferenciais de erosão e deposição ao longo do curso hídrico.

Deste modo, qualquer intervenção na bacia e canal fluvial compromete o equilíbrio natural da drenagem, levando o corpo hídrico a se adaptar às mudanças em sua fisionomia, fisiografia e em seus processos até atingir um novo estado de equilíbrio. Porém, é na planície de inundação que estas modificações serão mais percebidas pela população, pois a maior parte das obras de engenharia, como as canalizações, e as ocupações das margens, acaba por romper com o equilíbrio natural do rio, alterando sua dinâmica e intensificando seus processos, o que na maioria das vezes potencializa as enchentes, no ambiente urbano.

Nesse sentido, o entendimento dos processos fluviais (erosão, transporte e deposição) combinado com a análise da fisiografia fluvial condicionam as peculiaridades na geometria hidráulica, ou seja, na relação entre a vazão, velocidade de escoamento, tipos de canais, de sedimentos e a topografia. Logo, o conhecimento geomorfológico do rio contribui para pesquisas que necessitem relacionar o funcionamento deste corpo natural com um planejamento urbano mais efetivo, principalmente se considerarmos um recorte em nível de bacia hidrográfica em espaço urbano.

### **2.1.1 Atuação Antrópica no Canal Fluvial**

O capítulo que segue versa sobre a atuação antrópica relacionando-a a área de estudo, o rio Doce, porém este trata de forma macro a temática, para contextualizar o leitor, sendo as especificidades das intervenções neste recorte geográfico, trabalhados nos resultados desta pesquisa.

Diante do exposto, é possível acompanhar a evolução dos processos fluviais nos canais, em especial aqueles que tiveram intervenções em seu curso natural como as hidrelétricas instaladas a montante, a exemplo do Rio Doce, onde a interferência direta na vazão e fluxo de sedimentos altera a hidrodinâmica do rio, comprometendo a erosão e transporte. Para Coelho (2007; p.57) as:

Mudanças na Declividade / Perfil Longitudinal: Promovidas pela construção de reservatório são variadas e caso o efeito da contenção de sedimentos seja significativo, os processos fluviais reduzirão a capacidade de transporte de sedimento, podendo promover um entalhamento do leito do rio imediatamente à jusante da barragem.

Além disso, esse processo erosivo pós-barragem é intensificado, favorecendo o assoreamento e sedimentação do rio a jusante. O que pode beneficiar a elevação da cota

do canal fluvial frente a eventos hidrológicos extremos, potencializando os efeitos das inundações nas várzeas.

Ao mesmo tempo, o Rio Doce, trecho que compreende o Espírito Santo, médio/baixo curso, é impactado nas vazões mínimas e máximas a jusante, após a instalação das barragens/Usinas Hidrelétricas (UHE) de Mascarenhas (início de operação em 1974) localizada no Município de Baixo Guandu, e a de Aimorés (início de operação em 2005) localizada na divisa do Espírito Santo com Minas Gerais (COELHO, 2007).

De acordo com Coelho (*op.cit.*), após a implantação das usinas ocorreu uma redução significativa na vazão da calha principal do Rio Doce, conforme Gráfico 1.

Considerando o período de 1939 a 2012, a vazão mínima após a instalação das usinas chega a atingir 411m<sup>3</sup>/s e a máxima chega apenas a 1251m<sup>3</sup>/s, sendo que no período anterior à instalação das usinas foi registrada a mínima de 533 m<sup>3</sup>/s, e uma máxima de 1812 m<sup>3</sup>/s, o que ressalta o impacto do barramento sobre o corpo hídrico. Além do comprometimento dos processos de erosão, transporte e sedimentação (COELHO, 2008 e CUNHA, 2001).

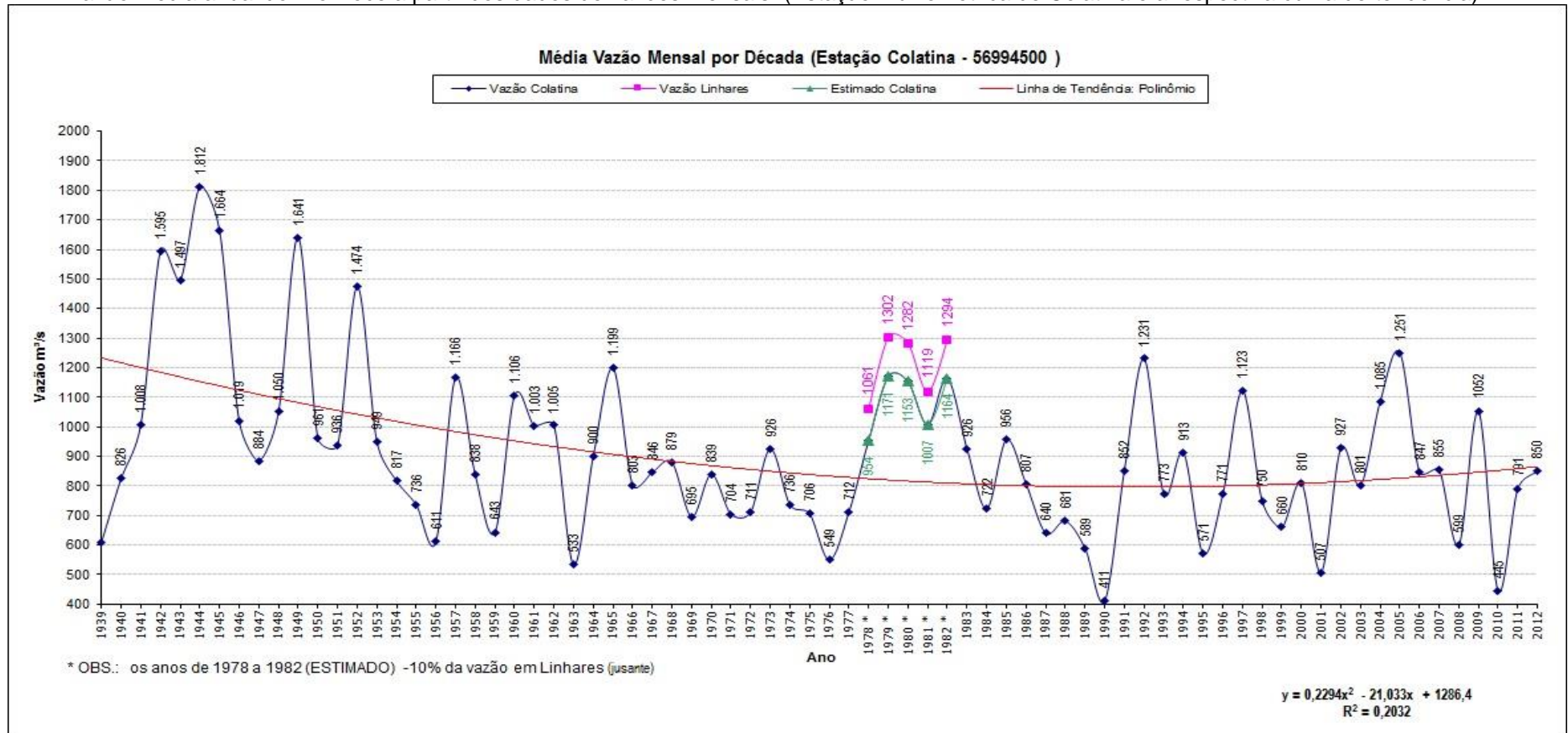
Diante desta perda de carga líquida nos barramentos, Cunha (2001; p. 241) observa ainda, que as áreas a jusante de reservatórios:

[...] onde o regime do rio sofre significativas modificações, devidas ao controle das descargas líquidas e de sedimentos no reservatório. As mudanças ocorridas no regime das águas, neste setor do rio, acarretam significativos efeitos nos processos do canal, tais como o entalhe do leito, a erosão das margens e a deposição a jusante, atingindo longas distâncias.

Além disso, no perímetro urbano de Colatina, o Rio Doce sofreu outras intervenções em seu canal principal, como a implantação de obras estruturais de macrodrenagem, a exemplo da construção da Av. Beira-Rio, com intuito de conter o avanço das águas fluviais em períodos de cheias.

Gráfico 1

Vazão média anual do Rio Doce a partir dos dados de vazões mensais. (Estação Fluviométrica de Colatina e a respectiva curva de tendência).



Fonte: adaptado de Coelho (2007; p.154).

Como exemplo dos tipos de intervenções humanas nas áreas de sedimentação fluvial, leitões, Carneiro e Miguez (2011; p.117) destacam:

As ações de controle e cheias urbanas podem ser classificadas em estruturais quando a paisagem é alterada pela ação do homem, e em não estruturais, aqui denominada como estruturante, quando o homem aprende a conviver com as enchentes. No primeiro caso, estão as medidas de controle através de obras hidráulicas, tais como barragens, diques e canais, entre outras. No segundo caso, encontram-se medidas do tipo preventivo, tais como zoneamento de áreas de inundação, sistemas de alerta, educação ambiental, lei de parcelamento e uso dos solos e seguros contra inundação.

Neste cenário abarcamos, os impactos das obras de engenharia, como a canalização, que altera a fisionomia e fisiografia do rio, refletindo-se nos processos geomorfológicos do canal e sua planície de inundação. Para estes a canalização é uma obra estrutural que aumenta a capacidade do fluxo do canal, além de intensificar a velocidade do escoamento superficial, antecipando o pico de cheia e transferindo os alagamentos para locais a jusante na bacia hidrográfica.

Articulado a esta ideia, Cunha (2012b) reflete a desnaturalização dos rios, por meio de obras de retificação, com a redução do comprimento do canal e eliminação das sinuosidades. São obras que afetam a estabilidade do corpo hídrico na medida em que interferem na relação entre erosão, sedimentação e deposição, provocando efeitos como alteração na morfologia do canal. Sendo assim, “[...] a diminuição da rugosidade no fundo do canal, em conjunto com a perda dos meandros e a aceleração das velocidades, é a principal responsável pelas mudanças no balanço da energia natural dos sedimentos fluviais [...]”, Cunha (2012b; p.178). No caso do Rio Doce, trecho correspondente à Av. Beira-Rio, alterou-se a sua forma, retilinizando-a, e sua vegetação natural foi substituída por estruturas de pedras, o que compromete a resistência ao fluxo, as margens e aos bancos arenosos.

Embora as obras de canalização sejam implantadas como eficazes nos canais fluviais para questões de enchentes urbanas, para Cunha (*op. cit.*) estas necessitam de manutenção constante, envolvendo desde dragagem, remoção de obstruções a recomposição do material utilizado. Porém, toda a manutenção está associada a alterações morfológicas e biológicas, como as que interferem nas soleiras e depressões do fundo dos leitões, desestabilizando a vazão no curso, a exemplo da:



“[...] eliminação da sequência de depressões e soleiras, o aumento da velocidade da corrente, a diminuição da diversidade de habitats, o ambiente instável resultante da flutuação dos níveis da água e do substrato móvel e a maior flutuação da temperatura das águas.” (CUNHA, 2012b; p.180)

Ao mesmo tempo, o aumento da velocidade dos escoamentos no trecho retificado possibilita maior erosão, transferindo para as áreas a jusante uma carga sólida representativa, que para Cunha (*op. cit.*) configura a formação de bancos axiais e depósitos de sedimentação marginais, alterando o equilíbrio dos sedimentos a jusante. Pois:

A jusante das obras de retificação verificam-se o aumentam da carga sólida, o assoreamento durante a dragagem, a erosão no canal pelos eventos torrenciais do regime e a modificação na dinâmica na foz. Os sedimentos resultantes da erosão no canal retificado, em conjunto com a excessiva carga de sedimentos posta em suspensão durante a dragagem e na fase imediata de pós-construção - quando a erosão dos bancos de areia, sem vegetação, está em seu nível máximo -, originam a formação de depósitos fluviais de curta duração a jusante do canal retificado. Logo a seguir, esses depósitos são erodidos, juntamente com as margens e o fundo do leito, pelos eventos torrenciais do regime, vindo a formar bancos axiais e depósitos de sedimentação marginais. (CUNHA,2012b; p.183)

Portanto, o estudo da geomorfologia fluvial contribui diretamente para o entendimento das cheias nas planícies de inundação, em especial nas bacias hidrográficas que compreendem a área urbana, e que possuem intervenções antrópicas diretas na fisiografia do canal principal. Seus processos explicam como as alterações no canal fluvial podem maximizar os efeitos dos transbordamentos, impactando principalmente as populações ribeirinhas, além de todo ecossistema local. Ademais, estes fundamentos geomorfológicos devem ser associados à legislação vigente, afim de subsidiar a elaboração de instrumentos legais para atuação do poder público nestas zonas de risco.

## **2.2 Aspectos Jurídicos**

Frente à crescente demanda sobre os recursos hídricos e solo urbano, a partir da década de 1930, surgem as primeiras diretrizes que visam regulamentar estes ambientes, a exemplo do Código das Águas. Mas só a partir dos anos 1960 surgem, em âmbito federal, leis como o Código Florestal, com o intuito de regular a exploração das vegetações, e consequentemente proteger os mananciais; e em 1979, com o objetivo de ordenar as

idades, é aprovada a Lei 6.766/79, estabelecendo as normas do parcelamento do solo urbano.

Na medida em que as populações aumentam ampliam-se também as pressões sobre os recursos de água e solo. Os processos de uso, e a conscientização de que estes elementos são finitos, intensificam as formas de controle e preservação, passando para as esferas estaduais e municipais a responsabilidade de atuar em escala local na proteção desses ambientes.

Ainda em escala federal, em 2012 é promulgado o Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012, em substituição ao código anterior, Lei 4.771/1965, que apresenta as normas de apropriação dos recursos naturais pelas novas necessidades das populações citadinas e rurais. No que compete à área de estudo, cabe destacar as ocupações em áreas de planície de inundação, em que, de acordo com art. 4º, devem ser preservadas:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
    - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
    - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
    - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
    - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
    - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
- [...]

A legislação é rígida no que concerne à ocupação ou utilização das terras nas faixas marginais dos rios, transferindo aos estados e municípios a responsabilidade de fiscalizar estes territórios para garantir a efetividade da lei. A questão é que muitas vezes somada a falta de planejamento, estas fiscalizações são ineficientes, o que tem possibilitado o surgimento cada vez maior das ocupações irregulares.

Apoiado, também, pela Constituição Federal de 1988, nos artigos 182 e 183, surge o Estatuto das Cidades, Lei 10.257/2001, com finalidade de garantir a função social da cidade, e com este os primeiros Planos Diretores Municipais (PDM), que buscam o ordenamento do crescimento das cidades em caráter socioeconômico e ambiental: cidades sustentáveis. Ademais, em Colatina é instituída a Lei 4.228/1996, posteriormente revogada

pela Lei 5.273/2007, que: “Institui o Plano Diretor do Município de Colatina, estabelece os objetivos, instrumentos e diretrizes e dá outras providências para as ações de planejamento do Município de Colatina [...]”.

O PDM de Colatina, assim como Código Florestal, prevê a preservação dos ecossistemas beira-rio. Aquele ainda dispõe sobre o parcelamento do solo sustentável, a função social da cidade e da propriedade, conforme o Plano Diretor de Colatina de 2007 nos artigos transcritos:

Artigo 22 - As diretrizes ambientais no Município de Colatina são:

I - aplicar os instrumentos de gestão ambiental, estabelecidos nas legislações federal, estadual e municipal, bem como a criação de outros instrumentos, adequando-os às metas estabelecidas pelas políticas ambientais;

II - compatibilizar as diretrizes de uso, ocupação e parcelamento do solo aos objetivos de proteção ambiental dos ecossistemas;

[...]

Artigo 23 - São diretrizes do sistema de drenagem urbana:

I - disciplinar a ocupação das cabeceiras e várzeas das bacias hidrográficas do Município, preservando a vegetação existente e visando à sua recuperação;

[...]

III - definir mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, tais como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa;

[...]

V - implantar medidas não-estruturais [sic] de prevenção de inundações, tais como controle de erosão, especialmente em movimentos de terra, controle de transporte e deposição de entulho e lixo, combate ao desmatamento, assentamentos clandestinos e a outros tipos de invasões nas áreas com interesse para drenagem;

[...]

VII - garantir e respeitar a necessária permeabilidade do solo, inclusive buscando alternativas de pavimentação com maior permeabilidade;

[sic]

[...]

Artigo 84 – São objetivos do ordenamento territorial do Município de Colatina:

[...]

IV – conter a expansão da ocupação urbana em áreas de proteção ambiental;

[...]

Artigo 120 – Ficam desde já identificadas como Zonas de Proteção Ambiental 2 – ZPA 2 as seguintes áreas:

[...]

III – as áreas existentes ao longo de qualquer curso d’água desde o nível mais alto em faixa marginal, cuja largura mínima será de:

a) 15m (trinta metros) [sic] para os cursos d’água com menos de 10m (10 metros) de largura contidos no perímetro urbano;

[...]

c) 30m (trinta metros) para os cursos d’água que tenham de 10m (dez metros) a 50m (cinquenta metros) de largura contidos no perímetro urbano;

[...]

- e) 50m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham mais de 50m (cinquenta metros) de largura contidos no perímetro urbano. (Redação dada pela Lei nº 6.042/2013)

[...]

De modo geral, verifica-se que a legislação apresenta instrumentos que permitem a prevenção ou controle de ocupações irregulares ou clandestinas em área de APP, além de propostas para resguardar de grandes impactos ambientais o corpo hídrico principal do município, o Rio Doce. Possibilitando, assim, a minimização dos impactos causados pelas cheias à população local.

Porém, cabe destacar que, o Plano Diretor Municipal de Colatina não contempla o estipulado no Código Florestal / 2012, Lei Federal, onde os cursos d'água com largura superior a 600(seiscentos) metros, devem ser resguardados com áreas de preservação permanente de 500(quinhetos) metros, entre outros, sendo que a redação desta parte do PDM é dada pela lei 6.042/2013, posterior a publicação do novo Código Florestal. Sendo assim, verifica-se que apesar da intenção de resguardar uma faixa de no máximo 50(cinquenta) metros em perímetro urbano para a contenção de cheias e mata ciliar, o PDM de Colatina não atende o mínimo previsto em Lei Federal. O que tem impactado todo ecossistema beira rio e a população ribeirinha, uma vez que a faixa marginal de proteção, de 50(cinquenta) metros, em muitos casos não tem comportado o impacto dos deflúvios.

No entanto, a legislação trata de aspectos gerais, não pontuando as áreas responsáveis por cada ação, além de sua aplicabilidade depender da elaboração de um cronograma de execução, bem como um conjunto de planos e normas específicos para cada diretriz, com detalhamento das propostas de intervenção. Isto não ocorreu até o presente.

Além disso, a cidade de Colatina surgiu num cenário histórico anterior às legislações urbanísticas e ambientais, inclusive do Código das Águas, o que dificulta a execução de um planejamento que concilie a preservação das matas beira-rio, garantindo a faixa de APP, com a ocupação urbana consolidada.

A área de estudo se apresenta como ambiente fragilizado, apesar de ser regida por legislações, desde a escala federal até a municipal, que visam proteger e ordenar o uso e cobertura da terra nas faixas marginais dos rios. Mas a dificuldade das prefeituras em aplicar os instrumentos legais nestes ambientes, seja por interesses privados, ou falta de recursos para investimentos em soluções a longo prazo, continua expondo as populações

aos impactos dos eventos hidrológicos críticos, como os que resultam nas inundações. Para que se alcance esse parcelamento do solo sustentável são necessários esforços da gestão municipal, em estipular prazos e metas de atuação, afora interagir os diferentes setores no planejamento em nível de bacia hidrográfica, considerando as peculiaridades desta escala de trabalho.

### **2.3 Análise Geográfica dos Impactos Ambientais Urbanos**

Sendo a ciência que estuda a relação homem/natureza, a Geografia tem muito a contribuir nas análises que envolvem o meio ambiente que foi transformado pela dinâmica da sociedade. Mas historicamente a dialética das correntes física e humana tem imperado de modo dissociado, levando o geógrafo a estudar estes processos separadamente. Porém, se o resultado pretendido é integrado, fazem-se necessárias pesquisas mais amplas, que cruzem as diferentes vertentes geográficas.

Considerando que a problemática dos impactos ambientais urbanos envolve a questão natural, o rio, e a questão social e política, a sociedade e as leis, (COELHO; 2013), uma pesquisa neste âmbito requer o entendimento destes dois objetos, a fim de se apreender o processo de crescimento das cidades brasileiras e a sua relação com os recursos hídricos.

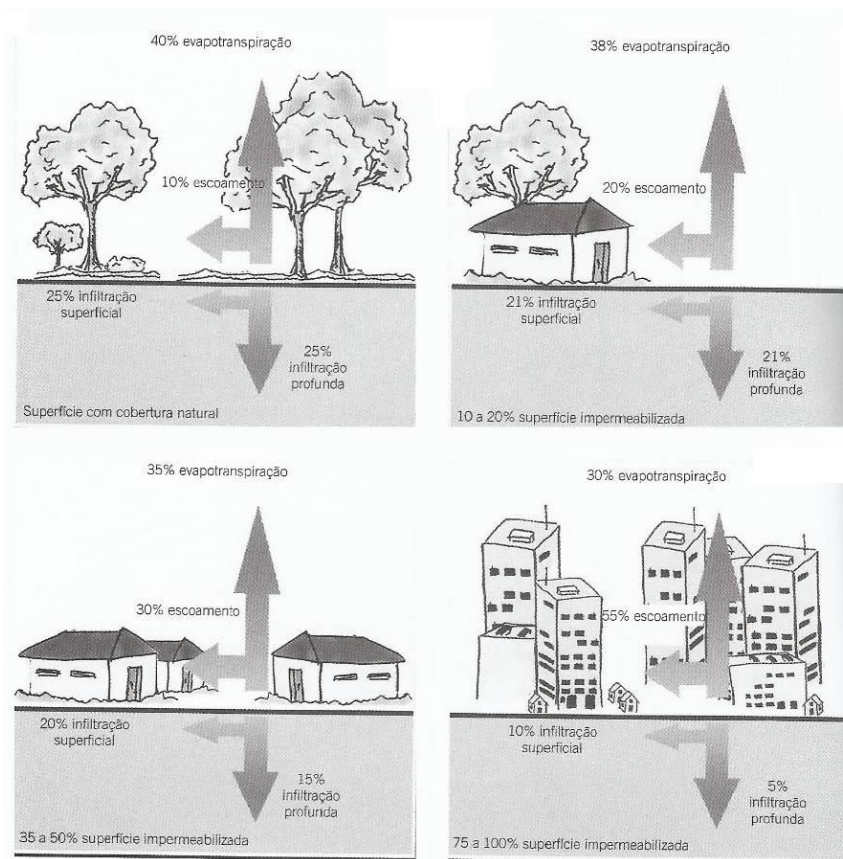
A partir da década de 1950, devido ao êxodo rural mais intenso, as cidades brasileiras incharam rapidamente com a migração do camponês que buscava melhores condições de vida, como: trabalho na indústria, o acesso às escolas, saneamento, entre outros. E, segundo Gorski (2010), a população brasileira passou desde o início deste processo de 19 milhões de habitantes em 1950 para 138 milhões de habitantes em 2000 (dados do IBGE), o que corrobora o rápido crescimento das cidades.

Todavia, as estruturas públicas não estavam preparadas para um acréscimo populacional tão significativo, e em curto espaço de tempo. E o que observamos é o acesso limitado dessa população às áreas centrais da cidade, sendo induzida a se estabelecer nas periferias. Nesta visão:

O difícil acesso da população de baixa renda às áreas mais centrais das cidades contribuiu, segundo Raquel Rolnik, para a expansão da periferia, o que muitas vezes implicou, e implica ainda, invasão de áreas de proteção de mananciais, com a aquiescência do poder público. Esta

dinâmica agravou a situação de risco dos mananciais, pela eliminação das matas ciliares e conseqüentemente erosão das margens dos cursos d'água e assoreamento de suas calhas, e pela contribuição do esgoto *in natura*. (ROLNIK,1997 apud GORSKI 2010, p.62;)

Sendo assim, a supressão das matas ciliares e das vegetações das encostas, para fins de ocupação urbana, interfere diretamente no ciclo hidrológico, diminuindo a absorção de água pelo subsolo e pela evapotranspiração, favorecendo o escoamento superficial (Figura 6), que intensifica a velocidade de drenagem das águas. Este processo nas encostas é mais significativo se considerarmos que com a supressão da cobertura vegetal, e impermeabilização do solo, as precipitações acabam por lavar todo o material intemperizado, sedimentos, carregando-o diretamente para o corpo hídrico e contribuindo para o assoreamento.

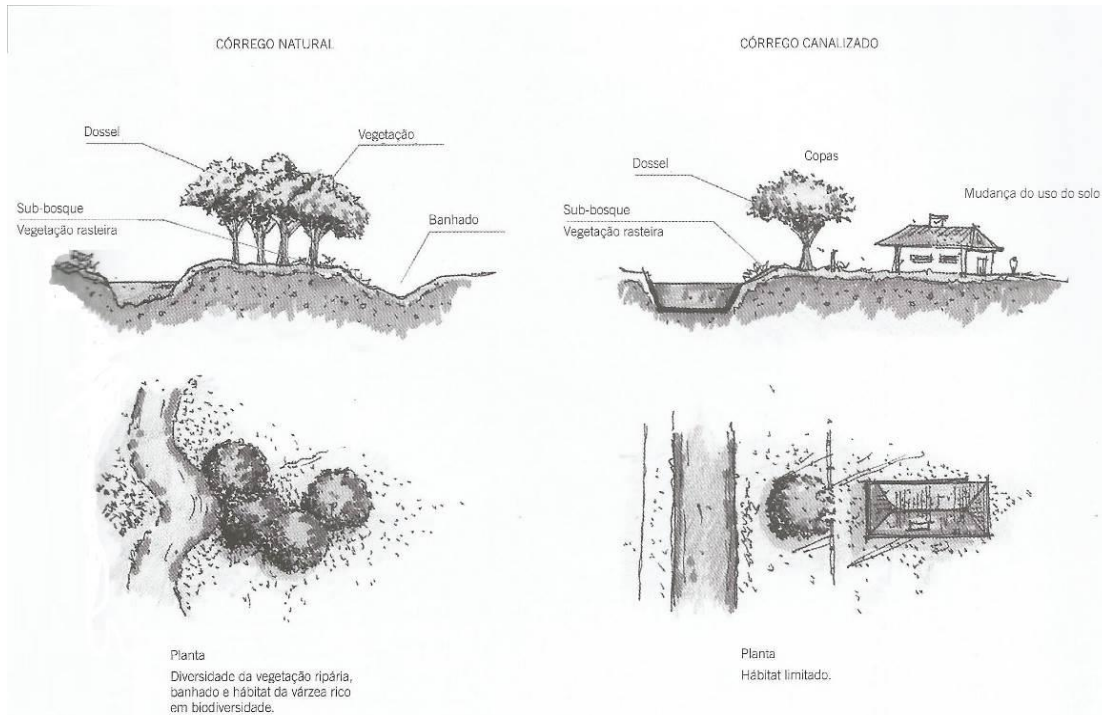


**Figura 6** - Relação entre superfície impermeabilizada e superfície de escoamento. Fonte: Gorski (2010; p.64).

Por outro lado, as ocupações ribeirinhas nas várzeas dos rios modificam a dinâmica fluvial frente aos deflúvios. A compactação e o nivelamento do solo, associados à impermeabilização por concreto, asfalto e outros materiais, alteram todo o sistema de drenagem natural e contribuem para a erosão fluvial. Além disso, a gestão pública, que



deveria investir num parcelamento do solo sustentável, resguardando “uma alocação de espaços” (CANHOLI, 2005; p. 15) para a drenagem, acaba por colaborar com as enchentes urbanas, na medida em que decide por obras estruturais como a canalização (Figura 7, p.30) e a microdrenagem, que transferem os impactos das inundações a jusante.



**Figura 7 -** Canalização do rio modificando sua fisiografia.  
 Fonte: Gorski (2010; p.69).

Cabe destacar que desde 1965, com o primeiro Código Florestal, as matas beira-rio já eram resguardadas da degradação humana; porém, com todo o *boom* urbano a partir de 1950, a falta de estrutura e ingerência municipal, no que se refere ao parcelamento e uso e ocupação da terra urbana, possibilitou a formação dos assentamentos clandestinos em APP e na encosta de morros. Em condições precárias, sem saneamento básico e demais infraestruturas urbanas, estes assentamentos acabam sendo as regiões mais afetadas com as inundações.

Junto às questões já levantadas vale destacar que as águas das inundações propiciam o aumento das doenças de veiculação hídrica (febre tifoide, hepatite, leptospirose, esquistossomose, entre outras), pois carregam, segundo Gorski (2010), toda uma poluição difusa, efluentes domésticos, industriais e agroindustriais, além do lixo urbano, da poluição do ar e das ruas.

Por outro lado, esta ocupação urbana não planejada perde o benefício que os corpos hídricos podem oferecer, como: [...] as paisagens fluviais que aos poucos foram sendo apropriadas como paisagens urbanas [...] (GORSKI, 2010; 38), além do microclima associado à umidade pela evapotranspiração, que ameniza a sensação térmica local.

Porém, conforme observado por Graeff (2011), não é cabível, atualmente, implantar a legislação de APP de modo jurista. Deve-se considerar toda a representatividade cultural assentada sobre os leitos destes rios (avenidas importantes, casas com arquitetura histórica, entre outros). Além disso, para a demarcação das áreas de preservação permanente, hoje, é necessária uma análise técnica pautada na geomorfologia e hidrologia, de modo a interpretar o “comportamento histórico dos cursos d’água na paisagem, prevendo cenários de impactos futuros” da atividade humana sobre suas faixas marginais.

Tendo em vista que grande parte da malha urbana brasileira está alocada em APPs, e que segundo Graeff (2011) estas já possuem uma unidade de paisagem estabelecida, e muitas vezes secular, configurando sítios de importância cultural, e apreendendo que:

De modo semelhante, nas demais cidades, haverá que ser entendido o meio urbano como ele realmente é – um encontro entre as necessidades de habitação, com atividades humanas, e de conservação ambiental, esta segunda, também a serviço do homem e não somente de objetivos difusos e distanciados da sobrevivência da sociedade (GRAEFF, 2011; 206).

Por tais motivos o trabalho com a geomorfologia fluvial urbana deve abarcar os princípios do bom senso, compreendendo que nestas áreas de atividade antrópica consolidada pode-se fazer uso de instrumentos de engenharia avançados para uma convivência equilibrada do homem com a natureza no entorno. Contudo, deve-se incentivar as áreas de expansão urbana, ou zona periurbana (zonas de transição da área urbana para a rural), com políticas de incentivo a pavimentações mais permeáveis, a fim de minimizar o escoamento superficial para o rio, favorecendo a infiltração.

Apesar de os impactos gerados pela interferência humana nas áreas mais fragilizadas da bacia hidrográfica, várzeas e encostas, refletirem-se em catástrofes com prejuízos humanos, ambientais, e urbanos, alguns autores brasileiros, como Canholi, Graeff, Cunha, Carneiro e Miguez, já indicaram outros caminhos para uma convivência harmoniosa com a natureza. Além do mais, países desenvolvidos como a Holanda deixaram de “lutar contra

as cheias” para permitir às águas das enchentes a capacidade de acumular e dispersar, com impacto reduzido para as populações (CARNEIRO; MIGUEZ, 2011).

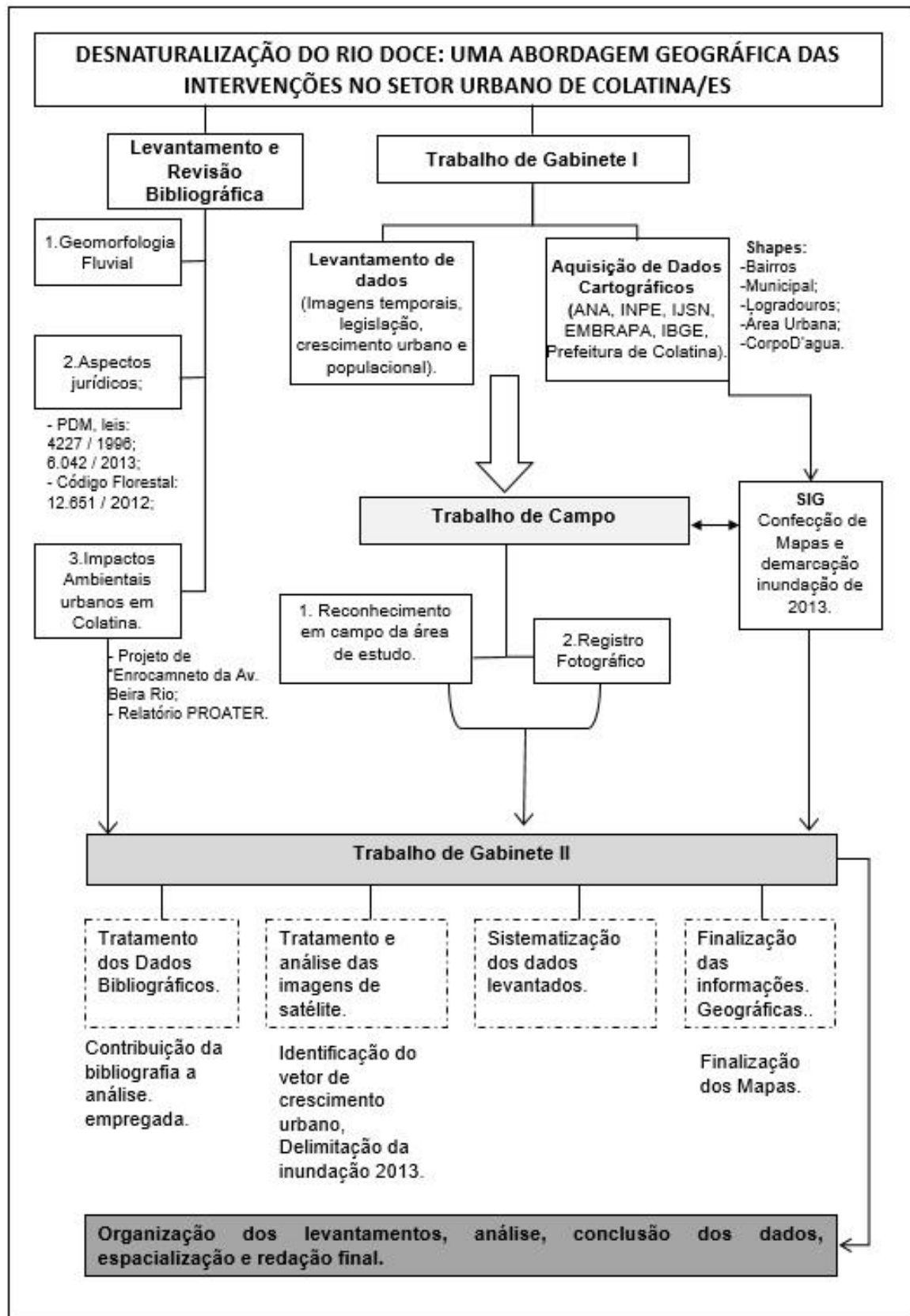
Sendo assim, a proposta deste estudo é identificar os principais agentes que influenciam as inundações, entendendo seu papel e atuação no contexto urbano de Colatina. Mas é também a de ampliar a abordagem da temática, com uma análise geográfica integrada, ressaltando as medidas que constam no planejamento urbano, e sua aplicação nas faixas marginais do corpo hídrico.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é constituída de três etapas principais, sendo que a primeira teve como premissa a confecção de um fluxograma (Figura 8) de trabalho para orientar a pesquisa; em seguida teve início o levantamento de bibliografias que abordam temas como a geomorfologia fluvial e urbanização em Colatina, adotando-se como referência as pesquisas de Coelho (2006, 2007, 2008 e 2009) e Albani (2012). Além disso, muito contribuíram para este trabalho o relatório do INCAPER, da CPRM e os dados do IBGE. Cabe destacar, também, as experiências com recursos hídricos em ambientes urbanos de Carneiro e Miguez (2011), em especial Cunha (2001, 2012ab).

Esta etapa consistiu, também, na busca de material cartográfico, como aquisição de planos de informação de limite: estadual, municipal, bairros, mancha urbana, corpo d'água e logradouros, através de dados disponíveis no Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES, 2014), no Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2015) e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014); imagens orbitais gratuitas do satélite Landsat-8 sensor OLI, bandas 2-3-4 e 8 (Pan), órbita: 216, ponto: 73, com datas de passagem em 02/01/2014 e 22/03/2014 às 9:46 (horário central da órbita), junto ao Serviço Geológico Americano (USGS, 2014), além do ortofotomosaico do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA, 2014) do Espírito Santo, referente ao voo de 2007 a 2008.

Na segunda etapa, foram realizadas duas investigações de campo, sendo a primeira no dia 24 de junho de 2014, com a finalidade de fazer o reconhecimento da área de estudo, fotografar e conversar com moradores e técnicos da prefeitura. O segundo trabalho de campo ocorreu no dia 14 de fevereiro de 2015, e por meio deste foi possível identificar pontos sujeitos a inundação, analisar a topografia e realizar as entrevistas com moradores e funcionários da Prefeitura Municipal de Colatina.



**Figura 8 - Fluxograma de execução do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).**

Na terceira etapa foram realizados os mapeamentos e processamentos de todos os planos de informação, vetoriais e matriciais, em ambiente de SIG no sistema ArcGis 10.3, iniciando com a edição dos dados do Município e adjacências que foram ajustados, quando necessário, ao sistema de projeção UTM, no Datum SIRGAS – 2000, na Zona 24 sul, com meridiano central -39 W, com todo o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica proposta por Fitz (2008 a, b).

O geoprocessamento teve início com a composição das imagens orbitais do Landsat-8 na cor natural da imagem (2R; 3G; 4B), e por meio da técnica de *Pan Sharpening*, ou fusão de imagens; a imagem cor natural foi agrupada à da banda 8, *pancromática*, para obtenção de uma melhor resolução espacial, neste caso chegando a 15 metros, sendo resguardado o conteúdo da imagem composta. Na sequência foi realizada a extração da máscara do perímetro urbano de Colatina, e gerada a classificação supervisionada da imagem Landsat-8 no período de cheia (janeiro) e vazante (março), o que possibilitou a delimitação da calha do Doce nestes dois eventos.

Em seguida foram realizadas as 8 (oito) medições do leito regular, sendo 4 (quatro) no período de cheia e 4 (quatro) na vazante, de modo a definir a largura média da calha do leito regular do Rio Doce no perímetro urbano de Colatina. Para chegar a uma medida geral da largura do rio utilizaram-se ferramentas estatísticas, como a média que é uma medida de tendência central, onde numa amostra de tamanho N, constituída por elementos de x variando de  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , é possível extrair a média aritmética através da equação:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

A média aponta para onde mais convergem os dados de uma distribuição.

A partir desta definição da média da largura da calha do Rio Doce, foi possível, em consulta ao Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012 e a Lei 5.273/2007, determinar a faixa mínima de preservação permanente deste corpo fluvial, além da confecção do mapa com o polígono de APP.

Mediante a análise do mapa verificou-se que grande parte dos bairros do município estão contidos nos polígonos de APP, em especial a preservação de 500 metros conforme lei federal. E, por meio deste, foram cruzados os dados de vazão, as fotos históricas das enchentes e o polígono de mata ciliar, o que permitiu o entendimento das inundações.

Em ambiente de SIG, também, foram vetorizados os três traçados da Estrada de Ferro Vitória a Minas, o trajeto do Rio Santa Maria do Doce antes e depois da retificação, e os sucessivos aterros na margem direita do Rio Doce no perímetro que compreende a Av. Beira-Rio.

As técnicas de sensoriamento remoto, como a classificação supervisionada, permitiram a definição do polígono da última inundação, através da imagem da cheia de janeiro. Para tanto, foi realizada também a classificação híbrida, objetivando aliar a interpretação visual com a digital (JENSEN, 2009). Por fim, foi realizada amarração com o levantamento geodésico da CPRM (2014), para garantir a precisão do traçado do polígono de cheia.

A partir do tratamento dos dados bibliográficos, cartográficos e imagens foi possível sistematizar este trabalho, o que permitiu identificar elementos históricos de intervenção na paisagem do Doce, como os aterros e a ocupação urbana. As visitas de campo, a entrevista e conversas com moradores foram fundamentais para a validação das informações, o que tornou esta metodologia eficaz para análise do fenômeno da inundação em Colatina.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Análise Temporal da Evolução da Mancha Urbana

A ocupação ao longo das planícies de inundação dos rios tem ocorrido diante da necessidade deste recurso para as atividades vitais humanas. Cunha (2012b, p.219) entende que: “suas margens têm sido o centro preferido da habitação humana, e o suprimento de suas águas não só fertiliza os campos para o cultivo, como também fornece energia e permite recreação”. Logo, o estabelecimento das vilas nas bordas dos cursos d’água favorece a logística ocupacional.

Historicamente em solo espírito-santense a formação das vilas ocorreu às margens de estratégicos cursos d’água, e a exploração do ouro de Minas Gerais, para Albani (2012), determinou que a Coroa proibisse nos séculos XVII a XIX a implantação de estradas e exploração de terras na Capitania do Espírito Santo, pois os portugueses temiam incursões estrangeiras, deixando assim o desenvolvimento capixaba restrito à faixa litorânea.

Relegada enquanto “barreira verde”, para defesa das minas de ouro e minerais do atual território das Minas Gerais, segundo Coelho (2007), a Capitania do Espírito Santo só passou a se interiorizar para o centro-oeste, onde se localiza atualmente a cidade de Colatina, a partir de 1847, por meio das ocupações de Santa Izabel e Santa Leopoldina, que permitiram a descida do Rio Santa Maria do Doce até as imediações da atual cidade de Colatina:

Assim foi que o movimento colonizador desceu o vale do Santa Maria do Rio Doce, atingindo em 1891 a região das matas, onde hoje se acha a cidade de Colatina. [...] Esta penetração inicial foi feita com elementos alemães de Santa Leopoldina, e no rio Doce ficou muito anos restrita à área inicial. A expansão ao longo do vale tomou impulso com a chegada a Colatina, em 1906, dos trilhos da Estrada de Ferro Diamantina (atual Vitória-Minas) (STRAUCH, 1955 apud COELHO, 2007; p.105)

Sendo assim, Coelho (*op. cit.*) relata que a ocupação se deu através da supressão da mata nativa no baixo curso do Rio Doce de Colatina a Linhares, sendo a madeira daí extraída levada até o rio e encaminhada até Povoação, vilarejo junto à foz, de onde eram carregados os navios. Neste período, tem-se a instalação de um ciclo madeireiro na região com a disposição de serrarias nas proximidades das matas.



Todavia, somente a partir de 1906, com a chegada da estrada de ferro na região, o transporte madeireiro foi transferido para as locomotivas. À medida que a implantação da Estrada de Ferro Vitória a Minas avançava para o interior, levava consigo as frentes de desmatamento, modificando as paisagens das margens do Rio Doce e se apropriando dos espaços deste rio (Figura 9).



**Figura 9** - Bairro de Colatina Velha após a inauguração da estrada de ferro em 1906. Destaque à esquerda para o curso principal do Rio Doce.  
Fonte: Albani (2012; p. 63).

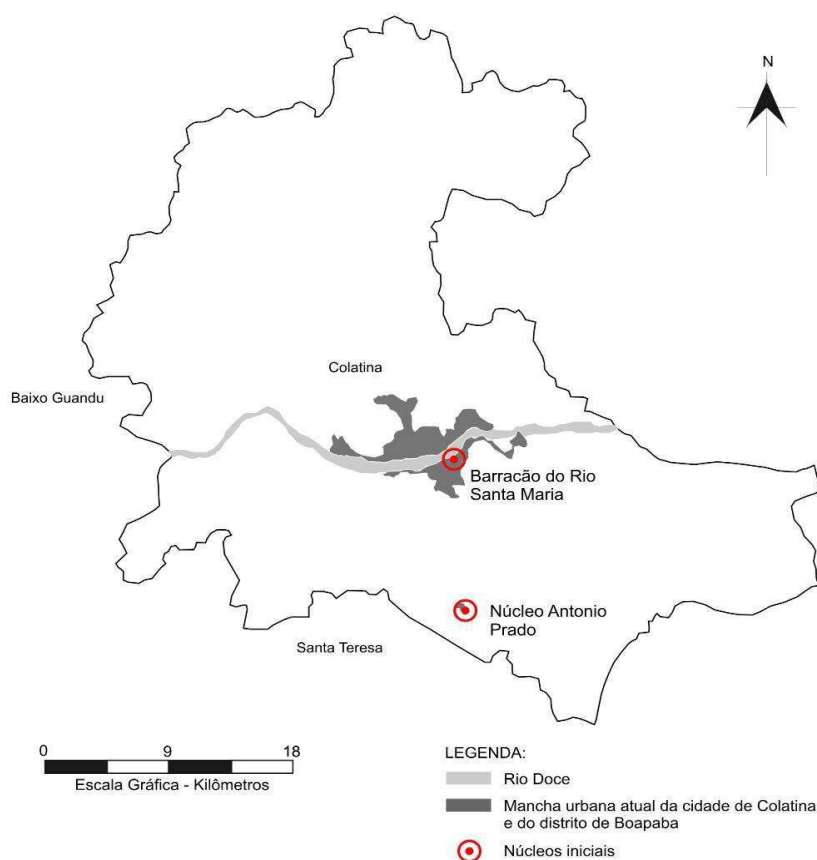
Conforme Albani (2012), com a vinda dos mineiros e fluminenses, reforçados posteriormente, a partir de 1889, por colonizadores italianos e alemães, é que as ocupações territoriais ocorreram de modo efetivo. Através do Barracão do Rio Santa Maria (Figura 10), espaço do governo, inicialmente destinado a alojar os migrantes e a produção, surgiram as primeiras residências nas proximidades da igreja de São Sebastião. Sendo assim:

É importante destacar que o desenvolvimento da região onde se encontra o município de Colatina teve início no final do século XIX no núcleo de colonização Antônio Prado, localizado no distrito de Boapaba, antiga vila do Mutum. O núcleo recebeu dezenas de famílias de imigrantes italianos e ali desenvolveram atividades de agricultura e, com a expansão da localidade, surge também o comércio. (ALBANI, 2012; p.61)

[...] A vila de Colatina, entretanto, logo passou a se transformar no principal núcleo e futuramente, na sede do município. Além da facilidade da produção através do Rio Doce, a vila de Colatina tornou-se referência dos imigrantes no caminho para a colonização das terras ao norte do estado. (MADURO, 1985 apud ALBANI, 2012; p.62)

Desse modo, com o desenvolvimento das atividades de cafeicultura, madeireira, e do entroncamento logístico de acesso às áreas do norte, a vila é elevada em 1921 à categoria de município. A atual configuração territorial foi adquirida a partir de 2001, conforme IBGE (2014), dispondo de seis distritos: Colatina (sede), Ângelo Frechiami, Baunilha, Boapaba, Graça Aranha e Itapina.

Cabe destacar, porém, que a ocupação inicial da cidade de Colatina se perfaz pela margem direita do Rio Doce onde se localiza o atual bairro de Colatina Velha, e onde havia se instalado o Barracão de Santa Maria. Nesse período a ponte ainda não fora edificada, limitando assim a ocupação da margem esquerda.



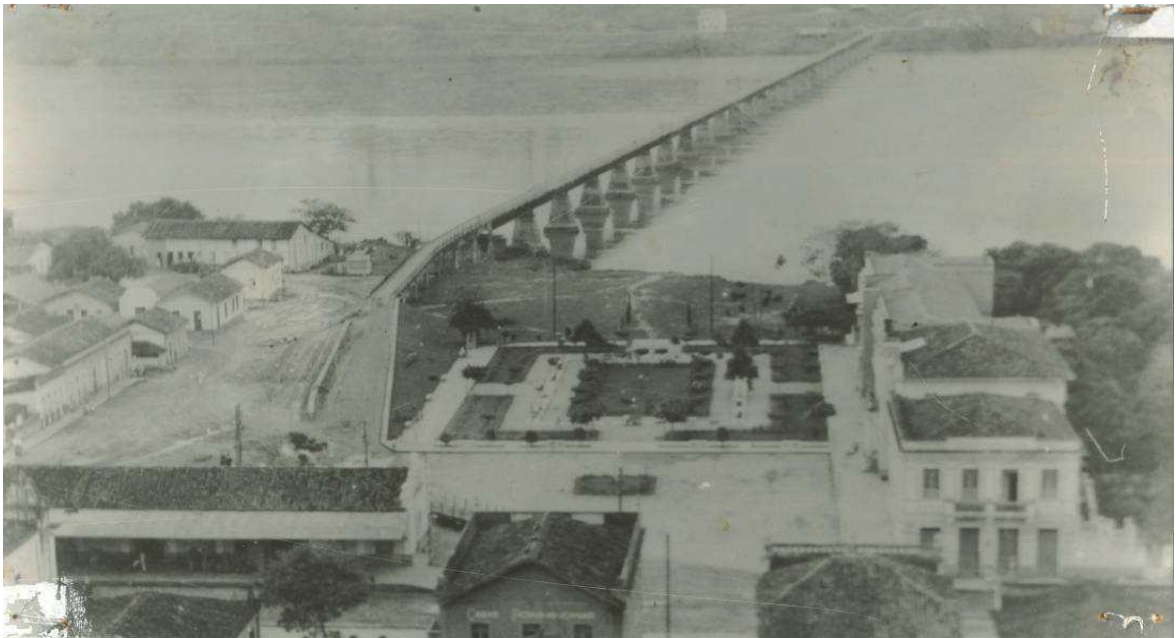
**Figura 10** - Localização do Barracão do Rio Santa Maria, estopim para o povoamento da região. Fonte: Albani (2012; p.62).

Conforme Teixeira (1974 apud ALBANI, 2012, p.65) a implantação da Estrada de Ferro Vitória a Minas, em 1906 (Figura 11) possibilitou a expansão da cidade de Colatina e seu desenvolvimento econômico. Todavia, sua instalação paralela à margem direita do Rio Doce favoreceu a localização de avenidas e ruas centrais em sua proximidade.



**Figura 11** - Estrada de Ferro Vitória a Minas, margem direita do Rio Doce.  
Fonte: Albani (2012; p.65).

Entretanto, foi com a construção da ponte Florentino Ávidos (Figura 12), em 1928, que a margem direita se conectou à margem esquerda da cidade, o que, além de possibilitar a ocupação, facilitou o acesso às regiões mais ao norte do Estado.



**Figura 12** - Ponte Florentino Ávidos na década de 1930, vista da margem direita do Rio Doce.  
Fonte: Albani (2012; p.66).

Por conseguinte, a estrada de ferro e a ponte foram os fatores determinantes para o estabelecimento dos migrantes às margens do Rio Doce, e a formação do atual município de Colatina. Contudo, foi a partir desta posição privilegiada que a cidade passou a ser entreposto comercial e logístico da região noroeste, e com isso sua área urbana expandiu-se de modo desordenado, inicialmente ao longo da planície de inundação do Doce. Coelho (2007; p.108 e 109) relata que:

Os efeitos dessa urbanização (novos parcelamentos) e do desmatamento produz [sic], normalmente, o aumento da velocidade das águas superficiais (pluviais) que eram antes interceptadas pelas matas, com boa parte absorvida pelo solo.

O que ocorre, geralmente, nessas áreas é a chegada mais rápida das águas das chuvas para o tributários e calha principal do rio por fluxos concentrados que provocam processos de erosões, do tipo laminar, ravina e voçoroca, transportando quantidades expressivas de sedimentos que, por sua vez, causam assoreamento e a ocorrência de cheias mais frequentes no rio.

Com o crescimento acelerado do perímetro urbano proporcionado pelo apogeu do ciclo cafeeiro, as próximas décadas levarão a cidade de Colatina a sofrer com impactos advindos das alterações no ambiente fluvial do Rio Doce, em especial os referentes a ocupação (impermeabilização) e desmatamento das margens (interferência na drenagem natural), conforme destacado por Coelho (2007).

É fato que o município viveu, nas décadas de 1940 e 1950, o auge do ciclo cafeeiro, chegando a ser, no ranking brasileiro, o 13º município produtor de café no ano de 1947 (CAMPOS JUNIOR, 2004 apud ALBANI, 2012; p.69). Porém, a partir de 1960 este *boom* entrou em colapso, com crise do café que assolou todo o país, levando grande parte dos pequenos proprietários rurais a migrarem para centros urbanos, em especial, no Espírito Santo, a região da Grande Vitória, e também para o centro de Colatina.

Em razão da crise cafeeira a população rural migra para centros urbanos. A população migrou em grande quantidade para a Grande Vitória, para fora do estado e também para a cidade de Colatina, principal aglomerado urbano da região. Esse processo provoca o aumento da área urbana de Colatina. A população da cidade que era de 3.913 habitantes em 1940 cresceu para 26.757 habitantes em 1960. (ALBANI, 2012; p.71)

O crescimento rápido do centro de Colatina, aliado ao aumento populacional, direciona grande parte dos migrantes para as áreas menos centrais da cidade, levando à ocupação de locais irregulares como os morros e as margens direita e esquerda do Rio Doce. Este

processo configurou a nova paisagem do município, povoando do vale às encostas (Figura 13).

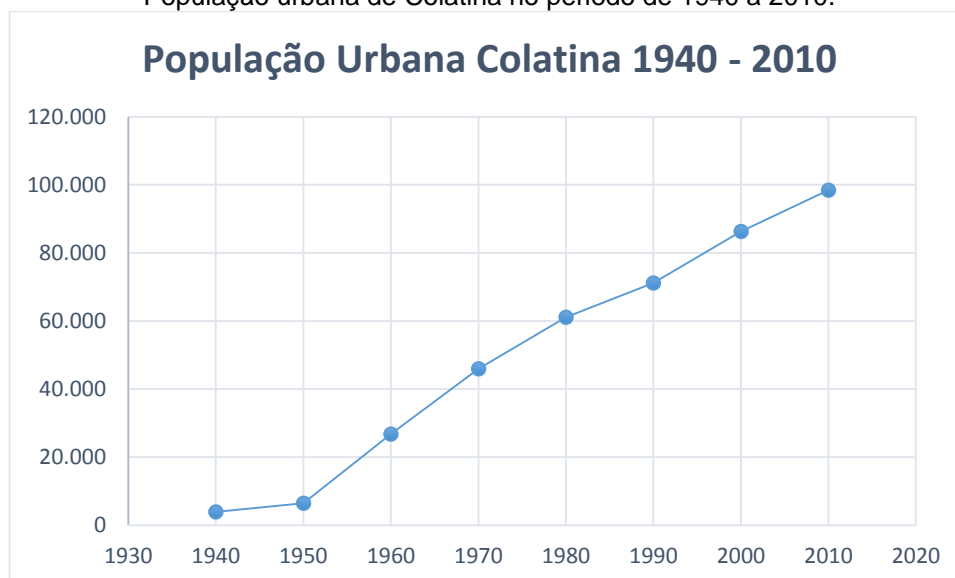


**Figura 13** - Crescimento urbano de Colatina, ocupação do vale e vertentes.  
Fonte: Albani (2012; p.73).

Associado a este processo de reconfiguração espacial, nas próximas décadas o município de Colatina passará por sucessivas perdas de territórios, até atingir os limites atuais (Figura 1, p.17). Aliado a estas perdas territoriais, seu quantitativo absoluto populacional também sofrerá impactos, porém de modo geral a população urbana deste município apresentou crescimento contínuo (Gráfico 2).

**Gráfico 2**

População urbana de Colatina no período de 1940 a 2010.



Elaborado pela autora.

Fonte: 1940 e 1950: Teixeira (1974 apud ALBANI 2012, p.82); 1960 a 2010: IBGE.



Assim como tem ocorrido nas grandes capitais, Colatina cresceu em quantitativo populacional e territorial urbano de modo muito rápido e, por este desenvolvimento não ter sido aliado a um planejamento urbano e ambiental sustentável, a cidade tem sentido os reflexos das suas interferências ao longo do canal do Doce. O que tem provocado antecipação dos picos de vazão, que no perímetro urbano ocasiona as inundações, pois, não conseguindo o rio acomodar estes deflúvios, transfere em curto espaço de tempo as águas a sua planície de inundação, atingindo os bairros mais antigos do município.

Por fim, entender o contexto histórico do crescimento da cidade revela muito do panorama atual. E, por meio de uma análise conjunta da história com os novos planejamentos, é possível propor intervenções urbanas que possibilitem um convívio harmonioso entre natureza e sociedade, neste caso entre o Rio Doce e o centro de Colatina. Diante desta proposta, adiante apresentaremos a evolução dos bairros, associando seus períodos de ocupação à disposição espacial nas imediações do curso principal do Doce.

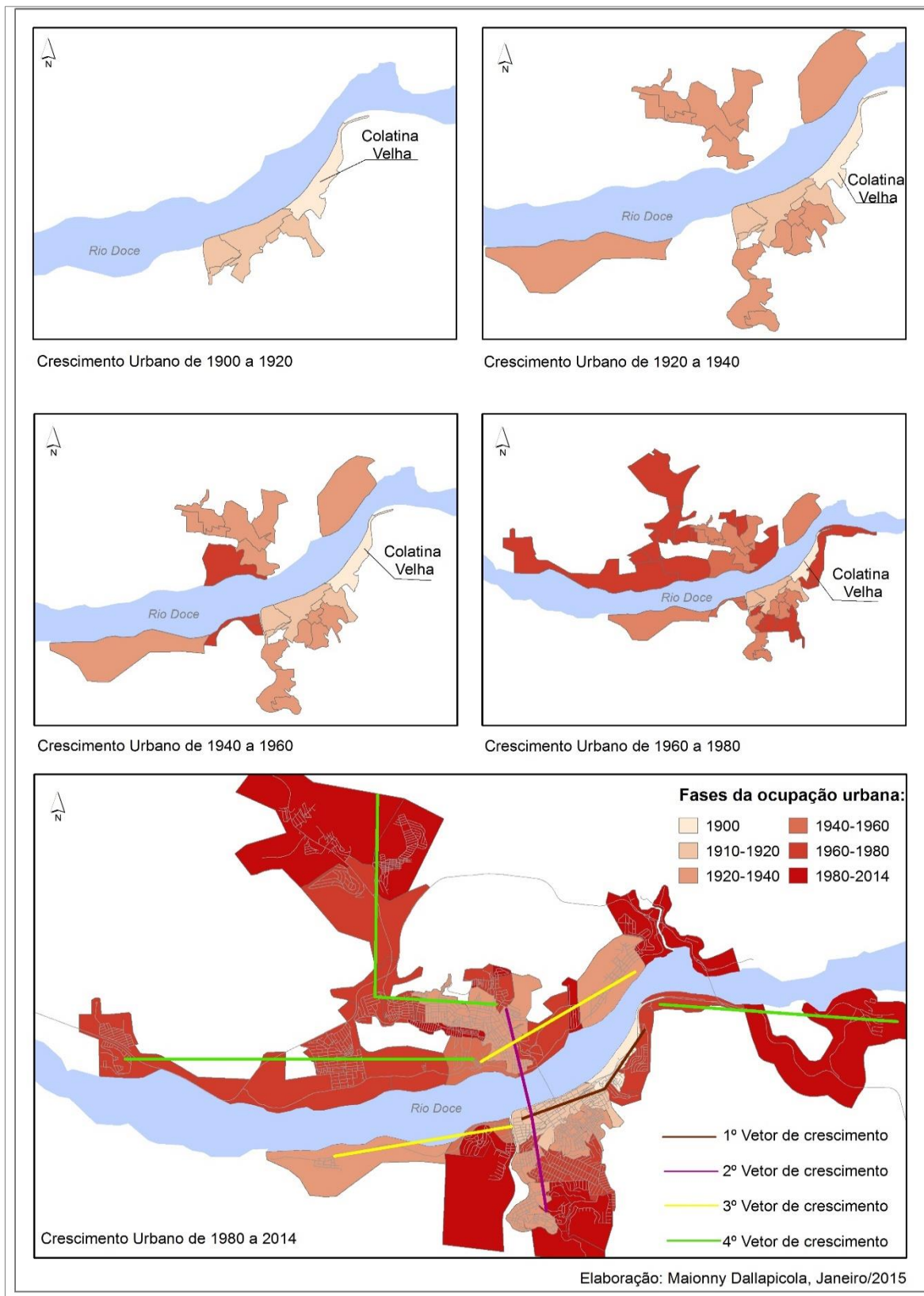
#### **4.1.1 Identificação do Vetor de Crescimento da Cidade**

Com núcleo inicial de povoamento no Barracão de Santa Maria, a cidade de Colatina cresce a partir deste ponto à margem direita do Rio Doce, de onde surgem as primeiras residências, comércios e a igreja. Atualmente a região compreende o bairro de Colatina Velha, que de acordo com Albani (2012, p.91) [...] “pode ser considerado o primeiro polo de crescimento da cidade”.

Aliado ao aumento da população migrante das fazendas, com a crise do café, o núcleo de Colatina Velha passa a ser um ponto de passagem obrigatório para os viajantes que vinham majoritariamente do sul, uma vez que o Rio Doce configurava uma barreira natural à ocupação das terras ao norte. Além disso, a margem esquerda deste canal fluvial era habitat dos hostis índios botocudos, o que dificultava a sua apropriação.

Sendo assim, a ocupação de Colatina conteve-se à margem direita nesta primeira fase, o que define o primeiro vetor de crescimento da cidade na direção leste para oeste, partindo das imediações do Barracão de Santa Maria, sentido ao Rio Santa Maria do Doce (Figura 14). E a partir de 1906, com a implantação da Estrada de Ferro Vitória a Minas, da então Companhia Vale do Rio Doce, atual Vale, este vetor de crescimento se consolida e

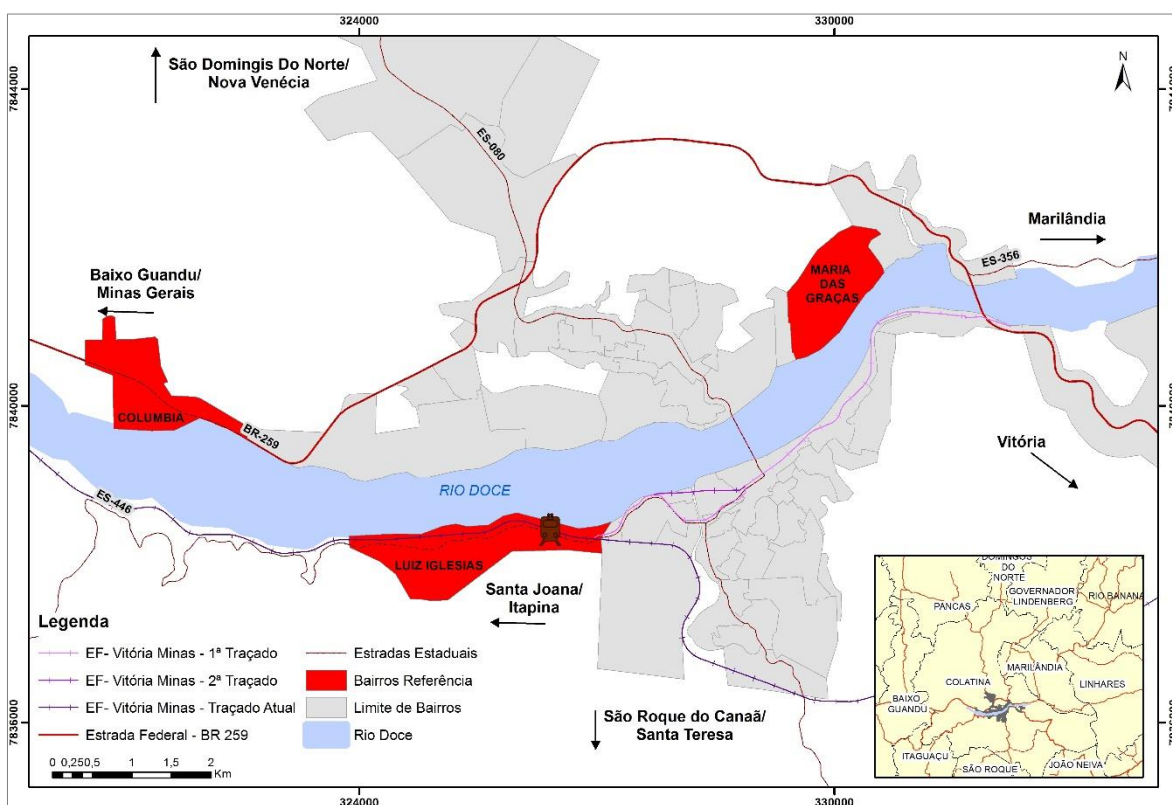
proporciona o surgimento de importantes avenidas paralelas à ferrovia, a exemplo da Av. Getúlio Vargas.



**Figura 14** - Evolução da mancha urbana de Colatina e os principais vetores de crescimento. Elaborado pela autora.

O segundo vetor do crescimento de Colatina estava condicionado à construção da ponte Florentino Ávidos, a qual conectou a margem direita à esquerda do Rio Doce, permitindo a ocupação da porção ao norte. Portanto, somente a partir de 1928, com a finalização da obra da ponte, a barreira natural pôde ser transposta, o que possibilitou ao lado esquerdo desenvolver uma nova linha de crescimento urbano, com a ocupação do atual bairro de São Silvano.

O terceiro vetor de crescimento está associado à implantação do bairro Luiz Iglesias na margem direita, e os de Maria das Graças e Colúmbia na margem esquerda. Albani (2012) ressalta que esta fase da ocupação urbana está associada ao desenvolvimento do sistema viário, como a proximidade da BR-259, sentido Vitória- Colatina, da ES-80, que liga Colatina à região norte, da ES-256, que a conecta a Marilândia, e da proximidade da estação ferroviária Carlos Germano Nauman (Figura 15).



**Figura 15** - Localização dos principais eixos viários e linhas férreas, que interceptam a cidade de Colatina. Elaborado pela autora.

Já na quarta e mais recente linha de crescimento da cidade temos os novos loteamentos residenciais e industriais, a exemplo do de Barbados e do bairro Santa Helena, que surgem



acompanhando o traçado da ponte que contorna a leste a cidade como novo acesso à porção norte do estado. Albani (2012, p.118) destaca que:

Apesar da construção da Segunda Ponte ter sido iniciada em 1986, somente foi inaugurada em 2007. A conclusão da ponte e a construção de uma rodovia de contorno desviaram a BR-259 do centro da cidade. O desvio da rodovia federal trouxe um desafogamento do trânsito nas principais vias da cidade e um novo direcionamento na expansão urbana.

Alguns loteamentos surgiram nesse período, próximo à Segunda Ponte e ao contorno na margem norte do rio, principalmente no bairro Santa Helena (Figura 55). Essa situação indica mais uma vez que as linhas de crescimento em Colatina são orientadas pelas vias de transporte.

Portanto, o crescimento do perímetro urbano de Colatina está associado à superação das barreiras naturais, em especial o Rio Doce, por meio de investimentos em obras de engenharia que permitiram o deslocamento humano para a margem esquerda deste curso. Sem dúvida as vias de transporte foram elementares na construção do perímetro urbano de Colatina, pois na medida que se consolidava o sistema viário as ocupações também se favoreciam destas vias de locomoção. A evolução da área urbana, portanto, acompanha as principais vias de transporte (Figura 15, p.45), e estas se utilizam da posição estratégica e geograficamente favorável do canal do Doce para a definição de seus traçados.

Após 94 anos de emancipação de Linhares, o território de Colatina é fundamental para a manutenção dos municípios do noroeste capixaba. Diante desta posição estratégica torna-se relevante o entendimento de como o urbano se relaciona com o meio natural, a fim de se estabelecer políticas de ordenamento territorial que promovam a qualidade de vida no município. Adiante será analisada a situação da calha principal do Rio Doce, elemento fundamental na compreensão do uso e cobertura da terra de Colatina.

## **4.2 Análise do Planejamento Urbano e Ambiental das Margens do Rio Doce**

Compreendendo uma área de 33,30 km<sup>2</sup>, o perímetro urbano de Colatina é afetado pela velocidade dos deflúvios, de modo que grande parte dos bairros beira-rio é tomada pelas águas excedentes da calha principal do Doce, o que configura o fenômeno de inundação.

Ao pesquisar estes fenômenos é necessário relacionar o uso da terra com os processos geomorfológicos do corpo hídrico. Sendo assim, por meio de técnicas de geoprocessamento, foram realizadas oito medições da calha principal do Rio Doce, para

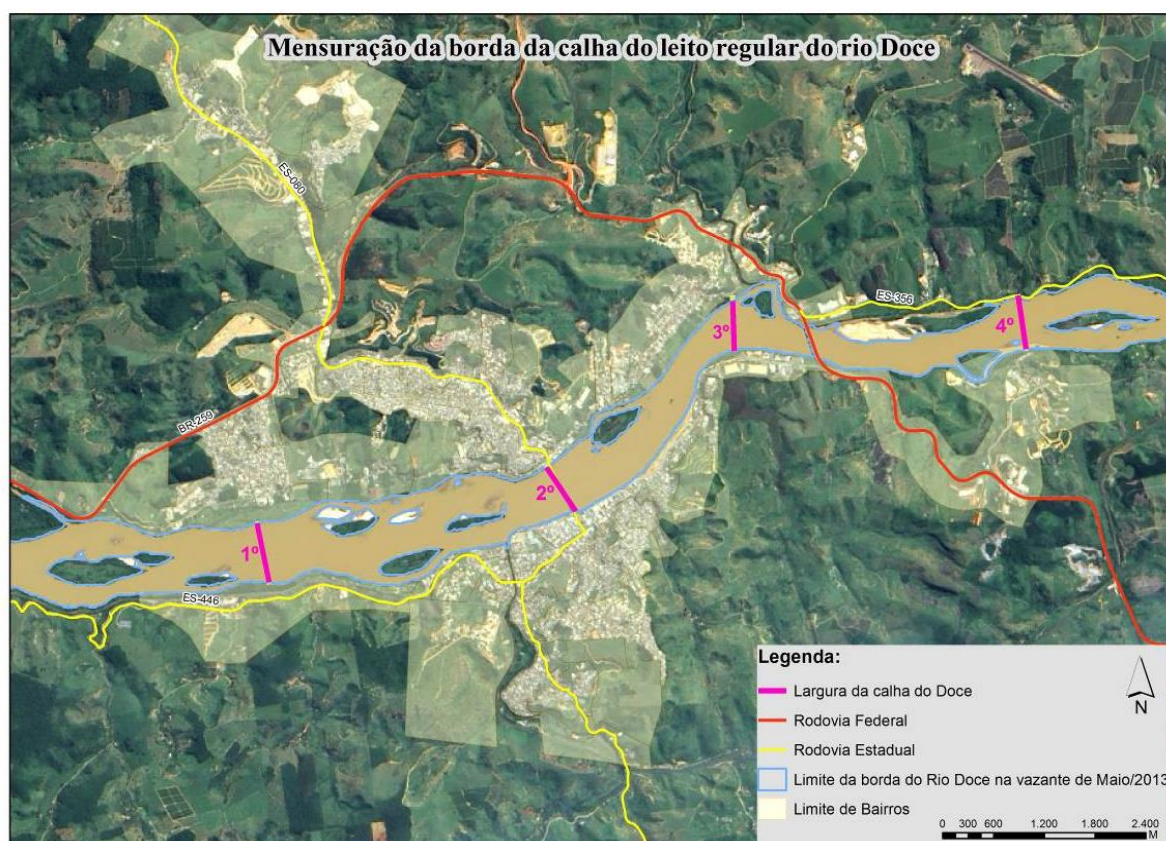
estabelecimento da distância média da largura de sua calha. O resultado esteve dentro do esperado, e pode ser verificado na tabela abaixo (Tabela 1) e no mapa em sequência (Figura 16).

**Tabela 1**

Perfis transversais do leito regular do Rio Doce no perímetro urbano de Colatina, nos períodos de vazante (abril) e cheia (janeiro).

<b>Largura do rio Doce período de vazante e cheia</b>		
	<b>Abril/2013(m)</b>	<b>Janeiro/2014(m)</b>
P1	707,35	757,84
P2	620,80	664,83
P3	592,09	658,04
P4	635,48	676,50
<b>Média dos Perfis</b>	<b>628,14</b>	<b>670,66</b>
<b>Média Geral:</b>	<b>661,43</b>	

Obs.: todas as medidas estão em metros.  
Elaborado pela autora.



**Figura 16** - Traçado dos perfis transversais da calha regular do Rio Doce no período de vazante, mês de abril/2013.

Elaborado pela autora.

Fonte: Imagem gratuita do satélite Landsat-8 sensor OLI, Serviço Geológico Americano (USGS, 2013).

Com uso das imagens orbitais do Landsat-8, através da classificação híbrida foram gerados dois arquivos *shapefiles* correspondentes às bordas do Doce, um no período de vazante e outro no de cheia. Por meio destes dados foram definidos quatro traçados para realização das medições; a partir destas, e com auxílio das medidas de tendência central, chegou-se a uma largura média total de 661,43m de uma margem a outra. Este resultado indicou que, tanto no período de vazante quanto no período de cheia, a largura média aponta para a maior faixa de APP, proteção de 500m, conforme previsto na legislação federal (Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012, e no revogado Lei 4.771/ 1965).

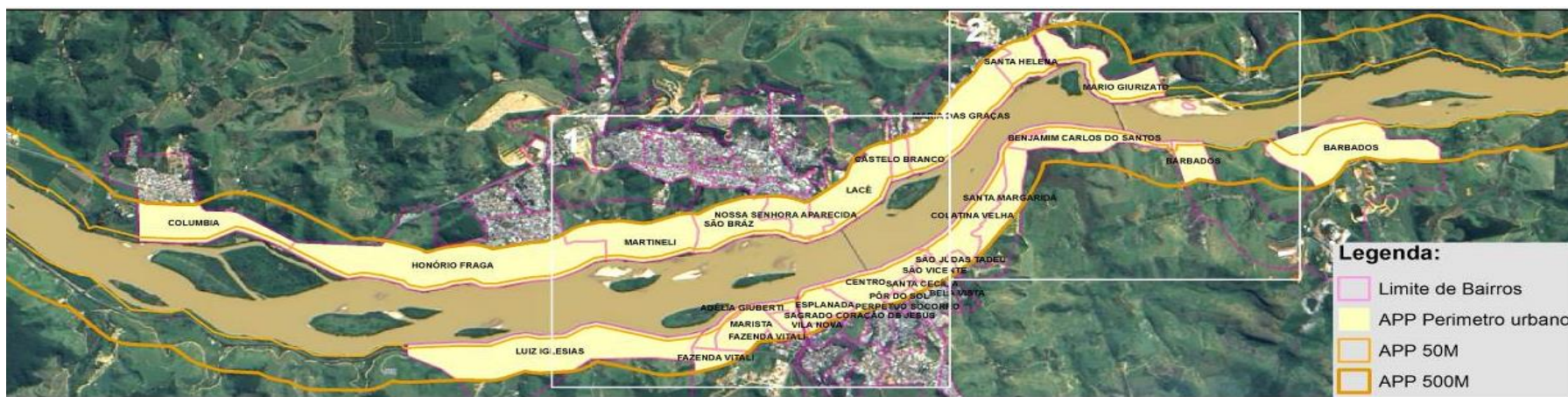
Analisando a imagem abaixo (Figura 17), observa-se que grande parte do solo naturalmente destinado a “acomodação” das águas, nas cheias (linha laranja), foi incorporado à sociedade como espaço criado (perímetro urbano em APP, mancha em amarelo), destinado a fins múltiplos. Deste modo, sem planejamento territorial adequado, grande parte da planície de inundação deu lugar a outras funções diferentes das naturais, sendo incorporada ao espaço urbano.

Lançando o *buffer* (mancha em amarelo) do entorno da calha do Doce (Figura 17), observa-se que, dos 59 bairros do município, cerca de 29 estão dentro da área de 500m destinada a preservação permanente pelo Código Florestal. Considerando-se a delimitação da APP, prevista no PDM de 1996 e 2007 (linha laranja mais próxima da borda do rio), este número cai para 18 bairros, permanecendo apenas aqueles que possuem limites com o corpo hídrico.

Uma vez que que lei municipal não suplanta lei federal, considerar-se-á neste estudo o limite da faixa marginal de proteção definida na Lei Federal 12.651/2012. Deste modo, a área de preservação permanente do Doce neste recorte é de 10,85 km<sup>2</sup>, compreendendo 33% do perímetro urbano de Colatina.

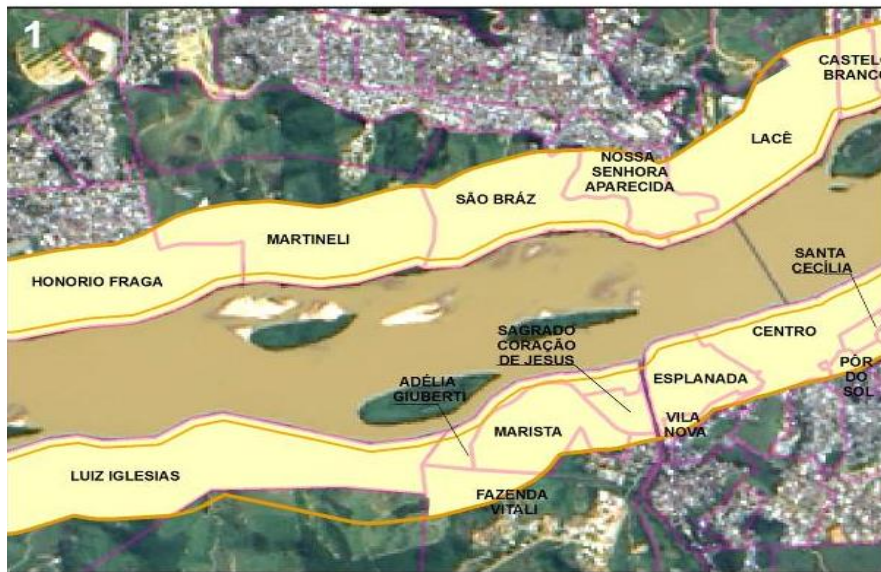
Cabe destacar, ainda, que mesmo o PDM de 1996 contendo enquanto objetivo no Art. 14 “I - estabelecer a ordenação do uso e da ocupação do solo urbano;” (Lei 4.228/1996; p.4), a gestão municipal não obteve sucesso na implementação de tal legislação. O que se verifica tanto nas décadas de 1990 quanto no início dos anos 2000, quando foram aprovados novos parcelamentos urbanos às margens deste canal, a exemplo dos bairros de Barbados na margem direita e do bairro Mario Giurizato na margem esquerda.





**Legenda:**

- Limite de Bairros
- APP Perímetro urbano
- APP 50M
- APP 500M



**Figura 17-** Delimitação das áreas de preservação permanente do Rio Doce no perímetro urbano de Colatina, de acordo com o PDM e o Novo Código Florestal. Elaborado pela autora.  
 Fonte: Imagem gratuita do satélite Landsat-8 sensor OLI, Serviço Geológico Americano (USGS, 2013).

Articulado a esta ideia, e pesquisando o trecho do bairro Esplanada a Colatina Velha, palco das últimas obras estruturantes de alto porte do município, consegue-se analisar os efeitos das inundações nas margens deste rio. Logo, implementar medidas de prevenção de cheias em áreas com urbanizações antigas requer um esforço da gestão na regulação do solo urbano.

#### 4.2.1 Análise Temporal dos Impactos do Uso e Cobertura da Terra, na Planície de Inundação do Doce: Destaque para a Avenida Beira-Rio.

Interceptada pelo curso do Rio Doce no perfil mais a jusante da bacia, a cerca de 100km do estuário com o Oceano Atlântico, a cidade de Colatina, polo moveleiro e de confecções do centro-oeste capixaba, é palco recorrente de inundações urbanas.

Conforme já mencionado por Cunha (2012a), este fenômeno ocorre quando a bacia recebe um percentual precipitado acima da sua capacidade de escoamento, o que faz o leito menor do rio extravasar para o leito maior, ocupando as áreas de várzeas (Figura 18, p. 50). Aliadas a esta questão, estão as ocupações humanas das margens dos rios, que, ao suprimir a vegetação natural e alterar a condição física do solo, acabam por reduzir a área de drenagem das águas pluviais, acelerando o escoamento superficial para o canal principal e favorecendo os deflúvios.



**Figura 18** - Representação da inundação urbana.  
Fonte: adaptado da Defesa Civil do Tocantins (2015).

Este fenômeno tem ganhado destaque em Colatina a partir de 1979, ano em que o Rio Doce atingiu a vazão de 12.860m<sup>3</sup>/s, tomando toda área aplainada que compõe seu leito maior, afetando da atual Av. Beira-Rio até as redondezas da Av. Getúlio Vargas. Desde então, os estudos das inundações urbanas são relevantes no município, o que levou o

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), na década de 1980, a elaborar um “Plano Diretor de Contenção das Enchentes, Proteção das Encostas e Drenagem Pluvial de Colatina”. Tal medida apresentou seis alternativas para o fenômeno. Porém, tendo em vista o custo operacional das obras, apenas a alternativa seis, que previa a construção de diques marginais para a proteção das áreas mais centrais, foi considerada viável na época.

Todavia, em entrevistas com funcionários da Prefeitura Municipal de Colatina (PMC), foi relatado que todo o estudo foi arquivado, e que até agora não há previsão de implementação de tais medidas. Fato este que é evidenciado (Tabela 2, p. 51) quando da ocorrência de precipitações intensas na bacia, durante as quais sazonalmente a cidade é impactada com as águas das inundações. Isto faz com que o município passe recorrentemente por catástrofes, conforme tabela com os principais picos de vazão do rio, nos últimos 50 anos:

**Tabela 2:**  
Vazões Máximas Anuais de Colatina de 1961 a 2013.

<b>Ano</b>	<b>Dia/mês</b>	<b>Vazão(m<sup>3</sup>/s)</b>
1961	30/jan	6.613
1979	04/fev	12.860*
1997	07/jan	8.687
2005	03/ago	6.549
<b>2013</b>	<b>24/dez</b>	<b>9.028*</b>

Fonte: Coelho (2007 apud DALLAPICOLA 2014, p.4;) e CPRM (2014, p.85). \*Observo que os dados da tabela 1 para os anos de 1979 e 2013 estão baseados na estimativa de vazão média diária das máximas anuais, obtida através de extrapolação da curva-chave pelo grupo interdisciplinar dos relatórios críticos anteriores.

As inundações de 1979, 1997 e, recentemente, 2013 (Figura 19) foram as de maior vazão neste setor do rio, e conseqüentemente as que mais atingiram a área urbana do município, bloqueando os acessos ao centro da cidade e aos equipamentos essenciais, como hospitais, escolas e demais órgãos públicos, além de desalojarem munícipes e comprometerem a saúde pública.



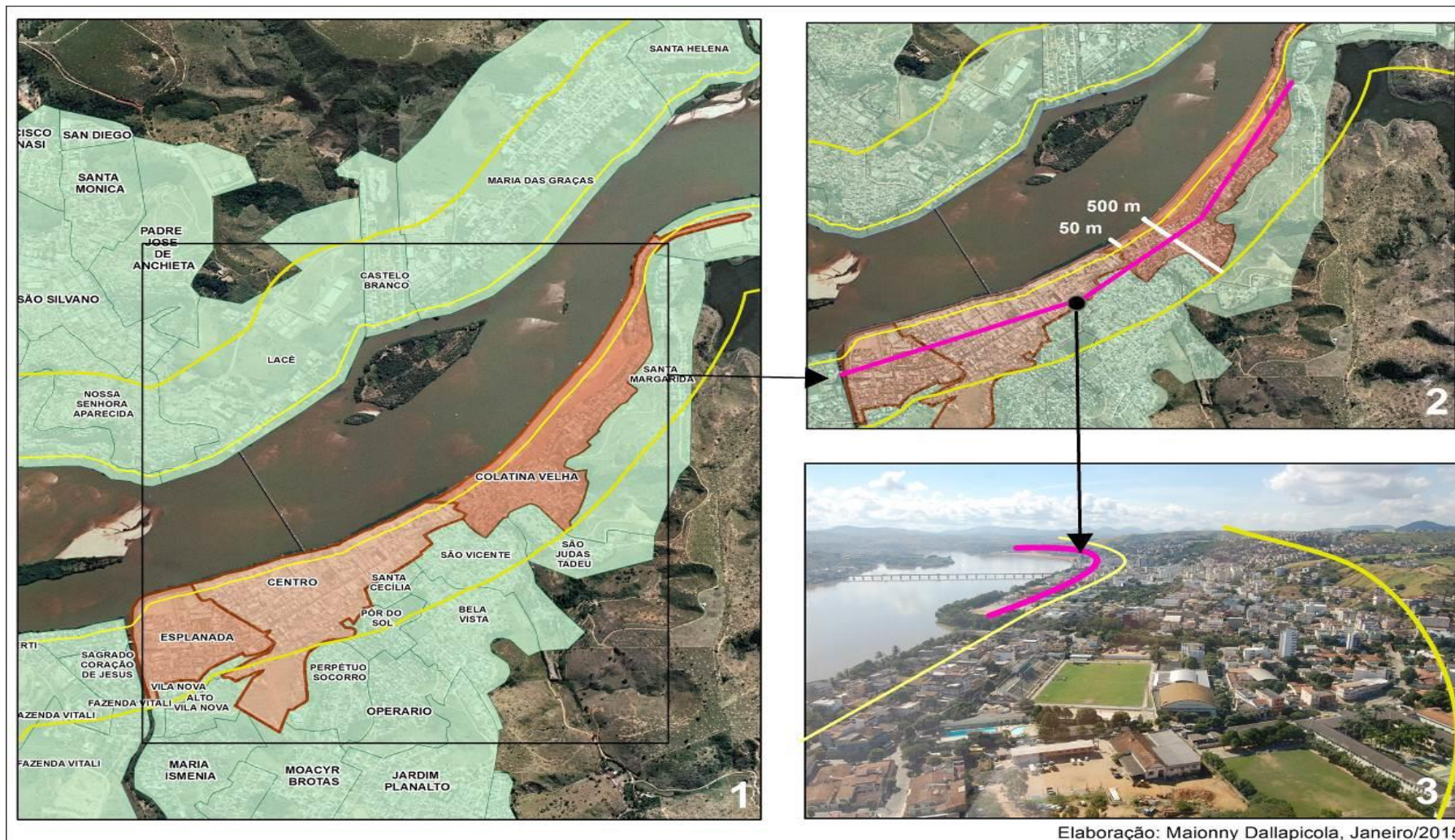


**Figura 19** - 1) Av. Getúlio Vargas, inundação de 1979. 2) Bairro Esplanada, inundação de 1997. 3) Praça Municipal, inundação de 2013.

Fonte: 1) Nossa Colatina. 2) Nossa Linda Colatina. 3) Nossa Colatina.

Com o propósito de identificar os principais fatores que acentuam as inundações, será analisado como os processos geomorfológicos do Doce estão sendo afetados pela ação antrópica. Limitaremos a análise ao perímetro urbano, no trecho que compreende do bairro Esplanada até o bairro Colatina Velha (Figura 20). Neste perímetro é possível visualizar a evolução da mancha urbana sobre o leito do rio, além de identificar na margem direita os pontos desnaturalizados deste canal fluvial.





**Figura 20** - 1) Destaque para os bairros que compõem o recorte (vermelho). 2) Visualização do recorte com a delimitação da área de APP legal. 3) Vista panorâmica do recorte em rosa, da APP de 50m (amarelo claro), e 500m (amarelo escuro).  
 Fonte: 3) Encontra Colatina (2015).



O recorte em questão é margeado pela Av. Beira-Rio, e está situado (Figura 20) dentro do *buffer* de preservação permanente previsto no PDM (*buffer* de 50m) e no Novo Código Florestal (*buffer* de 500m). Apesar desta área ser destinada a mata nativa, e/ ou reflorestada, a ocupação urbana antecede os artigos legais, o que dificulta políticas de gestão territorial em um perímetro ao mesmo tempo histórico, e com função relevante no equilíbrio hidrológico da bacia.

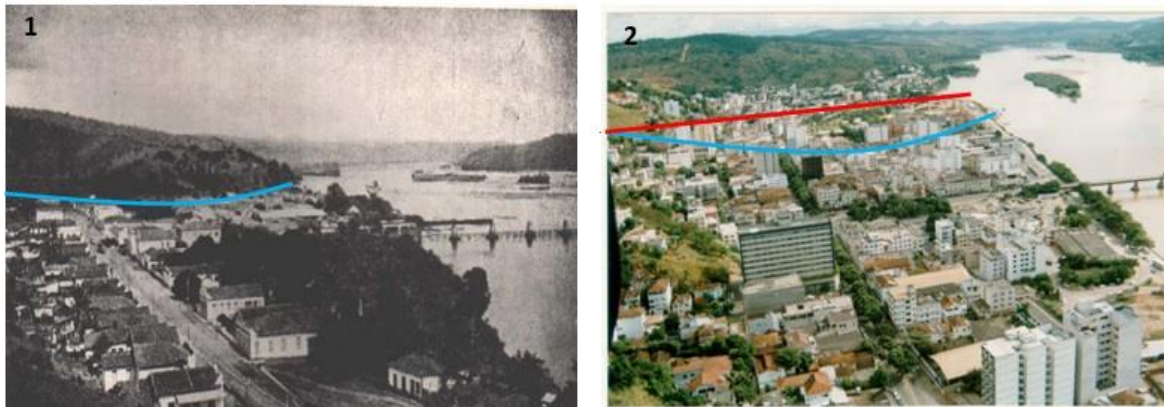
O perímetro faz parte da várzea da margem direita do Rio Doce, pois encontra-se em cota topográfica de 50m, caracterizando sua planície. Logo, a área em questão tem a função de acomodar as águas das cheias, quando a calha principal não comporta o escoamento de grandes vazões. Esta tarefa passa a ser prejudicada na medida em que na bacia, ou no curso original, são implementadas obras que interferem na morfologia do corpo hídrico principal, como a instalação das hidrelétricas de Mascarenhas (1974) e Aimorés (2005), a montante.

As UHE's a montante comprometem os processos do rio, uma vez que o regime natural de transporte de sedimentos é alterado com o barramento, o que favorece a erosão e consequentemente o assoreamento, com a formação de bancos arenosos, alteração do seu perfil transversal e redução da profundidade. Além disso, segundo Coelho (2007), as vazões máximas e mínimas foram alteradas com a implantação das hidrelétricas a montante, implicando em vazões médias anuais mínimas cada vez mais reduzidas, com valores se distanciando da linha de tendência (polinômio), provando o não equilíbrio da vazão após a implantação das barragens (Gráfico 1, p.22).

Entretanto, a primeira intervenção direta, no trecho em estudo, foi a instalação da estrada de ferro, que atraiu migrantes para Colatina, permitindo o crescimento populacional e a expansão urbana desordenada às margens do Doce. Este crescimento intensificou a supressão das matas ciliares e abriu espaço para a impermeabilização do solo, reduzindo a infiltração.

Posteriormente, a inauguração da ponte Florentino Ávidos ampliou o fluxo na região, pois proporcionava a ligação com as terras ao norte do Estado. Atuou, também, como obstáculo ao transporte de sedimentos carregados no fluxo natural do rio, uma vez que sua implantação altera a topografia do fundo do canal, afetando os processos geomorfológicos.

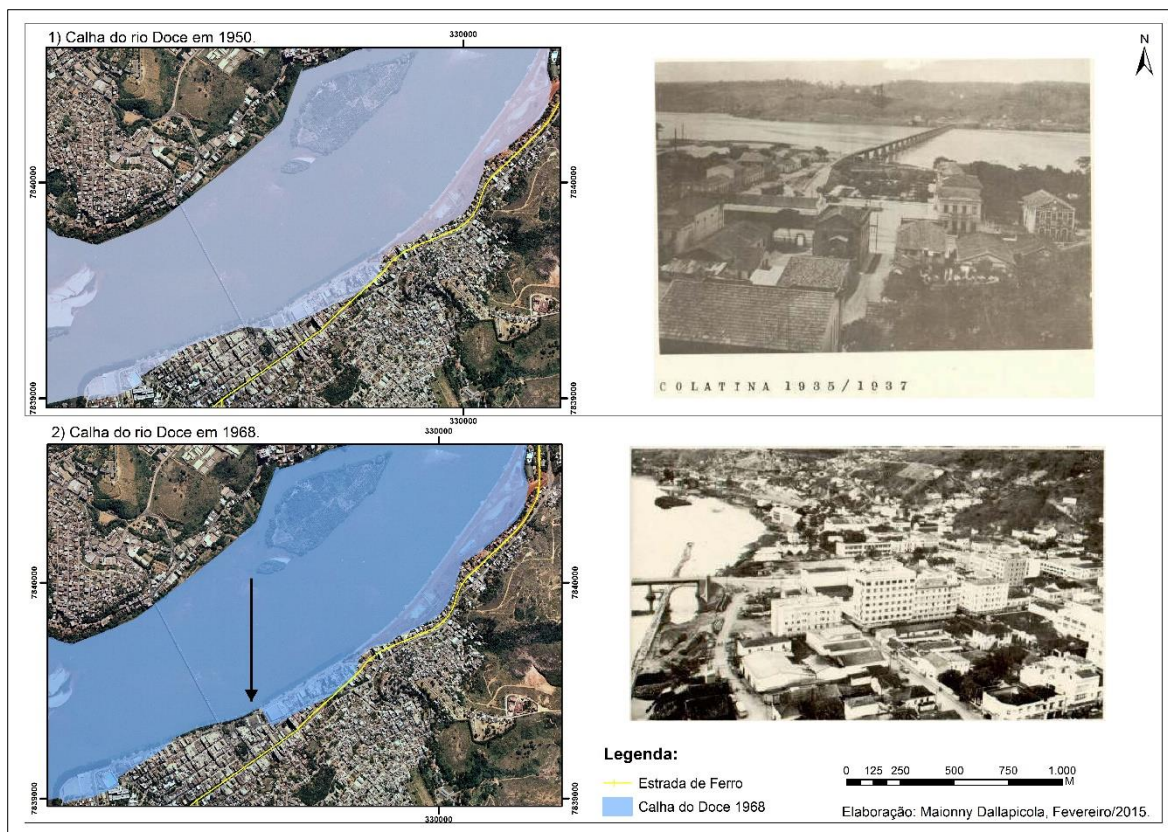
Porém, foi no Morro das Cabritas (colina localizada no espaço que compreende o atual bairro Esplanada) que ocorreu a primeira desnaturalização nas margens do Doce. Este morro, por onde o Rio Santa Maria do Doce meandrava até desaguar no Rio Doce, foi cortado, em meados de 1953, para abrigar a cidade em expansão. Devido a esta intervenção, o curso original do Santa Maria foi deslocado, e passou a escoar retilineamente até a foz (Figura 21).



**Figura 21** - 1) Vista do Centro de Colatina (1925), com a ponte Florentino Ávidos (direita) e o Morro das Cabritas ao fundo, destaque em azul para o traçado antigo do Rio Santa Maria do Doce. 2) Vista da década de 1990, com o bairro Esplanada ao fundo, e destaque em vermelho para o curso atual do Santa Maria.

Fonte: Nossa Colatina.

As intervenções na margem direita tornam-se mais intensas a partir da década de 1960, quando no ano de 1968 edificou-se um muro visando a proteção dos pilares da extremidade direita da ponte. Esta obra ficou paralisada por muitos anos, e foi a primeira de retificação e aterro realizada neste trecho do rio. Esta intervenção modificou o fluxo natural das correntes do rio e reduziu a largura da sua calha, alterando a morfologia do canal (Figura 22).



**Figura 22** - Primeira obra de canalização no Rio Doce na área urbana de Colatina, muro de proteção da ponte. Elaborado pela autora.  
 Fonte: fotos históricas Nossa Colatina.

Contudo, somente em 1972 teve início o segundo aterro (Figura 23), com a finalidade de alocar a estação rodoviária de Colatina e ampliar a área de acesso à ponte Florentino Ávidos. A implementação desta obra suprimiu parte do leito do Rio Doce, pois removeu a saliência côncava que curvava o rio, retilinizando esta parte do canal.



**Figura 23** - Segundo aterro do Rio Doce na área urbana de Colatina, limita-se com o traçado antigo da Estrada de Ferro Vitória a Minas. Elaborado pela autora.  
 Fonte: Nossa Colatina, Nossa Linda Colatina.

Após dez anos sem grandes intervenções, em 1982 o lado a montante da ponte, bairro Esplanada, é acrescido de um aterro que estenderá a área do antigo Morro das Cabritas para o rio (Figura 24).

Conhecido como Rua da Lama, devido à umidade que o rio transferia ao aterro, formando um barro viscoso que persistia a maior parte do ano, o trecho, atualmente, compreende a Avenida Professor José Zouian, popularmente denominada Avenida Beira-Rio, de onde surge a primeira forma do calçadão que será estendido até o bairro Colatina Velha.

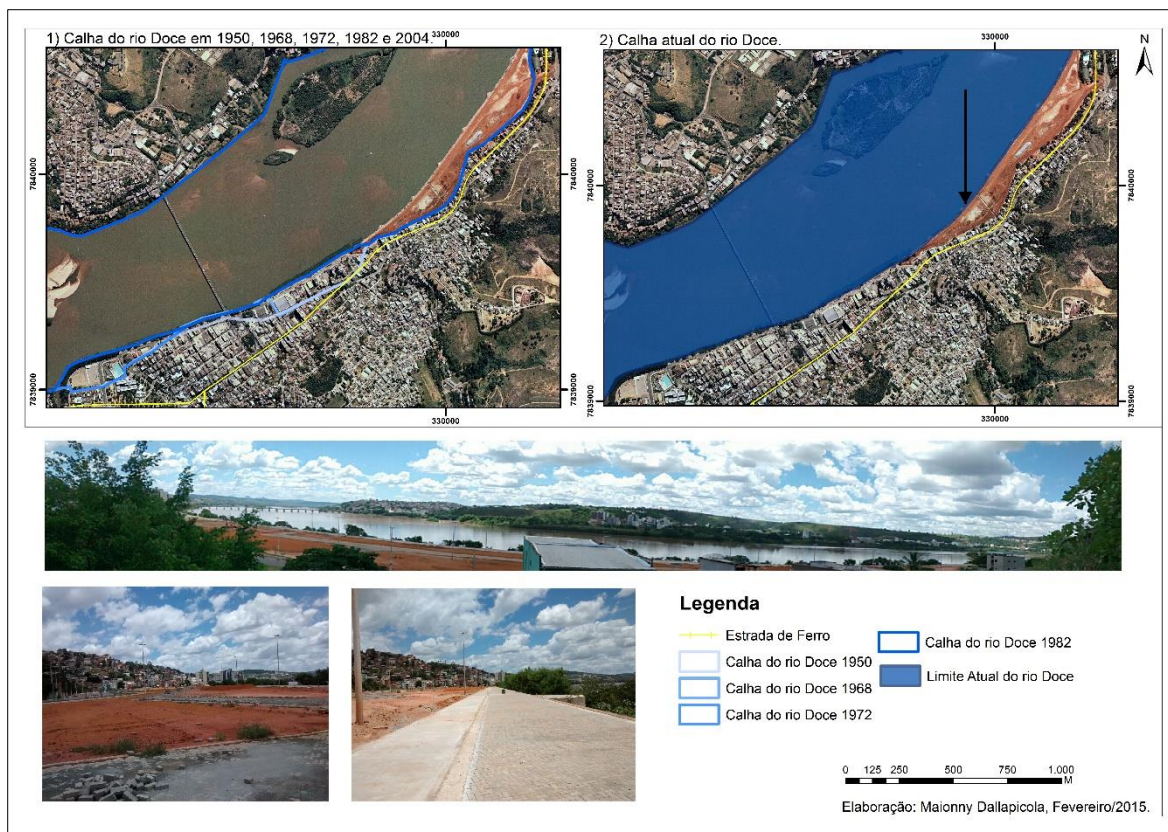




**Figura 24** - Terceiro aterro do Rio Doce, compreende o atual bairro Esplanada e o calçadão da Av. Beira-Rio. Elaborado pela autora.  
 Fonte: Bennachio (2015).

Somente em 2004 foi implementado o maior projeto de canalização do município. Naquele ano teve início a execução do enrocamento da Av. Beira-Rio (Figura 25), obra destinada inicialmente a alocação de: equipamentos públicos de lazer e cultura, praças, prédios, além da promessa de contribuir para a contenção dos transbordamentos do Rio Doce.

Apesar de o referido manancial já estar comprometido com problemas de poluição, assoreamento e erosão, além dos impactos de duas hidrelétricas instaladas a montante, a obra abarcou a supressão da vegetação ciliar e aterro de parte do rio já tão degradado.



**Figura 25** - Limite da Calha atual do Rio Doce, após o último aterro, a obra de enrocamento iniciada em 2004 e finalizada em 2008. Elaborado pela autora.  
Fonte: própria autora em 24/02/15.

Ocupando uma área total de 130 mil m<sup>2</sup> do leito do Rio Doce, o aterro teve início em 2004, sendo construído com cerca de 90 mil m<sup>3</sup> de pedras, 50 mil m<sup>3</sup> de areia retirada do leito do rio, e por fim o nivelamento com 200 mil m<sup>3</sup> de terra. A obra era divulgada como um antigo sonho dos colatinenses, e serviria para ampliação da Av. Beira-Rio no bairro de Colatina Velha, instalação de ciclovias, calçadão, equipamentos públicos e estacionamento (Figura 26). Apesar do fim da engenharia em 2008, o projeto ainda está em fase de acabamento na parte urbanística, e na alocação dos órgãos públicos.

Cabe destacar que a obra sofreu embargos do Ministério Público Federal (MPF), por apresentar apenas cadastro na Agência Nacional de Águas (ANA), que, conforme parecer da Procuradora Nadja Machado Botelho na Ação Civil Pública, “[...] equivocadamente não realizou o procedimento de outorga [...]” (MPF, 2006; p.2). Além disso, a procuradora solicitou tutela, tendo em vista tratar-se de área de preservação ambiental, e o fato de o IBAMA ter concedido licenciamento com indevida dispensa do Estudo de Impacto Ambiental (EIA)/Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA).

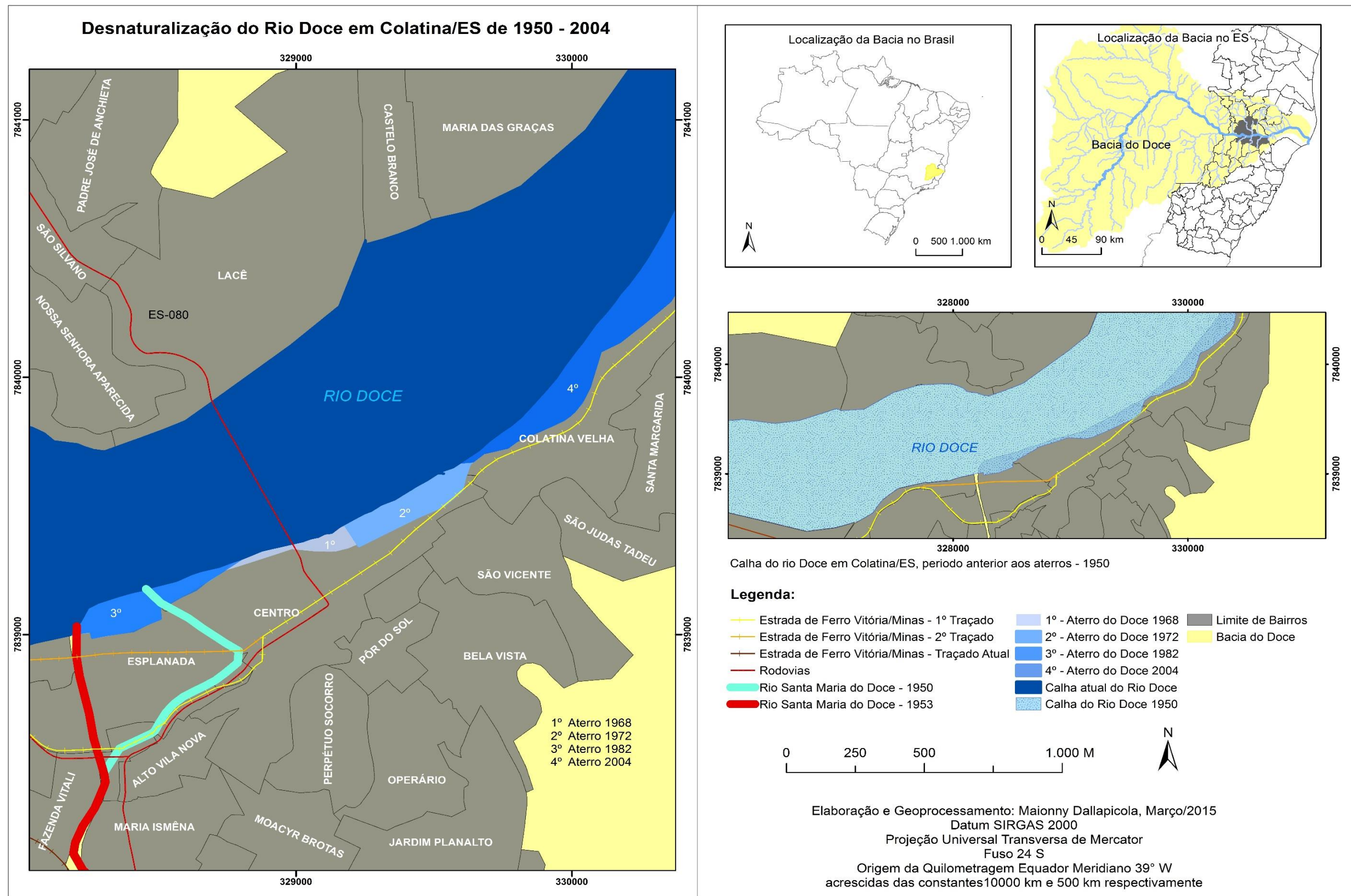




**Figura 26** - Perspectiva do projeto de enrocamento da Av. Beira-Rio de Colatina.  
Fonte: Prefeitura de Colatina (2015).

Por isso, essa obra deve ser considerada faraônica para os cofres públicos, e irreversível para os processos geomorfológicos do Doce. E sua efetivação só foi possível com a participação e investimentos do Governo estadual. Contudo, seu objetivo foi frustrado, pois novamente na cheia do Rio Doce em dezembro de 2013, quando este atingiu a vazão de  $9.028 \text{ m}^3/\text{s}$ , a área foi inundada e, por estar em cota maior que as casas, que beiravam o rio, o enrocamento atuou como represa, não permitindo o retorno das águas quando o nível do rio retomou o equilíbrio.

Por fim, segue um mapa síntese (Figura 27) com a cartografia das quatro principais intervenções diretas e estruturais na margem direita do Doce no setor urbano de Colatina, representando o curso natural do rio em 1950, e suas desnaturalizações a partir da década de 60 até a atualidade.



**Figura 27** - Mapa síntese dos quatro aterros; traçado do Rio Santa Maria do Doce ante e depois da obra de canalização; traçados da Estrada de Ferro Vitória a Minas. Elaborado pela autora.



#### 4.2.2 Zoneamento Urbano e as Inundações Na Av. Beira-Rio

O recorte em estudo compreende as Zonas ZE-1, ZE-2 e ZUD 2-1 (Figura 28, p.61), sendo a Zona Especial 1, Zona Especial 2, e Zona de Uso Diverso 2-1, destinadas no PDM (Lei 5.273/2007):

Artigo 103 - As Zonas de Usos Diversos – ZUD são definidas em razão da concentração de atividades urbanas diversificadas, com predominância do uso comercial e de serviços.

Artigo 104 - São objetivos das Zonas de Usos Diversos:

I - otimização da ocupação do solo, priorizando a instalação de novos empreendimentos em terrenos não edificados contíguos a empreendimentos já instalados;

II - controle da implantação de usos incompatíveis com os definidos para estas zonas;

III - garantia de licenciamento e monitoramento ambiental dos empreendimentos;

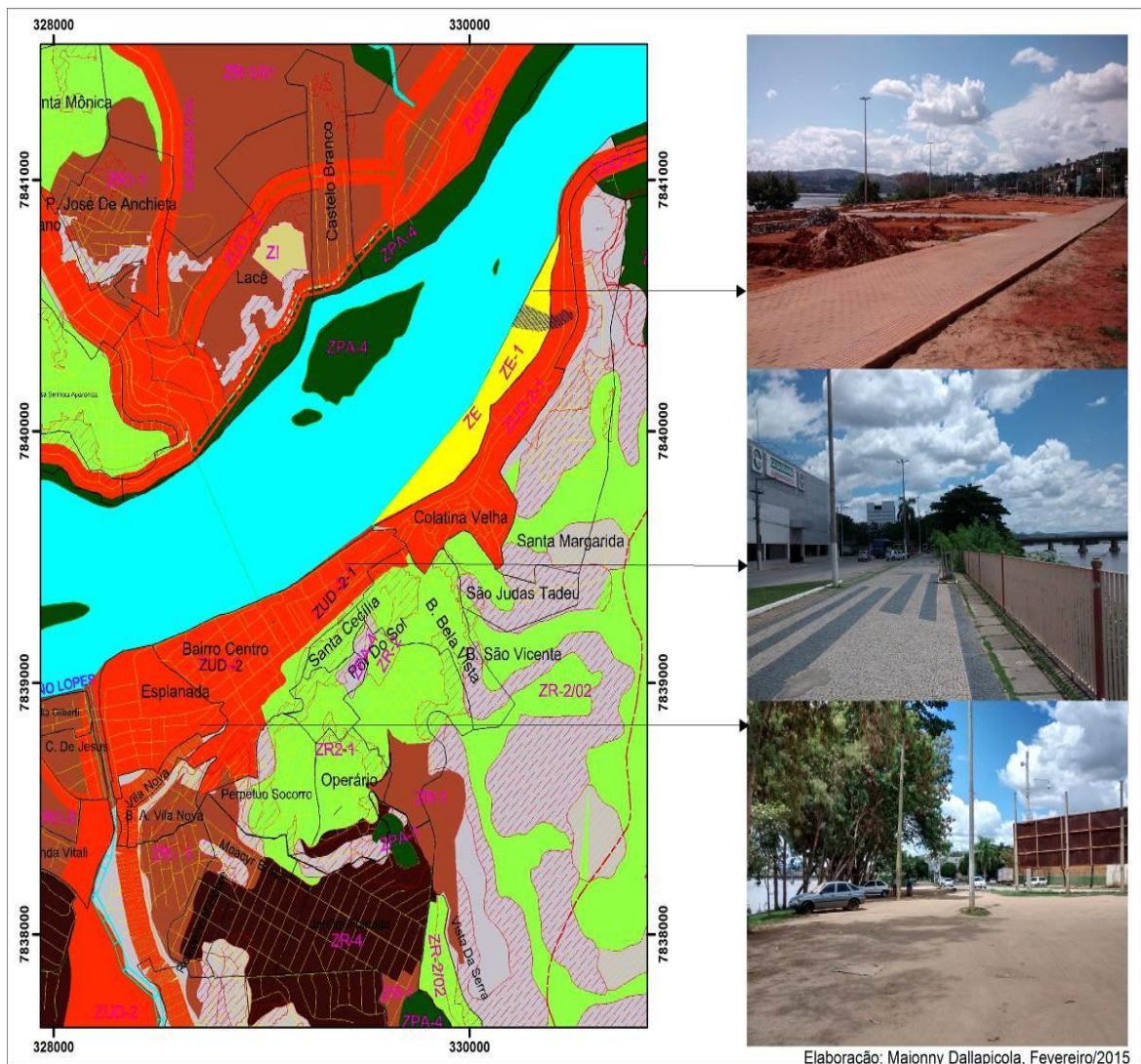
IV - controle da expansão comercial, de serviços e de indústrias de pequeno porte em direção a áreas residenciais.

[...]

Artigo 130 - As Zonas Especiais 1 – ZE 1 abrangem todas as áreas remanescentes do município, relativamente ao zoneamento estabelecido nesta lei, ocupadas ou não, contida na lei de perímetro urbano, para as quais não foram ainda estabelecidos os critérios de uso e ocupação.

Artigo 131 - As Zonas Especiais 2 – ZE 2 são as áreas existentes no prolongamento da avenida Beira Rio, mais especificamente no trecho entre o 80 Batalhão da Polícia Militar e a rua Pedro Epichin, incluindo o espaço existente entre a margem do Rio Doce e o limite das construções localizadas na rua Pedro Epichin.

Cabe destacar que mesmo sendo palco das áreas mais afetadas com as inundações do Rio Doce, a Beira-Rio tem sido alvo da especulação imobiliária, que, aproveitando-se dos índices pouco restritos da ZUD 2 (Figura 28, p.62), valoriza o espaço, promovendo a instalação de grandes estruturas como hipermercados, edifícios residenciais modernos e hotelaria.



**Figura 28** - Mapa do Zoneamento da Lei 5273/2007, anexo 06.  
 Fonte: Colatina (2007).

A área contida na ZE (Figura 28) não possui critério de ocupação definido na legislação atual, sendo adotado o disposto na Lei 4196/1995, que estabelece os índices urbanísticos para as áreas conquistadas junto ao Rio Doce, e na Lei 4205/95, que aprova os parcelamentos na Beira-Rio. Quanto à ZUD 2-1, apresenta índices urbanísticos no anexo 1/1.8 do Plano Diretor, conforme tabela 3, abaixo:

**Tabela 3:**  
Índices urbanísticos da ZUD 2-1.

ANEXO 1 / 1.8											
ZONA DE USO DIVERSO - 2											ZUD - 2
USOS		ÍNDICES URBANÍSTICOS									
PERMITIDOS	TOLERADOS	TAXA DE PERMEABILIDADE MÍNIMA	COEFICIENTE DE APROV. MÁXIMO	TAXA DE OCUPAÇÃO MÁXIMA	AFASTAMENTO MÍNIMO (mts)			PARCELAMENTO DO SOLO		GABARITO MÁXIMO	ALTURA MÁXIMA DA EDIFICAÇÃO
					FRENTE	LATERAL	FUNDOS	TESTADA MÍNIMA	ÁREA MÍNIMA DO LOTE		
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR	COMÉRCIO E SERVIÇO PRINCIPAL, HOTEL, APART-HOTEL E SIMILARES	10%	1,3	70%	3,00m	1,5 m no caso de abertura	3,00 m a partir do 3º pav. Inclusive	12,00m	300,00m²	Liberado. Atendido os demais índices urbanísticos	Liberado. Atendido os demais índices urbanísticos
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR			4,8	80%	3,00m	1,50m no 2º. E 3º. Pavitº. Acima soma-se 10cm por pavimento em ambos os lados, independente de abertura. (ver observação 4)					
MISTO (residencial e não residencial)											
COMÉRCIO E SERVIÇO LOCAL PRINCIPAL E ESPECIAL (*)											
(*) I-01, I-02 E I-03											

Fonte: Colatina (2007, p.36)8



É relevante observar que numa área onde o corpo hídrico foi reduzido pelos sucessivos aterros, tenha sido aprovada a instalação de empreendimentos de grande impacto (Figura 29), com taxa de ocupação de até 80%, e com baixo índice de permeabilidade. Ampliou-se a área impermeável, numa região onde a drenagem já é muito comprometida com a expansão urbana sobre o rio.

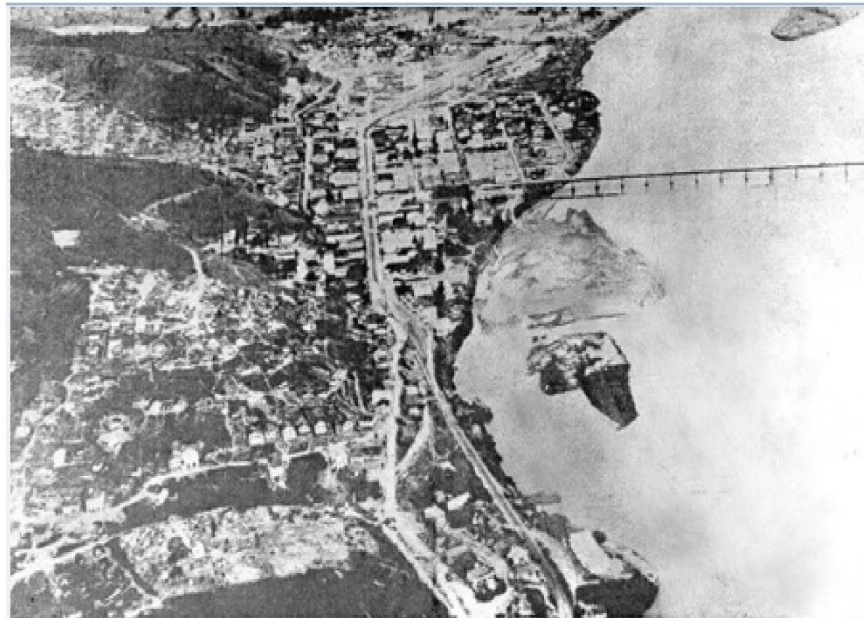


**Figura 29** - Localização de empreendimentos de grande impacto na Beira-Rio.  
Fonte: imagem do Google Maps, 2015. E fotos da autora em 14/02/15.

Portanto, analisando o conjunto de dados apresentado acima, é possível entender como as inundações são potencializadas no município, atingindo a população, mas em especial afetando a dinâmica de um corpo hídrico tão relevante para o Estado. A fim de subsidiar a gestão pública com material cartográfico para a tomada de decisões, delimitou-se o polígono da última inundação (Figura 30). Pois, devem ser adotadas medidas que minimizem impactos de futuros eventos hidrológicos na bacia, capazes de comprometer, novamente, a área urbana mais central de Colatina.



Fonte: PMC (Publicado em 21/08/14)



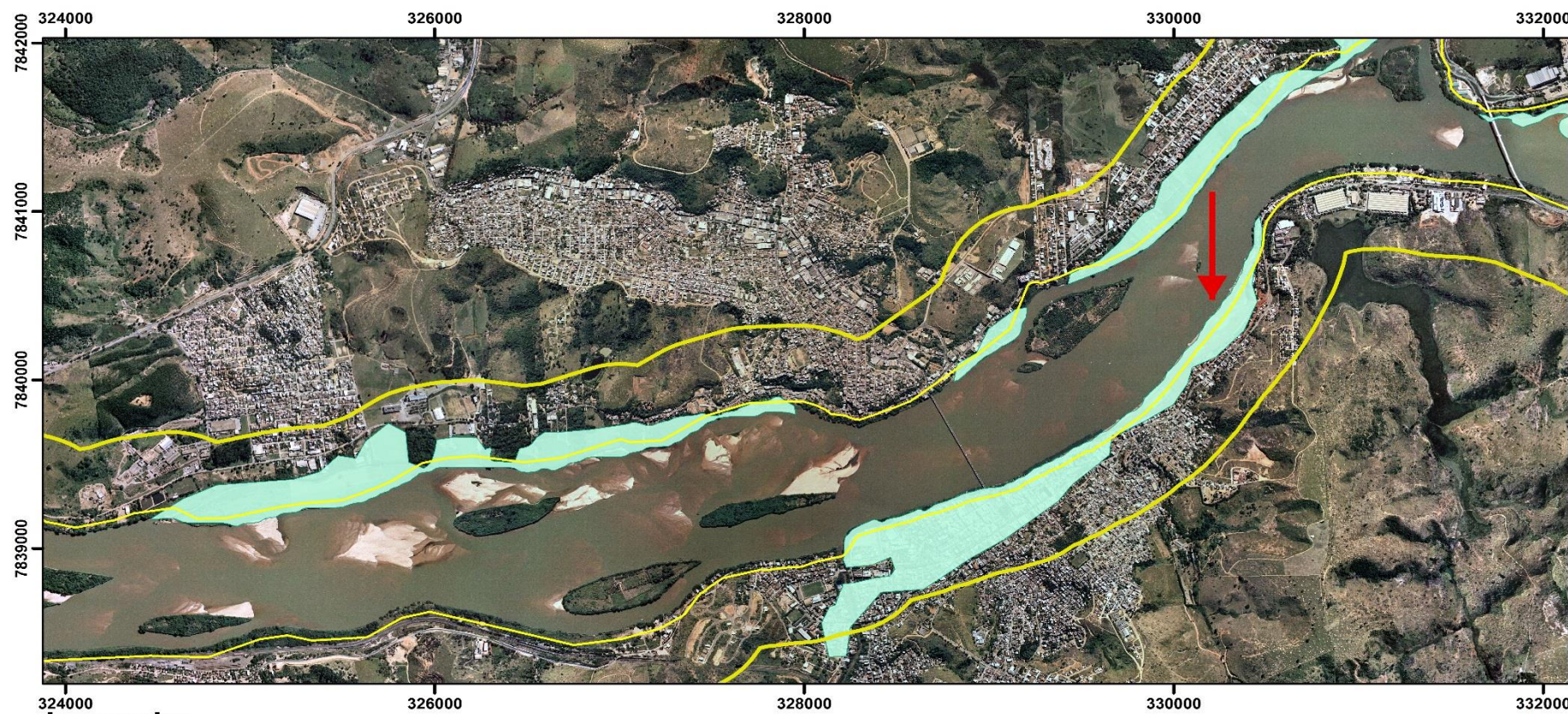
Fonte: Nossa Colatina(publicado em 07/02/15)



Fonte: Jailson Monteiro(publicado em 19/12/13)



Fonte: Gazeta(publicado em 23/12/2013)



Legenda:

- APP 50M
- APP 500M
- Inundação dez/2013

Elaboração: Maionny Dallapicola, Fevereiro/2015

Figura 30 - Mapa síntese com a evolução urbana sobre o Rio Doce, e o polígono da inundação de dezembro de 2013, em azul. No lado direito imagens da inundação na Av. Beira-Rio em dezembro de 2013. Elaborado pela autora.



Diante do polígono de inundação da última cheia (Figura 30), em dezembro de 2013, é possível implementar medidas de convivência com as grandes vazões, a exemplo de países como Holanda, que vem investindo em medidas de resiliência, a fim de reduzir a velocidade dos deflúvios, possibilitando ao canal a capacidade de acumular e dispersar as águas com impacto mínimo para as populações. Conforme Carneiro e Miguez (2011), a estratégia adotada pelo país é reter, armazenar e drenar, sendo mais flexível e não interferindo drasticamente na dinâmica do corpo hídrico.

Por fim, a implementação de soluções de planejamento urbano em Colatina requer uma análise integrada que abarque o urbano e o ambiental, de modo a propor intervenções que produzam impactos reduzidos nos processos geomorfológicos do Rio Doce. Logo, a gestão municipal deve atuar em nível de bacia hidrográfica, interagindo com os municípios a montante, propondo medidas de minimização das cheias urbanas. Mas, na escala local, pode-se atuar junto aos novos parcelamentos, de modo a ampliar o percentual de áreas permeáveis no município, incentivando, por exemplo, os novos loteamentos a adotarem pavimentações que permitam a drenagem natural do solo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo da ideia de que é possível implementar medidas que minimizem o escoamento superficial, são apresentadas propostas como forma de controlar ou ao menos reduzir os impactos das inundações urbanas.

Embora as implementações históricas de estruturas de proteção ou barreiras mais altas tenham sido muito disseminadas, atualmente estão sendo suplantadas pelo gerenciamento de inundações de maneira mais sustentável. Deste modo, as experiências fora do Brasil apontam para soluções mais flexíveis, que considerem o fluxo natural do canal enquanto um ecossistema em equilíbrio. Para tanto Carneiro e Miguez (2011, p.150) destacam a iniciativa alemã no controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas:

[...] A abordagem comum consiste na regulação do uso do solo nas áreas inundáveis e em “dar espaço para o rio” ao invés de priorizar investimentos em estruturas de proteção contra inundações, como a colocação de diques de contenção às margens dos rios.

A utilização do conceito de resiliência, apropriado de ecologia, decorre dessa abordagem. A aplicação prática do conceito implica, portanto em mudanças de paradigma. Deixa de ser preponderante a engenharia construtiva e entra em cena o planejamento de longo prazo, voltado para o desenvolvimento de cidades sustentáveis capazes de conviver com as variações do ciclo hidrológico sem significar, necessariamente, tragédias anunciadas.

Além dessas propostas, geógrafos como Sandra Cunha têm estudado a recuperação natural, ou “renaturalização” de corpos fluviais, visando promover a estabilidade dos canais de modo mais sustentável. Para ela:

[...] Recuperação de canal significa, de forma simples, o retorno às condições anteriores aos distúrbios. Em essência, é o processo de recuperação do rio ou do ecossistema fluvial, estabilizando o desenvolvimento de habitats e colonização a uma taxa mais rápida que dos processos naturais físicos e biológicos. Na recuperação de canais ocorrem considerações de aspecto hidrológico, morfológico e ecológico, qualidade da água, estética, além da necessidade de uma visão integradora do projeto sustentável de recuperação. (CUNHA, 2012; p.230 a 231)

São, portanto, medidas pontuais como o retorno às sinuosidades do rio (Figura 31, p. 68), ou a substituição de estruturas de concreto por superfícies mais permeáveis, a exemplo das trincheiras de infiltração ou pav's (Figura 32), áreas mais vegetadas, além de coleta e uso de água da chuva, bem como tratamento das águas superficiais, por meio de

amenidades estéticas como reservatórios de retenção, ou detenção, que podem ser associados a ambientes harmônicos como lagos artificiais. Todas estas ações possibilitam a minimização das grandes vazões no solo urbano, pois pretendem atenuar os impactos das cheias, fazendo com que seja resgatada parte da drenagem existente anteriormente à urbanização.



**Figura 31** - Retorno à sinuosidade do canal do Rio Aa, Munster, Alemanha (1998).  
Fonte: Cunha (2012, p.233).



**Figura 32** - 1) Trincheiras de infiltração; 2) Pavimentação em pav's.  
Fonte: Carneiro e Miguez (2011, p.128).

A partir do exposto, cabe à gestão municipal implementar legislações que priorizem a permeabilidade, possibilitando uma maior infiltração das águas das chuvas através de pavimentações menos impermeáveis, e da ampliação de áreas vegetadas. São medidas que tornam a drenagem mais sustentável, além de possibilitar a manutenção dos serviços públicos de forma menos custosa, tendo em vista o elevado preço das recomposições asfálticas.



Além disso, quando se fala em controle de cheias urbanas, pressupõe-se uma série de medidas para minimização de seus impactos, desde a operação de sistemas de alerta, zoneamento de áreas inundáveis, construção de grandes reservatórios de contenção de cheias e diques, até ações de educação ambiental.

Cabe pensar, também, na próxima revisão do PDM em um plano de macrodrenagem municipal, que reúna ações de caráter estruturantes com obras hidráulicas de infraestrutura que realizem a condução final das águas dos escoamentos superficiais para a minimização das inundações, e em medidas não-estruturantes que trabalhem a consciência ambiental e proponha um zoneamento de cheias a fim de se delimitar os pontos mais fragilizados nos deflúvios.

Por fim, pensar em drenagem num contexto de ocupação irregular histórico requer profissionais que, além de possuir afinidade com a temática, também possam analisar os diferentes processos que constituem o espaço geográfico. Logo, este tipo de estudo deve abarcar uma equipe multidisciplinar que percorra a análise desde o ambiental, estrutural, até o aspecto humano, a fim de se produzir resultados que de fato contribuam com o controle das inundações urbanas.

## 6. CONCLUSÃO

A partir do recorte espacial foi possível compreender que a abordagem da geomorfologia fluvial, com a análise espaço-temporal da ocupação urbana, possibilita a identificação das ações do homem no meio ambiente, pois estas resultam na alteração das paisagens naturais e na dinâmica da bacia hidrográfica. Assim, o Rio Doce deve ser estudado de modo integrado ao crescimento da cidade, sobretudo para compreensão da produção do espaço geográfico.

Analisar a inundação urbana em Colatina foi satisfatório, pois o município está situado no perfil médio-baixo da bacia, vazante, e é neste trecho que os reflexos das intervenções são mais acentuados, principalmente se esta parte do canal também tiver passado por obras que modificaram seus processos hidrológicos. Além disso, a perspectiva geográfica aponta para várias outras questões, como erosão fluvial, planejamento urbano, poluição ambiental, crise da água, que conduzem a outras discussões acerca da relação homem/natureza.

Ao demonstrar a evolução espaço-temporal do uso e cobertura da terra na margem direita do Doce, associando esta ocupação às obras estruturantes que foram executadas no canal, verificamos que todas as práticas adotadas para conter o transbordamento do rio acabaram alterando sua morfologia, com a retificação de trechos em meandros, reduzindo a largura do corpo hídrico, o que favoreceu a apropriação urbana de suas várzeas. Aliadas a estas questões estão a falta de planejamento urbano e a omissão diante da supressão das matas ciliares, principalmente se considerados os resultados do relatório técnico do IJSN contra enchentes em 1980.

Cabe destacar, também, que toda a análise da ocupação urbana e desnaturalização do Rio Doce foi melhor identificada a partir dos produtos cartográficos deste trabalho. Pois é na espacialidade dos fenômenos, e no registro de informações ainda não mapeadas, como os aterros, que o geógrafo executa a análise do seu objeto de estudo, o homem e a natureza, aqui representado pela sociedade e o canal do Doce.

Apesar do município apresentar leis que resguardam os leitos dos rios desde o primeiro PDM em 1996, nada foi feito para conter as ocupações irregulares beira-rio. Pelo contrário, estas áreas foram incorporadas ao Plano Diretor em 2007, com possibilidades de ocupações diversas, o que tem levado especuladores a valorizar o solo com vista para o rio, apontando suas qualidades estéticas e térmicas. Este fato vem aumentando o

percentual de áreas impermeáveis nesta margem, comprometendo ainda mais a drenagem dos deflúvios.

É na Av. Beira-Rio que crescem as implantações de grandes empreendimentos comerciais, como supermercado Casagrande, Ogil Hotel e obras de construção de novos arranha-céus, em um perímetro que já é totalmente comprometido com os extravasamentos do Rio Doce. Estas obras ocupam grandes áreas, e na maioria das vezes apresentam reduzida área permeável, reservando apenas o obrigatório pela lei, cerca de 10%. Observa-se, também, que a implantação desses projetos está condicionada à apresentação, e aprovação por comissão na prefeitura, do Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), sendo difícil conceber que seja concedida tal licença para implementação de obras num trecho de risco ambiental.

Embora as diretrizes do Estatuto das Cidades para a implementação do uso da terra sustentável, e os instrumentos para a regulação do solo urbano, sejam avançados, Colatina é mais um exemplo da carência de profissionais capacitados para estudar de modo integrado, e em nível de bacia hidrográfica, os efeitos da ação humana num ambiente tão peculiar como as margens do Doce. Por isso, com os objetivos traçados nesta pesquisa podemos, além de compreender o fenômeno, criar uma metodologia de análise de áreas inundáveis em ambientes urbanos. O que permite à gestão municipal uma diretriz para a tomada de decisões.

Destaca-se também que as legislações aqui referenciadas supriram a discussão acerca do objeto de estudo, mas outras podem contribuir para esta pesquisa, a exemplo do Código das Águas, da Política Nacional dos Recursos Hídricos, das Resoluções do Conama, do Estatuto das Cidades, entre outros.

Sendo assim, numa revisão do PDM deve-se pensar nestes aspectos da cidade, desde o histórico de ocupação das margens até os impactos das inundações, e o presente trabalho auxilia, com uma nova abordagem, na reformulação da legislação, fornecendo material cartográfico para subsidiar propostas de proteção ao curso do Doce, e conseqüentemente da população.

Por fim, deve-se destacar que o recorte está inserido num contexto maior, de uma bacia hidrográfica que se estende além dos limites de Colatina, ou do estado do Espírito Santo. Esta bacia compreende a Região Hidrográfica do Atlântico Leste, e está alocada também,

no estado de Minas Gerais, o que, portanto, torna as ações de controle das inundações mais complexas, tendo em vista as divergentes políticas territoriais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas - ANA. **Sinopse das Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul**. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/AtlanticoLeste.aspx>>. Acesso em: 14 de Junho de 2014.

ALBANI, V. **Trajatória do crescimento da cidade de Colatina**. 2012. 161f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

BENNACHIO, MARINELSON. **Cidade de Colatina, princesa do norte**. 2015. Disponível em: <<http://www.marinelson.com.br/colatina/>> Acesso em 05 de Fevereiro de 2015.

BRASIL. **Novo Código Florestal. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm) > - Acesso em: 24 de Maio de 2014.

BRASIL. **Estatuto das Cidades: guia para implantação pelos municípios e cidadãos. Lei 10.257 de julho de 2001**. Regulamenta os Artigos 182 e 183 da Constituição Federal, Estabelece Diretrizes Gerais da Política Urbana e dá Outras Providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/leis\\_2001/l10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm)>. Acesso em: 13 de Julho de 2014.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos: São Paulo, 2005.

CARNEIRO, P.R.F.; **Controle De Inundações Em Bacias Metropolitanas, Considerando A Integração Do Planejamento Do Uso Do Solo À Gestão Dos Recursos Hídricos. Estudo De Caso: Bacia Dos Rios Iguaçu/Sarapuí Na Região Metropolitana Do Rio De Janeiro**. 2008. 305f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa De Pós-Graduação De Engenharia Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CARNEIRO, P.R.F.; MIGUEZ, M.G. **Controle de inundações em bacias hidrográficas metropolitanas**. 1ª edição. São Paulo: Annablume, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Edição. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

COELHO, A. L. N. **Bacia Hidrográfica do Rio Doce (MG/ES): uma análise socioambiental integrada**. *Revista GeografarES*, Vitória – ES, nº 7, 2009. P 131-146.

\_\_\_\_\_. **Geomorfologia Fluvial de Rios Impactados por Barragens**, *Revista Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 9, n. 26 Jun/2008 p. 16 - 32

\_\_\_\_\_. **Situação Hídrico-Geomorfológica da Bacia Do Rio Doce com Base nos Dados da Série Histórica de Vazões da Estação de Colatina - ES**. *Caminhos da Geografia (UFU. Online)*, v. 6, p. 56-79, 2006.

\_\_\_\_\_. **Alterações Hidrogeomorfológicas no médio-baixo Rio Doce / ES.** 2007. 227f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós- Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

COELHO, M.C.N. **Impactos ambientais em áreas urbanas – Teorias, conceitos e métodos de pesquisa.** In: GUERRA e CUNHA (orgs.): Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 10ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

COLATINA. **Lei Municipal nº 4 227, de 12 de fevereiro de 1996.** Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano. Disponível em <<http://www.legislacaoonline.com.br/colatina/images/leis/html/L42271996.html>> - Acesso em 24 de Abril de 2014.

\_\_\_\_\_. **Lei Municipal nº 4.228, de 12 de fevereiro de 1996.** Dispõe sobre o Plano Diretor Municipal de Colatina, Revogada. Disponível em <<http://www.legislacaoonline.com.br/colatina/images/leis/html/L42281996.html>> - Acesso em 24 de Abril de 2014.

\_\_\_\_\_. **Lei Municipal nº 5.273, de 12 de Março de 2007.** Dispõe sobre o Plano Diretor Municipal de Colatina. Disponível em <<http://www.legislacaoonline.com.br/colatina/images/leis/html/L52732007.html>> - Acesso em 19 de Abril de 2014.

\_\_\_\_\_. **Imagem aérea da margem direita do Doce anterior a década de 1950 e posterior a década de 1990.** Dispõe sobre a ocupação na margem direita do Doce no centro de Colatina. Disponível em <[http://www.colatina.es.gov.br/noticias/mostrar\\_noticia.php?area=gabin&materia=1971](http://www.colatina.es.gov.br/noticias/mostrar_noticia.php?area=gabin&materia=1971)> - Acesso em 04 de Fevereiro de 2015.

\_\_\_\_\_. **Projeto de enrocamento da Av. Beira Rio de Colatina.** 2015. Disponível em <<http://www.colatina.es.gov.br/obras/?pagina=enrocamento>> - Acesso em 14 de setembro de 2014.

CUNHA, S.B. **Geomorfologia fluvial.** In: GUERRA e CUNHA (orgs.): Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 4ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

\_\_\_\_\_. **Canais Fluviais e a Questão Ambiental.** In: GUERRA e CUNHA (orgs.) A questão ambiental: diferentes abordagens. 8ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012a.

\_\_\_\_\_. **Rios Desnaturalizados.** In: BARBOSA e LIMONAD (orgs.): Ordenamento territorial e ambiental. 1ª Edição. Niterói: Editora da UFF, 2012b.

DALLAPICOLA, M. S. Q.; COELHO, A. L.N. **Transbordamento das águas do rio Doce na área urbana de Colatina / ES em dezembro de 2013.** Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/indexaut.htm#letraM>> Acesso em 18 de fevereiro de 2015.

DEFESA CIVIL DO TOCANTINS. **Esquema de representação das inundações e enchentes urbanas.** 2015. Disponível em <<http://defesacivil.to.gov.br/enchente/>> Acesso em 22 de Março de 2015.

ENCONTRA COLATINA. **Foto aérea de Colatina do Bairro Esplanada sentido a foz do rio Doce.** 2015. Disponível em < <http://www.encontracolatina.com.br/sobre-colatina/>> Acesso em 17 de fevereiro de 2015.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação.** São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2008a.

\_\_\_\_\_. **Cartografia Básica (nova edição).** São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2008b.

FOLHA VITORIA. **Prédio e quatro casas desabam em Colatina, Noroeste do Estado.** Vitória 24 de dezembro de 2013. < <http://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/2013/12/predio-e-quatro-casas-desabam-em-colatina-noroeste-do-estado.html> > - Acesso em: 25 de Maio de 2014.

GAZETA. G1 Espírito Santo, **imagens da enchente de Colatina em dezembro de 2013.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2013/12/sobe-para-40-mil-o-numero-pessoas-fora-de-casa-no-es-diz-defesa-civil.html>> Acesso em 16 de fevereiro de 2015.

GORSKI, M.C.B. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação.** 1ª Edição. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010.

GRAEFF, O.R. **Licenciamento Ambiental Urbano.** In: GUERRA (org.): Geomorfologia Urbana. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Cidades.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=320150&search=||infograficos:-informacoes-completas>>. Acesso em: 25 de Maio de 2014.

Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER. **Relatório do: Programa De Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER, 2011).** Disponível em <[www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Colatina.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Noroeste/Colatina.pdf)>. Acesso em: 24 de Maio de 2014.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA. **Ortofotos Espírito Santo do voo de 2007 a 2008.** Disponível em: < <http://189.84.218.229/aplicmap/geral.htm?5fc6ad50c096dbb2c3dc4bf3e379ae63#> > Acesso em 18 de fevereiro de 2015.

Instituto Jones dos Santos Neves – IJSN. **Plano Diretor de Contenção as Enchentes, Proteção as Encostas e Drenagem Pluvial de Colatina, de abril de 1982.** Disponível em <[http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20120801\\_ij00163\\_planodiretor\\_custo\\_mapa\\_v4.pdf](http://www.ijsn.es.gov.br/ConteudoDigital/20120801_ij00163_planodiretor_custo_mapa_v4.pdf) >. Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_. **Planos de Informação formato *shapefile*.** 2015. Disponível em <[http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3780&Itemid=330](http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=3780&Itemid=330) >. Acesso em: 26 de janeiro de 2015.

JAILSON MONTEIRO. **Imagens da inundação da Av. Beira Rio de Colatina em dezembro de 2013.** Disponível em <http://tecmixinfor.blogspot.com.br/2013/12/enchente-colatina.html>> Acesso em 17 de Fevereiro de 2015.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese. 2009.

MINISTERIO PUBLICO FEDERAL - MPF. **Ação Civil Pública, com pedido de Antecipação de Tutela - da obra de Enrocamento da Av. Beira Rio em Colatina/ES.2006**. Disponível em < [www.pres.mpf.mp.br/.../acp\\_riodoce\\_colatina.doc](http://www.pres.mpf.mp.br/.../acp_riodoce_colatina.doc) > Acesso em 14 de março de 2015.

NOSSA COLATINA. **Fatos Históricos. Culturais. Curiosidades. Informação. Variedades**. Disponível em < <https://www.facebook.com/nossacolatina> > Acesso em 29 de Janeiro de 2015.

NOSSA LINDA COLATINA. **Fotos históricas do centro de Colatina**. Disponível em <<https://www.facebook.com/NossaLindaColatina/photos>> Acesso em 29 de Janeiro de 2015.

Serviço Geológico do Brasil – CPRM. **Relatório Técnico do Período Crítico de Dezembro de 2013** (CPRM, 2014). Disponível em:<[http://www.cprm.gov.br/publique/media/relatorio\\_eventos\\_criticos\\_190314.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/relatorio_eventos_criticos_190314.pdf)>. Acesso em 16 de Setembro de 2014.

Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo - GEOBASES. **Downloads de planos de informação do estado, município, bairros, corpo d'água entre outros**. Disponível em <http://www.geobases.es.gov.br>. Acesso em: 07 de Setembro de 2014.

SITE BARRA. **Colatina debaixo d'água na maior enchente da história do município**. Colatina, 24 de dezembro de 2013. < <http://www.sitebarra.com.br/2013/12/colatina-debaixo-dagua-na-maior-enchente-da-historia-do-municipio.html> > - Acesso em: 25 de Maio de 2014.

TUCCI, C.E.M. Prefacio. *In*: GUERRA e CUNHA (orgs.): **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 10ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

UOL NOTÍCIAS. **Chuvas causam estragos em mais de dois terços dos municípios do Espírito Santo**. Vitória, 26 de dezembro de 2013. < <http://noticias.uol.com.br/album/2013/12/23/chuvas-causam-estragos-em-metade-dos-municipios-do-espírito-santo.htm#fotoNav=62> > – Acesso em: 31 de Maio de 2014.

USGS - Geological Survey / Serviço Geológico Americano. **Aquisição de imagens orbita digitais gratuitas do satélite LandSat-8**: datas de passagem 02/01/2014 e 22/03/2014. EUA. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov>> Acesso em 05 de setembro de 2014.