




**ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS PARA CONTROLE DE  
INUNDAÇÕES DO CENTRO HISTÓRICO DO MUNICÍPIO  
DE PETRÓPOLIS-RJ**

**RELATÓRIO 2.4 – Análise de Estudos Existentes**

EMIÇÃO INICIAL - 20/06/2022  
REVISÃO 0

	<b>RELATÓRIO DE ANÁLISE DOS ESTUDOS EXISTENTES</b>		Nº. <b>DRM-BPIP-PPP-CHP-0-CHD-S-RT2.4</b>		
	CLIENTE <b>INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE - INEA</b>				FOLHA <b>01/89</b>
	LOCAL <b>PETRÓPOLIS-RJ</b>				
<b>ESTUDO DE ALTERNATIVAS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS PARA CONTROLE DE INUNDAÇÕES DO CENTRO HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS-RJ</b>					
<b>ÍNDICE DE REVISÕES</b>					
<b>REV</b>	<b>DESCRIÇÃO E / OU FOLHAS REVISADAS</b>				
<b>0</b>	<b>Emissão Inicial</b>				
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>REVISÃO 00</b>	<b>REVISÃO 01</b>	<b>REVISÃO 02</b>	<b>REVISÃO 03</b>	<b>REVISÃO 04</b>
<b>DATA</b>	<b>20/06/2022</b>				
<b>EXECUÇÃO</b>	<b>COHIDRO</b>				
<b>VERIFICAÇÃO</b>	 <b>Luiz Borges Costa</b>				
<b>APROVAÇÃO</b>	 <b>Rodrigo F. Lou</b>				

## ÍNDICE

<b>1. APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES</b>	<b>2</b>
2.1. Considerações Gerais	2
2.2. Relação dos Principais Estudos	3
<b>3. ANÁLISE DOS PRINCIPAIS ESTUDOS EXISTENTES</b>	<b>8</b>
3.1. Considerações Gerais	8
3.2. Análise dos Principais Estudos Existentes	8
3.3. Análise dos Artigos Técnicos e Publicações de Jornais	58
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>75</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>77</b>

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 2-1 - PRINCIPAIS ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES DE RELEVÂNCIA PARA OS ESTUDOS .....	4
QUADRO 3-1 - PONTOS DE ALAGAMENTO E CASOS DE INUNDAÇÃO SEGUNDO LEVANTAMENTO EM JORNAIS.....	17
QUADRO 3-2 - RESULTADOS DE DD E DH DA BACIA DO RIO QUITANDINHA (A = 11,082 KM <sup>2</sup> )....	18
QUADRO 3-3 - TRANSBORDAMENTOS DO RIO QUITANDINHA E SISTEMAS METEOROLÓGICOS ATUANTES.....	28
QUADRO 3-4 - FREQUÊNCIA DOS SISTEMAS METEOROLÓGICOS OBSERVADOS NOS DIAS DE TRANSBORDAMENTOS .....	28
QUADRO 3-5 - TOMBAMENTOS FEDERAIS EM PETRÓPOLIS, ORGANIZADOS SEGUNDO O ANO DO TOMBAMENTO .....	36
QUADRO 3-6 - NÍVEL DE MUDANÇA DA COBERTURA VEGETAL.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3-1 - ARRANJO GERAL DA SOLUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO LAGO DO QUITANDINHA .....	9
FIGURA 3-2 - ARRANJO GERAL DA SOLUÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM EXTRAVASOR NO RIO QUITANDINHA .....	10
FIGURA 3-3 - SOLUÇÃO PROPOSTA PELO PROGRAMA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL PARA A RUA CORONEL VEIGA .	13
FIGURA 3-4 - MANCHA E INUNDAÇÃO DO RIO QUITANDINHA PARA TR=20 ANOS NA RUA CORONEL VEIGA - PROGRAMA ESTADUAL DE INVESTIMENTOS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL - RJ (1999).....	14
FIGURA 3-5 - MANCHA E INUNDAÇÃO DO RIO QUITANDINHA PARA TR=20 ANOS NO CENTRO HISTÓRICO .....	14
FIGURA 3-6 - ÁREA URBANA NA BACIA DO RIO QUITANDINHA, EM 1966 E 2008 E OS 15 LOCAIS MAIS CRÍTICOS PELAS INUNDAÇÕES. FONTE: DANIEL TABOADA PLÁCIDO E SANDRA BAPTISTA DA CUNHA / UFF .....	16
FIGURA 3-7 - EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS NA BACIA DO RIO QUITANDINHA ENTRE 1861 E 2008. ....	18
FIGURA 3-8 - ARRANJO GERAL DO TÚNEL EXTRAVASOR PROJETADO PELA RUA TREZE DE MAIO .....	22
FIGURA 3-9 - LOCAL SELECIONADO PARA A PRIMEIRA BACIA DE DETENÇÃO. ....	25
FIGURA 3-10 - LOCAL SELECIONADO PARA A SEGUNDA BACIA DE DETENÇÃO .....	25
FIGURA 3-11 - ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO DAS TRINCHEIRAS DE INFILTRAÇÃO (FONTE: FERNANDA CRISTINA GONÇALVES GONZALEZ).....	26
FIGURA 3-12 - MODELO DIGITAL DO TERRENO DA BACIA DO RIO QUITANDINHA PETRÓPOLIS-RJ - FONTE: LUCAS CESAR FIGUEIREDO.....	30
FIGURA 3-13 - USO DO SOLO EM 2013 NA DA BACIA DO RIO QUITANDINHA PETRÓPOLIS-RJ - FONTE: LUCAS CESAR FIGUEIREDO.....	31
FIGURA 3-14 - CAPTAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA DO RIO QUITANDINHA PETRÓPOLIS-RJ - FONTE: LUCAS CESAR FIGUEIREDO.....	31
FIGURA 3-15 - DADOS DE NÍVEL DO RIO QUITANDINHA (ESTAÇÃO CORONEL VEIGA) MEDIDOS ENTRE OS ANOS DE 2013 E 2014 - (FONTE: LUCAS CESAR FIGUEIREDO) .....	32
FIGURA 3-16 - CLASSES DE DECLIVIDADE E ORDEM DOS CURSOS DE ÁGUA PARA A BACIA DO RIO QUITANDINHA - (FONTE: LUCAS CESAR FIGUEIREDO).....	33
FIGURA 3-17 - CRONOLOGIA DOS TOMBAMENTOS NO CENTRO HISTÓRICO DE PETRÓPOLIS - (FONTE: RAÍSSA RANGEL DAMIANO) .....	37

FIGURA 3-18 - SOBREPOSIÇÃO DA ATUAL BASE CADASTRAL DA CIDADE COM OS PLANOS KÖELER E DE OTTO REIMARUS (FONTE: RAÍSSA RANGEL DAMIANO) .....	40
FIGURA 3-19 - SOBREPOSIÇÃO DOS TOMBAMENTOS ESTADUAL E FEDERAL-2019 - (FONTE: RAÍSSA RANGEL DAMIANO).....	43
FIGURA 3-20 - MAPA DA POLIGONAL DE ENTORNO DO CONJUNTO URBANO E PAISAGÍSTICO DO CENTRO HISTÓRICO. EM AMARELO, OS IMÓVEIS TOMBADOS E NAS DEMAIS CORES A ÁREA DE ENTORNO - (FONTE IPHAN 1996/RAÍSSA RANGEL DAMIANO) .....	45
FIGURA 3-21 - MAPA DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS RIOS TOMBADOS E SEUS ENTORNOS - (FONTE: RAÍSSA RANGEL DAMIANO) .....	50
FIGURA 3-22 - DIVISÃO DA BACIA DO RIO QUITANDINHA EM CÉLULAS DE ESCOAMENTO .....	52
FIGURA 3-23 - CALIBRAGEM DO MODELO UTILIZANDO OS DADOS PLUVIOMÉTRICOS E AS SEÇÕES DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DO INEA - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.) .....	53
FIGURA 3-24 - MANCHA DE INUNDAÇÃO OBTIDA PARA O TR DE 10 ANOS - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.).....	54
FIGURA 3-25 - MANCHA DE INUNDAÇÃO OBTIDA PARA O TR DE 10 ANOS DETALHE DO CENTRO HISTÓRICO - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.) .....	55
FIGURA 3-26 - MANCHA DE INUNDAÇÃO OBTIDA PARA O TR DE 25 ANOS - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.).....	56
FIGURA 3-27- MANCHA DE INUNDAÇÃO OBTIDA PARA O TR DE 25 ANOS DETALHE DO CENTRO HISTÓRICO - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.) .....	56
FIGURA 3-28 - MANCHA DE INUNDAÇÃO OBTIDA PARA O TR DE 50 ANOS - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.).....	57
FIGURA 3-29 - MANCHA DE INUNDAÇÃO OBTIDA PARA O TR DE 50 ANOS DETALHE DO CENTRO HISTÓRICO - (FONTE: ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL.) .....	58
FIGURA 3-30 - LAGO DO QUITANDINHA .....	59
FIGURA 3-31 - CROQUI ESQUEMÁTICO DAS SOLUÇÕES PROPOSTAS PELO ENG. CLAUDIO TAVES JR. ....	60
FIGURA 3-32 - CROQUI ESQUEMÁTICO DE PARTE DA SOLUÇÃO PROPOSTA .....	61
FIGURA 3-33 - CROQUI ESQUEMÁTICO DA CONTINUAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA (FONTE: ADAPTADO DE PEDRO HENRIQUE DE LIMA E SILVA).....	63
FIGURA 3-34 - RIO QUITANDINHA - TRECHO ÀS MARGENS DA RUA WASHINGTON LUIZ .....	65
FIGURA 3-35 - RIO QUITANDINHA - TRECHO PRÓXIMO À RUA CORONEL VEIGA .....	66

FIGURA 3-36 - RIO QUITANDINHA, TRECHO PRÓXIMO À RUA WASHINGTON LUIZ, NAS PROXIMIDADES DA FÁBRICA SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA - FOTO: MANOEL DO COUTO FERNANDES .....	68
FIGURA 3-37 - RIO PALATINO TRECHO PRÓXIMO À RUA TEREZA.....	69
FIGURA 3-38 - RIO PIABANHA TRECHO PRÓXIMO À RUA BINGEN.....	70
FIGURA 3-39 - RIO PALATINO, TRECHO PRÓXIMO À RUA TERESA - FOTO: MANOEL DO COUTO FERNANDES .....	71
FIGURA 3-40 - TRECHO DO RIO PIABANHA PRÓXIMO A RUA BINGEN - FOTO: MANOEL DO COUTO FERNANDES .....	72

## 1. APRESENTAÇÃO

O presente documento intitulado Relatório de Análise dos Estudos Existentes (RT-2.4), tem por objetivo apresentar uma compilação e análise dos Estudos Existentes que potencialmente podem subsidiar tecnicamente os estudos e projetos referentes ao Contrato INEA nº 24/2019 firmado entre o Governo do Estado do Rio de Janeiro, por meio da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade - SEAS e do Instituto Estadual do Ambiente - INEA e a COHIDRO Consultoria, Estudos e Projetos Ltda. com vistas à elaboração dos *“ESTUDOS DE ALTERNATIVAS E ELABORAÇÃO DE PROJETOS BÁSICOS E EXECUTIVOS PARA CONTROLE DE INUNDAÇÕES DO CENTRO HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS - RJ”*, cuja ordem de início é datada de 23/08/2021.

O escopo dos serviços do edital concernente a CN 01/2017, pelo nosso entendimento, objetiva a proposição de uma solução abrangente que enxergue o problema das enchentes no Centro Histórico de Petrópolis de forma integrada, buscando o ponto de equilíbrio ideal entre as concepções com melhor performance hidráulica e menores custos, viabilizando efetivamente a implantação das obras e intervenções propostas mitigando e resolvendo os problemas decorrentes das intervenções tanto para montante, quanto para jusante, das mesmas.



## 2. RELAÇÃO DOS PRINCIPAIS ESTUDOS E PROJETOS EXISTENTES

### 2.1. Considerações Gerais

As inundações na Cidade de Petrópolis, em particular no Centro Histórico, datam da época do Império afetando diretamente a população, ocasionando perdas de vidas e enormes prejuízos, além de severos danos ambientais, no entanto, com a crescente ocupação desordenada das encostas gradativamente vem ocorrendo um agravamento dos efeitos desses eventos meteorológicos.

A vulnerabilidade da população, que convive com os riscos socioambientais em Petrópolis, é traduzida normalmente pela imprensa e pelos discursos políticos como vinculada à negligência do poder público frente ao próprio risco e suas consequências mais imediata, ou seja, tragédias recorrentes com mortes e desabrigados.

Por essa ótica, poder-se-ia afirmar que há, no município, dois problemas de magnitudes diferenciadas. As pequenas inundações dos diversos afluentes do rio Piabanha, que nem sempre atingem o centro histórico e as grandes inundações, com o alagamento do Centro Histórico e movimentos de massa nas áreas de risco. A recente tragédia de 2022 se encaixa plenamente na segunda tipificação acima descrita.

Apesar do desastre de 2011, de certa forma, ter impulsionado a elaboração do Plano Municipal de Habitações de Interesse Social, publicado em 2013, o panorama atual mostra que o Município de Petrópolis apresenta um déficit habitacional, somente para a população em área de risco, estimado em mais de 15.000 UH's (unidades habitacionais), o que de certa forma, inviabiliza qualquer política intervencionista que não trate prioritariamente da questão habitacional, sobretudo, para os moradores dessas áreas.

Após a enchente ocorrida no início de 1988 que deixou um saldo de 171 mortos e mais de 3.000 desabrigados, diversos estudos foram desenvolvidos com intuito de responder basicamente quais as causas principais e as medidas mais apropriadas a serem tomadas para mitigar os efeitos dos eventos chuvosos de alta magnitude no município de Petrópolis.

Os estudos mais recentes da relação causa e efeito das tragédias decorrentes das enchentes em Petrópolis estão relacionados mais diretamente aos eventos catastróficos de 1988 e de 2011, uma vez que a tragédia de 2022 é muito recente e será preciso mais tempo para que se desenvolvam estudos mais consistentes sobre esse evento.

Diferentes documentos oficiais sobre a análise dos acontecimentos dos eventos de 1988 e de 2011 revelam um incômodo consenso sobre os fatores determinantes dos desastres: primeiro, os próprios eventos meteorológicos, associado às características geoambientais da região. Segundo um conjunto de problemas ligados ao ordenamento territorial, como a política dos usos de solos e o crescimento urbano descontrolado, sobretudo nas encostas íngremes do distrito sede. E, terceiro, a falta de planos de prevenção e emergência locais. Todos esses fatores, em conjunto, teriam criado ambientes de difícil gestão para os episódios de 1988, de 2011 e também para o de 2022.

Existem disponíveis vários estudos, teses e artigos, que tratam dos efeitos das cheias e enchentes em Petrópolis e mais particularmente das cheias do rio Quitandinha, sobretudo, quanto aos efeitos na região adjacente a rua Coronel Veiga que consiste em uma via altamente utilizada pela cidade e que tem a função de ligar cerca de cinco bairros ao centro de Petrópolis, além de constituir a via de acesso à saída da cidade pela BR-040, principal acesso à cidade do Rio de Janeiro e que segue até Brasília .

Os estudos existentes para a bacia do Quitandinha, normalmente tratam dos efeitos das cheias desse rio na rua Coronel Veiga e no Centro Histórico de Petrópolis. O que é interessante de se ressaltar é que a maior parte dos estudos abordam o problema das cheias do Quitandinha e seu efeitos nestes dois locais como um problema único e que ocorre de maneira conjugada na presença de um evento pluviométrico expressivo. Na realidade, dependendo da intensidade do evento natural, o próprio extravasamento do rio Quitandinha na região da rua Coronel Veiga contribui para a atenuação dos efeitos da cheia no Centro Histórico proporcionando um retardamento da onda de cheia e seu consequente amortecimento.

## 2.2. Relação dos Principais Estudos

A Consultora procedeu a um levantamento dos principais Estudos e Projetos existentes de relevância para os estudos que serão desenvolvidos. Muitos desses estudos se referem a Bacia do Rio Piabanha que consiste no principal rio que drena o município de Petrópolis, cuja bacia hidrográfica abrange os rios Quitandinha, Palatino e Itamarati, que são os rios diretamente estudados para fins de intervenções objetivando a mitigação das cheias do Centro Histórico de Petrópolis.

Os diversos estudos e Projetos em ordem cronológica de sua elaboração são apresentados no **Quadro 2-1**.

**Quadro 2-1 - Principais Estudos e Projetos Existentes de Relevância para os Estudos**

Nº	ANO	NOME DO DOCUMENTO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TIPO DE DOCUMENTO
1	1990 - 1991	Estudos de Controle de Enchentes do Rio Quitandinha - Noronha Engenharia S.A	Noronha Engenharia / Prefeitura Municipal de Petrópolis	Relatório Técnico
2	1995	Programa de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul	COPPETEC - COPPE - UFRJ	Relatório Técnico
3	1999	PS-RE-71-R0 - Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. Projeto Básico de Drenagem Urbana - Município de Petrópolis - Rio Quitandinha. Volume 1 - Texto e Desenhos e Volume 2 - Esp. Técnicas	COPPETEC - COPPE - UFRJ	Relatório Técnico
4	2005	Análise da Paisagem e Identificação de Áreas Suscetíveis a Movimentos de Massa na APA Petrópolis - RJ: Subsídio ao Planejamento Urbano	Alessandra Carreiro Baptista - Universidade Federal de Viçosa - UFV	Dissertação de Mestrado
5	2006	Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo - Anexo 4 do Relatório Contratual R-10 - Caderno de Ações Área de Atuação do Piabanha	AGEVAP / Fundação COPPETEC	Relatório Técnico
6	2007	Apoio Cartográfico a Estudos Hidrológicos Utilizando Ferramentas de Geoprocessamento	Daniel Medeiros Moreira, Ligia Maria N. de Araújo & Ivete Souza de Almeida	Artigo - XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos Cidade: São Paulo
7	2007	Estudos Integrados de Bacias Experimentais, Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piabanha.	Ligia Maria N. de Araújo, Amanda Moraes, Mariana D.V. Boas Et. Al.	Artigo XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos Cidade: São Paulo
8	2007	Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis-RJ	Ministério do Meio Ambiente	Relatório Técnico
9	2007 - 2010	Atualização do Plano Elaborado (2002-2006) - Plano da Bacia do Rio Paraíba do Sul (2007-2010) - Novos Cadernos de Ações - Caderno 4 - Comitê Piabanha.	COPPETEC-ANA	Plano-Relatórios-Cadernos
10	2008	Análise do Desempenho dos Modelos Hidrológicos SMAP E TOPMODEL na Bacia Experimental do Rio Piabanha.	Rodrigo Costa Gonçalves; Daniel Medeiros Moreira, Otto Corrêa Rotunno Filho e Adilson Elias Xavier/UFRJ-COPPE	Artigo, Evento: II Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste
11	2008	Modelagem Hidrológica do Tipo Chuva - Vazão Via SMAP E TOPMODEL - Estudo de Caso: Bacia do Rio Piabanha.	Rodrigo Costa Gonçalves. Orientador: Otto Corrêa Rotunno Filho /UFRJ-COPPE	Dissertação de Mestrado
12	2008	Modelagem Hidrológica Dinâmica Distribuída para Estimativa do Escoamento Superficial em uma Micro-Bacia Urbana. Petrópolis	Leonardo Marini Pereira. Orientador: Drs. Camilo Daleles Renno e Leila Maria Garcia Fonseca/ INPE - São José dos Campos	Dissertação de Mestrado
13	2009	Estudos para um Diagnóstico Qualiquantitativo em Bacias Experimentais - Estudo de Caso Bacia do Rio Piabanha	Amanda Moraes, Mariana Dias Villas-Boas, Anderson Oliveira Bastos, Achiles Eduardo Guerra de Castro Monteiro, Ligia Maria Nascimento de Araújo/CPRM.	Artigo - II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Nº	ANO	NOME DO DOCUMENTO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TIPO DE DOCUMENTO
14	2009	Criação de um Sistema de Previsão e Alerta de Riscos a Deslizamentos e Enchentes, Visando Minimizar os Impactos Socioambientais no Bairro Quitandinha, Bacia do Rio Piabanha (Afluente do Rio Paraíba do Sul), Município de Petrópolis-RJ.	<b>Antônio José Teixeira Guerra</b> , Marcos Barreto de Mendonça, Patrícia Batista Melo Lopes, Fabio da Silva Lima, Maria do Carmo Oliveira Jorge e Bruno da Rocha Mendes / UFRJ	Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul-IPABHi.
15	2010	Projeto EIBEX-1 - Estudos Integrados de Bacias Experimentais - Parametrização Hidrológica na Gestão de Recursos Hídricos das Bacias da Região Serrana do Rio De Janeiro. Bacia do Rio Piabanha	COPPETEC - COPPE - UFRJ - Colaboração: IGEO-UFRJ- UERJ-CPRM-SERLA (INEA)	Relatório Técnico Parcial 2
16	2010	Modelagem Hidrológica Chuva - Vazão e Hidrodinâmica Aplicada na Bacia Experimental do Rio Piabanha.	Rodrigo Furtado Lou. Orientadores: Otto Corrêa Rotunno Filho, Marcelo Gomes Miguez/ UFRJ-COPPE	Dissertação de Mestrado
17	2010	Modificações na Hidrologia dos Solos em Resposta as Alterações de Uso e Cobertura na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Região Serrana do Rio de Janeiro.	Sarah Lawall. Nelson Ferreira Fernandes (orientador) / IGEO-UFRJ	Dissertação de Mestrado
18	2010	Enchentes na Bacia do Rio Quitandinha (Petrópolis, RJ): 1966 a 2010	Daniel Taboada Placido e Sandra Baptista da Cunha / UFF	Artigo - VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia
19	2011	Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro e a Expansão dos Riscos Ambientais, Ações Preventivas e Catástrofes: O Caso de Petrópolis	Viviane Espírito Santo Rodrigues / UERJ	Dissertação de Mestrado
20	2011	Validação e Recalibração da Modelagem Hidrológica Via TOPMODEL na Bacia Pedro do Rio - Rio Piabanha.	Rodrigo Gonçalves, Lude Quieto Viana, Otto Corrêa Rotunno Filho/UFRJ-COPPE	Artigo - XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos Maceió-Alagoas
21	2011	Tragédia Climática e Ambiental na Região Serrana Em 2011	Ernani C. Cavalcante Filho et al. / INEA-RJ	Artigo - XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
22	2011	Chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro; Sugestões para Ações de Engenharia e Planejamento	CANEDO, P.; EHRlich, M.; LACERDA, W. A. / COPPE/UFRJ	Artigo - XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
23	2011	Obras Emergenciais de Controle de Inundações e Recuperação Ambiental dos Cursos D'Água do Centro Histórico de Petrópolis.	CANEDO, P/ COPPE/UFRJ	Relatório Técnico
24	2012	Relatório de Situação Região Hidrográfica do Rio Piabanha.	AGEVAP	Relatório AGEVAP.
25	2012	Risco Ambiental de Enchentes nos Rios Formadores da Bacia do Rio Piabanha (Região Serrana Fluminense)	Luiz Henrique Alves da Silva et al. / Universidade Gama Filho	Artigo - Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ
26	2013	Mapeamento de Cobertura e Uso da Terra Utilizando a Análise Baseada em Objeto: Estudo de Caso da Bacia do Rio Piabanha, Região Serrana do RJ, Escala 1:25.000	Luana Santos do Rosário, Carla Bernadete Madureira Cruz, Ana Carolina de Almeida Tavares, Máira Vieira Zani, Thiago Silva da Conceição e Otto Corrêa Rotunno Filho / UFRJ-COPPE.	Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR - INPE

Nº	ANO	NOME DO DOCUMENTO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TIPO DE DOCUMENTO
27	2013	Evolução Temporal do NDVI na Bacia do Rio Piabanha/RJ	Alline Gomes Lamenha e Silva, Rodrigo Sondermann Muniz e Otto Corrêa Rotunno Filho / Programa de Engenharia Civil - COPPE, UFRJ	Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR-INPE
28	2013	Metodologia para Determinação das Áreas de Preservação Permanente das Margens de Cursos D'água: Um Estudo de Caso na Bacia do Rio Piabanha	Mauro Medeiros de Carvalho Junior / Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, UFRJ	Dissertação de Mestrado
29	2014	Projeto de Drenagem Sustentável para Mitigação de Cheias na Bacia do Rio Quitandinha, em Petrópolis-RJ	Fernanda Cristina Gonçalves Gonzalez / UFRJ	Trabalho de Conclusão de Curso
30	2014	Plano Municipal de Saneamento Básico de Petrópolis-RJ.	Prefeitura Municipal de Petrópolis	Relatório Técnico
31	2014	Aplicação do Modelo Hidrológico de Grandes Bacias (MGB) em uma Bacia de Médio Porte: Estudo de Caso Bacia do Rio Piabanha	Luiz Claudio Fintelman / Centro Universitário Geraldo di Biase Fundação Educacional Rosemar Pimentel Instituto de Ciências Exatas e da Terra, e Engenharias	Trabalho de Conclusão de Curso
32	2014	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - Volume 2 - Ocorrências de Desastres Naturais entre 2000 e 2012 por Região Hidrográfica.	COPPETEC - COPPE - UFRJ	Relatório Técnico
33	2015	Petrópolis - Um Histórico de Desastres Sem Solução? Do Plano Köeller ao Programa Cidades Resilientes.	Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes Assumpção / FIOCRUZ	Dissertação de Doutorado
34	2016	Identificação de Padrões Hidrológicos de Precipitação e de Umidade do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha/RJ	Lígia Maria Nascimento de Araújo/ Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, UFRJ	Dissertação de Doutorado
35	2016	Avaliação de Escala de Monitoramento e do Comportamento Hidrológico na Bacia do Rio Piabanha/RJ	Claudia Daza Andrade / COPPE, UFRJ	Dissertação de Doutorado
36	2016	Atlas Pluviométrico do Brasil-Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação - Equações Intensidade-Duração-Frequência-Petrópolis-RJ.	CPRM	Relatório Técnico
37	2017	Análise de Sistemas Meteorológicos Associados a Eventos de Transbordamento do Rio Quitandinha-Petrópolis-RJ.	Lucas Cesar Figueiredo Hoepfner de Almeida / COPPE, UFRJ	Artigo - 69ª Reunião Anual da SBPC
38	2017	Simulação Hidrodinâmica na Gestão do Risco à Inundações: Estudo de Caso da Bacia do Rio Piabanha, em Petrópolis - RJ	Leonardo Tristão Chargel et al. / INEA-RJ	Artigo - XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos
39	2017	Probabilidade de Ocorrência de Movimentos de Massa em Função da Pluviometria na Bacia do Rio Quitandinha - Petrópolis, RJ	Fernanda Cristina Gonçalves Gonzalez / UFRJ	Dissertação de Mestrado
40	2019	Previsão de Tempestades Severas e de Transbordamentos no Rio Quitandinha – Petrópolis-RJ	Fabricio Polifke da Silva / COPPE, UFRJ	Dissertação de Doutorado
41	2019	Análise da Dinâmica de Ocupação do Município de Petrópolis-RJ e Suas Implicações na Formação de Espaços de Risco	Luís Henrique Alves da Silva / UERJ	Dissertação de Mestrado
42	2019	Atlas da Região IV - Piabanha	AGEVAP	Relatório Técnico

Nº	ANO	NOME DO DOCUMENTO	AUTOR / INSTITUIÇÃO	TIPO DE DOCUMENTO
43	2020	Possibilidades e Limites da Gestão Compartilhada do Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis-RJ.	Raíssa Rangel Damiano / IPHAN	Dissertação de Mestrado
44	2020	Estudo da Relação entre Precipitação e Deslizamentos no Município de Petrópolis-RJ.	Giselle Petrungaro Torres e Luiz Felipe Rodrigues do Carmo / UFRJ	Artigo Revista S&G
45	2020	Complementação e Finalização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - PIRH-PS e Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Afluentes- Produto Final 02: Diagnóstico e Prognóstico da Região Hidrográfica do Rio Piabanha e Sub-Bacias Hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto	AGEVAP	Relatório Técnico
46	2021	Complementação e Finalização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - PIRH-PS e Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Afluentes-Produto Final 05: Plano de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Piabanha e Sub-Bacia Hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto.	AGEVAP	Relatório Técnico
47	2021	Plano de Contingência Contra Inundações - Município de Petrópolis-RJ.	Defesa Civil de Petrópolis-RJ	Relatório Técnico
48	2021	Análise de Mancha de Alagamento no Centro Urbano do Município de Petrópolis/RJ, utilizando o Modelo Modcel	Ana Costa Marques Machado et al.	Artigo - XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos



### 3. ANÁLISE DOS PRINCIPAIS ESTUDOS EXISTENTES

#### 3.1. Considerações Gerais

Os diversos estudos desenvolvidos, sobretudo, após a tragédia de 1988 buscam responder basicamente qual a causa principal daquela ocorrência de tão grandes proporções, mas via de regra, não apresentam soluções concretas e consistentes para a solução das enchentes.

Tendo em vista o processo acentuado de expansão urbana sobre as encostas cada vez mais perigosas, onde se conjugam as dificuldades impostas pela alta declividade dos terrenos, a sua instabilidade e as formas inadequadas de parcelamento e edificação, muitos dos estudos analisados são estudos geotécnicos que correlacionam o fenômeno de deslizamento das encostas com os episódios de chuvas excepcionais.

Também vale o registro que a maior parte dos estudos apresentam conceitos e ideias com soluções de engenharia, contudo, sem apresentar um estudo aprofundado das soluções propostas e seus efeitos previstos com vistas à mitigação das enchentes recorrentes.

No relatório de 2002 intitulado Plano de Recursos Hídricos para a Fase Inicial da Cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul - Diagnóstico da Situação Atual dos Recursos Hídricos a Fundação Coppetec já registrava as inúmeras soluções então ventiladas, porém nunca desenvolvidas, para o problema como mostra o texto extraído do referente relatório: *“Relativamente ao rio Quitandinha, diferentes possibilidades de intervenção em sua bacia foram ventiladas ao longo dos anos, tais como, o redimensionamento da seção atual do rio para atender às vazões de cheia; a construção de túnel extravasor para desvio de uma parcela de suas águas para a vertente da baía de Guanabara; o aumento da capacidade do lago do Hotel Quitandinha para amortecimento das cheias e uma galeria auxiliar pela rua Treze de Maio para reduzir a vazão pelo trecho final do canal do Centro. Todas as modalidades de intervenção mencionadas visam resolver o problema das inundações do rio Quitandinha como um todo, ou seja, aquelas que ocorrem ao longo da rua Coronel Veiga, principal via de entrada/saída da cidade, e na região do centro da cidade, nos trechos da Av. do Imperador e do canal do Centro até a confluência com o Piabanha.”*

#### 3.2. Análise dos Principais Estudos Existentes

Na sequência são apresentados e comentados os principais estudos existentes por ordem cronológica de sua elaboração.

### 3.2.1. Estudos de Controle de Enchentes do Rio Quitandinha - Noronha Engenharia S.A - 1990-1991 (Referência 1)

A Consultora Noronha Engenharia S.A. elaborou na década de 90, no âmbito do Projeto de Reconstrução Rio, para a Prefeitura Municipal de Petrópolis, com recursos do BIRD, CEF e Governo do Estado do Rio de Janeiro, os estudos de controle de enchentes do rio Quitandinha, analisando a viabilidade de utilização do lago do Hotel Quitandinha como estrutura de amortecimento das cheias que ocorrem no rio Quitandinha ao longo da rua Coronel Veiga. Além disso, foi estudada a implantação de uma galeria extravasora com início na Coronel Veiga nas proximidades da rua Olavo Bilac desviando as águas do rio Quitandinha para a vertente da Baía de Guanabara.

#### **Análise do Estudo**

A dragagem e a consequente utilização do lago do Hotel Quitandinha, certamente aumentaria o volume disponível para amortecimento da cheia do rio Quitandinha, o que traria sensível contribuição para mitigar as cheias do rio Quitandinha com reflexo direto nas cheias do centro histórico. Essa concepção, no entanto, tem como ponto negativo o acúmulo de águas servidas, esgotos domésticos e materiais sólidos trazidos pelas águas pluviais de montante, degradando a qualidade da água do lago e acelerando o processo de assoreamento e proporcionando maiores condições para a eutrofização do lago.



**Figura 3-1 - Arranjo Geral da Solução da Utilização do Lago do Quitandinha**



A outra hipótese que integra esse estudo de se construir um túnel extravasor para desviar o excesso de vazão do rio Quitandinha para a vertente da Baía de Guanabara foi descartada posteriormente, uma vez que acarretaria problemas a jusante desses cursos, sobrecarregando esses córregos e criando sérios problemas ambientais. Em particular ao rio Inhomirim-Estrela que receberia grande parte dos esgotos domésticos e industriais do Quitandinha.



**Figura 3-2 - Arranjo Geral da Solução da Implantação de um Extravasor no Rio Quitandinha**

### *3.2.2. Programa de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul - 1995 (Referência 2)*

Em fins de 1995 o Governo Federal elaborou alguns estudos na Região Hidrográfica do Piabanha (RH IV), no âmbito do Programa de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na bacia do rio Paraíba do Sul, desenvolvido pela Secretaria Estadual do Ambiente, com apoio do MPO/SEPURB/PQA-ABC-PNUD-UFRJ/COPPE e Financiamento do BIRD. Os estudos então realizados objetivavam, principalmente a recuperação da qualidade ambiental da bacia do Paraíba do Sul na qual está inserido o rio Piabanha, através de um conjunto de intervenções físicas prioritárias definidas em nível de anteprojeto e análise de custo x benefício.

No estudo a bacia fluminense do rio Paraíba do Sul foi subdividida em três sub-regiões - A, B e C - com características geográficas, socioeconômicas e ambientais, distintas, sendo a

região B de nosso interesse, pois é onde se insere o município de Petrópolis. O enquadramento do escopo dos serviços licitados naquele estudo se dá no componente "Enchentes e Drenagem Urbana", do programa de investimentos da sub-região B.

O estudo realizado apresentou um diagnóstico e soluções para as bacias estudadas no município de Petrópolis. Além do diagnóstico o estudo apresentou um programa de investimentos propriamente dito, no que tange aos anteprojetos das intervenções formuladas para cada curso d'água, e aos custos envolvidos na realização dessas obras, definindo como prioritário, neste mister, o estudo da bacia dos rios Piabanha e principalmente dos rios Quitandinha e Palatino que concorrem diretamente para as cheias no Centro Histórico e regiões anexas ao Centro de Petrópolis.

Para a elaboração dos diagnósticos e anteprojetos de meso e macrodrenagem das sub-bacias priorizadas pelo programa de investimentos, que atravessam a área urbana dos municípios, coletou-se dados e informações das mais diversas existentes na ocasião. Relativamente a dados de fluviometria constatou-se, desde o início, a inexistência de registros sobre níveis e vazões que viessem a subsidiar as análises. A Cartografia existente eram cartas de 1:100.000 e em alguns locais Cartas 1:50.000, o que não oferecia muita precisão nos estudos.

Os estudos realizados constataram que os municípios que compõem a sub-região B apresentam, de uma maneira geral, problemas de inundações em suas áreas urbanas. Via de regra, as redes de macro e mesodrenagem desses municípios vêm acumulando problemas ao longo dos anos, encontrando-se em estado de degradação avançado. Assim, concluiu-se que, dentre os principais problemas observados, responsáveis pelo mau desempenho hidráulicos dos cursos na ocorrência de cheias foram os seguintes:

- A invasão da calha principal dos cursos d'água pelas construções ribeirinhas, restringindo a seção de escoamento.
- A necessidade evidente de dragagem que alguns trechos dos cursos d'água apresentam em decorrência da intensa carga de sedimentos transportada, carga essa substancialmente incrementada pelo lixo domiciliar e entulhos de construções que diariamente são despejados, acelerando o processo de assoreamento.
- O represamento das águas devido à insuficiência de seção das travessias sob ruas.
- A insuficiência da seção de escoamento dos cursos d'água, gerada pelo incremento das vazões de cheia, por sua vez, decorrente da expansão dos bairros e impermeabilização das bacias.

## **Análise do Estudo**

As intervenções então preconizadas nos estudos para o rio Quitandinha esbarraram em problemas construtivos, como a necessidade de terraplenagem em profundidades elevadas em solo franco rochoso e de execução complicada, face à existência de um grande número de construções situadas muito próximas a calha do rio, o que demandaria grandes escoramentos e proteções especiais de taludes e construções.

No caso específico da rua Coronel Veiga que é a principal artéria de entrada e saída da cidade, sentido Rio de Janeiro. O trecho diagnosticado como crítico pelo estudo perfaz cerca de 1,5 km, desde a rua Marquês do Paraná até o local designado como Duas Pontes, ponto de confluência do Quitandinha com seu contribuinte da margem direita o rio Aureliano. Neste trecho há um estrangulamento da seção do rio, quase que totalmente escavado em rocha, apresentando ainda considerável elevação topográfica, que concorre para a formação do remanso e conseqüentemente inundação generalizada, já tendo alcançado 2,0 m acima do greide da via urbana.

A solução prevista no estudo era a construção de uma Galeria sob a Coronel Veiga com cerca de 5,0 x 2,5 m de seção, em média, com capacidade para escoar as cheias com TR de até 20 anos.

A avaliação dessa intervenção indica que ela, embora de difícil implantação em função da importância da rua para a mobilidade da cidade, possivelmente resolveria o problema local de extravasamento da calha nas cheias recorrentes na rua Coronel Veiga, no entanto, agravaria as enchentes no Centro Histórico de Petrópolis uma vez que diminuiria o tempo de concentração das cheias.





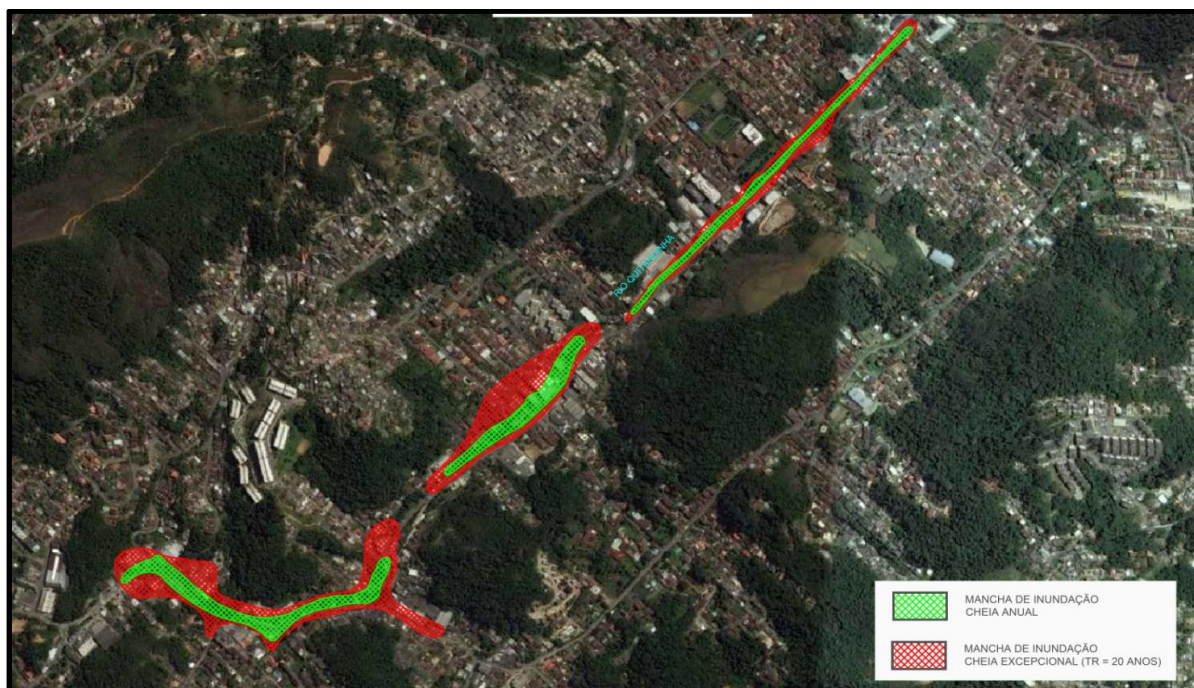
**Figura 3-3 - Solução Proposta pelo Programa de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul para a Rua Coronel Veiga**

*3.2.3. Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul -RJ - Sub-Região B - Enchentes e Drenagem Urbana -1999 (Referência 3)*

O levantamento sobre o tema referente às possíveis soluções para a mitigação dos efeitos das chuvas excepcionais sobre o Município de Petrópolis (1999) foi desenvolvido pela Fundação COPPETEC, através do Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente da COPPE/UFRJ que desenvolveu para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) o Plano Diretor de Gestão dos Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

A **Figura 3-4** e a **Figura 3-5** apresentam as manchas de inundação definidas pelo estudo da COPPETEC de 1999.





**Figura 3-4 - Mancha e Inundação do Rio Quitandinha para TR=20 Anos na Rua Coronel Veiga  
- Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ (1999)**



**Figura 3-5 - Mancha e Inundação do Rio Quitandinha para TR=20 Anos no Centro Histórico  
- Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ (1999)**

## **Análise do Estudo**

Esse estudo foi um dos primeiros a apresentar resultados de modelagens hidrodinâmicas com manchas de inundação para o rio Quitandinha cujos resultados ofereceram na ocasião, uma avaliação inicial do porte das áreas inundadas para uma cheia de 20 anos na região da rua Coronel Veiga e no Centro Histórico de Petrópolis, sem, contudo, apresentar soluções concretas para a resolução do problema.

### *3.2.4. Enchentes na Bacia do Rio Quitandinha (Petrópolis, RJ): 1966 a 2010 - Daniel Taboada Plácido e Sandra Baptista da Cunha / UFF (Referência 18)*

O trabalho trata das enchentes na Bacia do Rio Quitandinha em Petrópolis-RJ, no período de 1966 - 2010 tendo como objetivo principal avaliar a contribuição da urbanização na bacia no que diz respeito ao problema das inundações. Além disso, buscou desenvolver uma análise espacial do comportamento das inundações na cidade entre 1966 e 2010 e a avaliação dos parâmetros da drenagem que se relacionam às inundações, para através do trabalho, contribuir à gestão municipal.

O trabalho apresenta uma avaliação do crescimento espacial da urbanização em Petrópolis de 1966 a 2008 mostrando em 2008 a evidente a expansão da mancha urbana (que segundo o trabalho ocupava 50% da bacia em 2008) como também a ocupação das áreas de nascentes dos córregos.

A rede de drenagem foi dividida em três setores usando como critérios a distribuição espacial dos mesmos conforme apresentado na sequência.

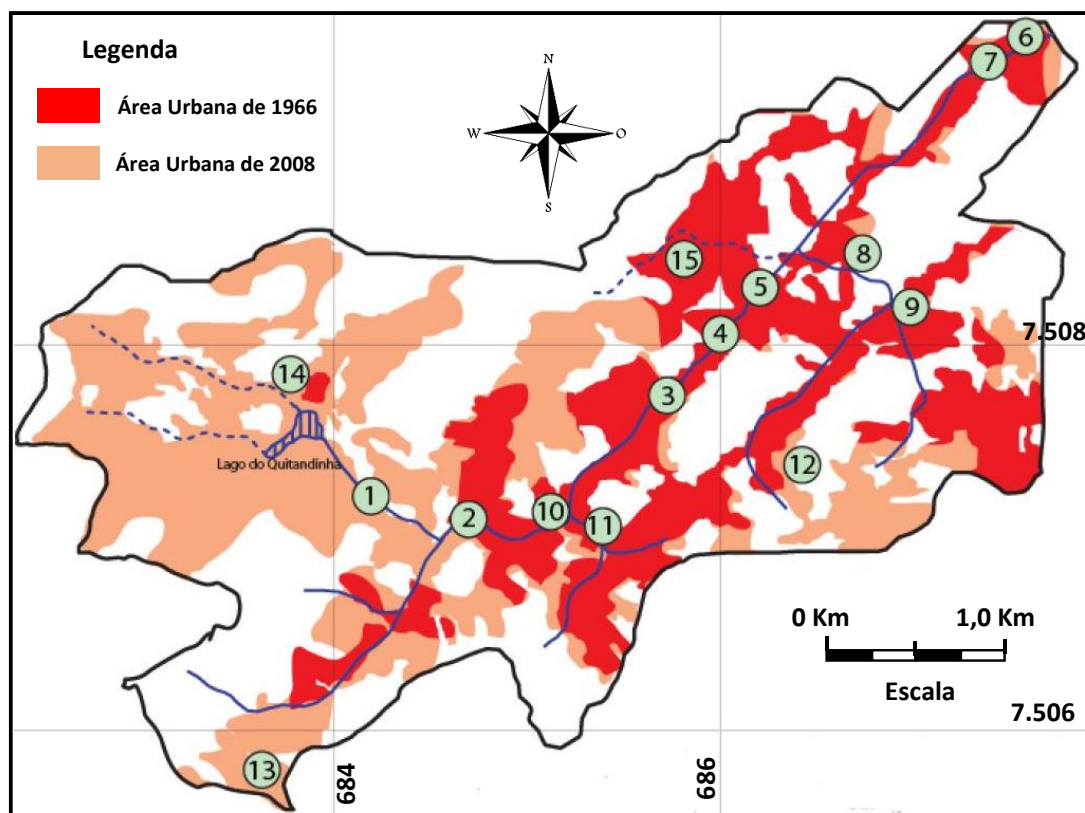
**Setor I** - A área compreende o canal principal, com os pontos próximos a Rua Afrânio Melo Franco, Rua Dr. Thouzet, concessionária Volkswagen, Instituto Teológico de Petrópolis e Companhia de Desenvolvimento de Petrópolis (COMDEP), (pontos 1, 2, 3, 4 e 5). Segundo o estudo, o levantamento das inundações realizado pelos registros nos jornais mostrou para o Setor I a pior situação em relação às inundações.

**Setor II** - A área compreende os afluentes e o baixo curso do rio principal (Quitandinha). No afluente Aureliano destacam-se: a Praça Pasteur e a Rua Saldanha Marinho (pontos 8 e 9), que vêm sofrendo com o transbordamento das águas nos últimos anos em períodos de chuva forte. A ocupação densa é o motivo mais relevante para o problema das inundações. Nos 44 anos de levantamento observou-se 13 eventos onde o rio transbordou (13,54% do total).



**Setor III** - A área desse setor compreende as localidades de Chácara Flora, Valparaíso, Independência e Rua Getúlio Vargas (pontos 12, 13, 14, 15). O levantamento dos dados coletados nos jornais mostrou que no Setor III ocorreu menos eventos de alagamentos. O motivo segundo os estudos se dá a partir da canalização dos pequenos córregos ou mesmo a perda da rede drenagem nesses locais. Mesmo com poucas ocorrências de inundação, esses pontos sofrem com o alagamento e a dificuldade de escoar as águas das chuvas. A localidade Independência teve nove dias de alagamento, contabilizando 9,38% do total de dias alagados nos três setores, enquanto que nos outros pontos, o percentual de caso de alagamento esteve entre 3% a 5%.

A **Figura 3-6** apresenta os aspectos do crescimento espacial relatado pelo autor.



**Figura 3-6 - Área Urbana na Bacia do Rio Quitandinha, em 1966 e 2008 e os 15 Locais mais Críticos pelas Inundações. Fonte: Daniel Taboada Plácido e Sandra Baptista da Cunha / UFF**

O trabalho também apresenta um registro dos principais pontos de alagamento segundo levantamento feito em jornais que totalizou 96 casos.

**Quadro 3-1 - Pontos de Alagamento e Casos de Inundação Segundo Levantamento em Jornais**

Setor	Ponto	Pontos de Alagamento	Rio	Nº de casos	% dos Eventos
I	1	Rua Afrânio Melo Franco	Quitandinha	6	6,25
	2	Rua Dr. Thouzet	Quitandinha	16	16,67
	3	Volkswagen	Quitandinha	96	100,00
	4	Instituto Teológico Franciscano	Quitandinha	80	83,33
	5	COMDEP	Quitandinha	80	83,33
II	6	Rua Alencar Lima	Quitandinha	14	14,58
	7	Rua do Imperador	Quitandinha	14	14,58
	8	Rua Saldanha Marinho	Aureliano	13	13,54
	9	Praça Pasteur	Aureliano	13	13,54
	10	Ponte Fones	Saturnino	18	18,75
	11	Rua Olavo Bilac	Saturnino	18	18,75
III	12	Chácara Flora*	-	3	3,13
	13	Independência*	-	9	9,38
	14	Rua Getúlio Vargas*	-	5	5,21
	15	Valparaíso*	-	5	5,21

\* Locais onde foram verificados pontos de alagamentos, devido a não existência de canais próximos

O estudo procurou relacionar as cheias registradas com a evolução dos parâmetros morfométricos da bacia do Quitandinha Dd (densidade de drenagem) e Dh (densidade hidrográfica).

A densidade de drenagem corresponde a divisão entre o comprimento médio dos canais fluviais em uma dada bacia hidrográfica pela a área total da mesma podendo ser classificada por grosseira, média ou fina, variando de acordo com a litologia, cobertura vegetal e a quantidade de precipitações da área a ser analisada.

A densidade hidrográfica (Dh) relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia. Este índice expressa a grandeza da rede hidrográfica da bacia, indicando a capacidade de gerar novos cursos d'água.

As densidades de drenagem e hidrográficas são índices que refletem a influência da geologia, topografia, do solo, da vegetação e da ação antrópica na bacia hidrográfica. Das características físicas, a rocha e o solo desempenham papel fundamental, pois determina a maior ou menor resistência à erosão (MORISAWA, 1968).

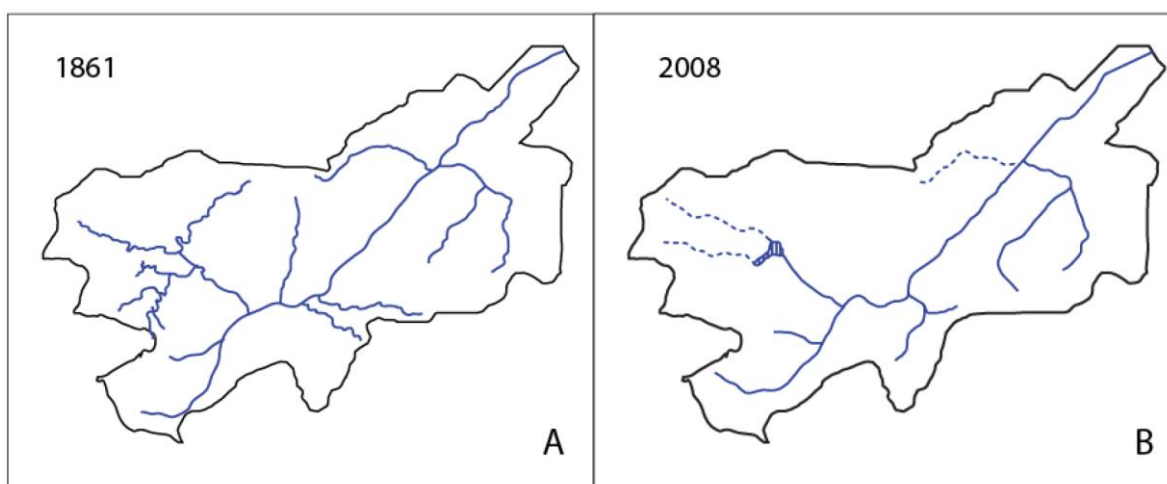


O **Quadro 3-2** apresenta a evolução dos parâmetros morfométricos da bacia do rio Quitandinha no período de 1861 a 2008 registrados pelo autor.

**Quadro 3-2 - Resultados de Dd e Dh da Bacia do Rio Quitandinha (A = 11,082 Km²).**

PARÂMETRO	ANO		% - Manutenção de N		% - Manutenção de L	
	1861	2008	1861	2008	1861	2008
Número de Rios (N)	25	16	53,33	46,66	61,22	38,78
Extensão dos Canais (L em km)	21,75	1.330				
Densidade Hidrográfica (DH) em N/Km²	2,26	120				
Densidade de Drenagem (D) em km/Km²	1,96	120				

O estudo mostra que foi notada uma redução significativa nos valores de Dd e Dh, mudança esta que ocorreu no período de 147 anos (1861 a 2008), onde foram analisados os dados a partir do mapa produzido pelo major Taunay em 1861 e o mapa produzido a partir dos dados da Prefeitura em 2008 (**Figura 3-7**).



**Figura 3-7 - Evolução dos Parâmetros Morfométricos na Bacia do Rio Quitandinha entre 1861 e 2008.**

### **Análise do Estudo**

O estudo mostra que os efeitos da antropização sobre os parâmetros morfológicas da Bacia do rio Quitandinha são notórios, sobretudo, através da canalização de grandes trechos da calha, e da extinção de alguns rios. A redução da densidade hidrográfica foi de 46% e de 38% para a densidade de drenagem. Essa redução é em parte responsável pelas ocorrências das enchentes recorrentes do Centro Histórico.

A análise do estudo mostra que o mesmo apresenta evidências históricas dos efeitos da antropização correlacionados com a ocorrência dos alagamentos da bacia do Quitandinha com reflexos no Centro Histórico, porém, não apresenta nenhuma proposição ou indicação de solução para a resolução dos problemas registrados.

### *3.2.5. Obras Emergenciais de Controle de Inundações e Recuperação Ambiental dos Cursos D'água do Centro Histórico de Petrópolis - Paulo Canedo - 2011 (Referência 23)*

O Estudo trata-se do Projeto “Mitigação de Cheias: Proteção do Centro Histórico de Petrópolis” elaborado em 2011 pelo Professor Paulo Canedo (COPPE - UFRJ). O projeto buscou compreender as grandes chuvas que ocorrem na cidade e a solução dos problemas de enchentes no Centro Histórico de Petrópolis. No âmbito dos estudos elaborados foi realizado um diagnóstico da infraestrutura de macro e mesodrenagem existente nas bacias do rio Quitandinha, Palatino e Piabanha e, com base nesse diagnóstico, foram previstas algumas intervenções estruturais com o objetivo final de mitigação das cheias do Centro Histórico de Petrópolis.

Apesar da denominação de “Projeto” trata-se na realidade de um anteprojeto ou ainda, um estudo conceitual, onde se buscou compreender as grandes chuvas que ocorrem na cidade e a solução dos problemas de enchentes no Centro Histórico de Petrópolis. No âmbito dos estudos elaborados foi realizado um diagnóstico simplificado da infraestrutura de macro e mesodrenagem existente nas bacias dos rios Quitandinha, Palatino e Piabanha e, com base nesse diagnóstico, foram previstas algumas intervenções estruturais com o objetivo final de mitigação das cheias do Centro Histórico de Petrópolis.

A ideia principal do conjunto de intervenções previstas no documento baseou-se nos seguintes enfoques:

- Melhorar as condições hidráulicas do túnel extravasor já existente;
- Minimizar as perdas de carga na calha fluvial do rio Quitandinha no trecho que vai do Obelisco (encontro com o rio Palatino) e o encontro com o rio Piabanha;
- Minimizar as perdas de carga na calha fluvial do rio Piabanha em um trecho de 4,0 km que vai do encontro com o rio Quitandinha e a barragem existente no rio Piabanha;
- Construção de um novo túnel extravasor no rio Quitandinha para reforço da calha fluvial no Centro Histórico.

O primeiro enfoque de aumentar a capacidade hidráulica o desvio do rio Palatino para a região do Itamarati através do túnel extravasor exigiria, segundo os estudos, que sejam projetadas melhorias na tomada d'água do túnel, na condução das águas e no desemboque e a diminuição do comprimento, a eliminação de algumas curvas e, sobretudo, emergencialmente, a recuperação estrutural da galeria.

O segundo enfoque de minimizar as perdas de carga no rio Quitandinha no seu trecho do Centro Histórico, busca minimizar a considerável perda de carga no escoamento do Canal do Centro, particularmente em seu trecho final, depois da Catedral São Pedro de Alcântara no seu encontro com o rio Piabanha que prejudica o escoamento e produz remanso em ambos os cursos d'água.

O terceiro enfoque de diminuir as perdas de carga do escoamento do rio Piabanha, a jusante do centro histórico, de modo a drenar melhor as cheias do Canal do Centro, exigirá segundo os estudos, modificações nas seções hidráulicas da calha do Piabanha e a derrocagem de uma barragem existente a cerca de 4,0 km a jusante do encontro com o rio Quitandinha, para eliminar o controle hidráulico desta estrutura no escoamento fluvial do trecho citado.

O quarto e último enfoque de reforçar a calha fluvial no Centro Histórico exigirá a construção de uma galeria sob a rua Treze de Maio capaz de aliviar o volume do Canal do Centro em sua confluência com o rio Piabanha.

As principais Intervenções previstas nos Estudos são apresentadas na sequência:

### **Túnel Extravasor do rio Palatino**

- Redimensionamento completo do sistema de tomada d'água para o túnel em rocha;
- Recuperação estrutural das paredes e piso (forração com lençol de polietileno);
- Redimensionamento completo do sistema de deságue da galeria/túnel do Palatino no rio Itamarati, incluindo a construção de paredes de concreto.

### **Rio Quitandinha:**

- Limpeza do Canal do Centro, do Obelisco ao Palácio de Cristal;
- Construção de uma galeria sob a rua Treze de Maio, capaz de aliviar o volume do Canal do Centro em sua confluência com o rio Piabanha. Essa galeria terá seu

sistema de tomada d'água e de desemboque em galeria subterrânea, sendo o trecho central feito em túnel em rocha;

- Construção de uma parede de concreto para orientar os fluxos de água de ambos os rios na região de confluência Canal do Centro/rio Piabanha.

#### **Rio Piabanha:**

- Alargamento e aprofundamento da calha do rio Piabanha, por 4 km, desde a rua Treze de Maio até a barragem existente no rio Piabanha;
- Retirada das grandes pedras derrubadas no leito;
- Recuperação de trechos de paredes laterais erodidos/derrubados;
- Construção de bueiros para macrodrenagem da estrada marginal;
- Derrocagem da barragem localizada ao fim do trecho, bem a montante do trecho em corredeira.

A **Figura 3-8** apresenta o arranjo geral do trajeto do túnel extravasor projetado pela rua Treze de Maio.





**Figura 3-8 - Arranjo Geral do Túnel Extravasor Projetado pela Rua Treze de Maio**



Com base neste projeto em 30/09/2013 foi firmado o Termo de Compromisso nº 0419.272-55, entre o Governo do Estado do Rio de Janeiro representado pelo INEA - Instituto Estadual do Ambiente e o Governo Federal, por intermédio do Ministério das Cidades, representado pela Caixa Econômica Federal, cujo objeto é a **“Recuperação do túnel do Palatino, construção de galeria entre o canal do Centro e o rio Piabanha e implantação de parques fluviais no rio Piabanha”**; Programa Gestão de Riscos e Resposta a Desastres.

### **Análise do Projeto**

Na avaliação da COHIDRO a recuperação do túnel extravasor do rio Palatino será uma contribuição importante para redirecionar o excesso de vazão para a bacia do rio Itamarati. As obras encontram-se em péssimo estado de conservação, com assoreamento generalizado, além de deterioração nas superfícies internas, causando aumento no coeficiente de rugosidade e redução na capacidade de condução da obra hidráulica.

As demais intervenções propostas nos estudos do Professor Canedo, em uma primeira análise, concorrem para a melhoria geral das condições de escoamento das cheias que atualmente causam transtornos na região de Centro Histórico, no entanto, cabe ressaltar que o conjunto de intervenções carece de ser estudado com maior profundidade uma vez que algumas delas podem apresentar reflexos danosos para os sítios à jusante (Correas).

Também vale lembrar que as intervenções propostas no Projeto avaliado se complementam, de tal sorte que segundo os estudos, não devem ser analisadas de isoladamente e sim em conjunto, já que algumas intervenções nos trechos de montante, exigem outras intervenções a jusante sem as quais, o problema da cheia seria transferido para esses locais.

Também ressaltamos que durante os serviços especial atenção deverá ser dada aos métodos construtivos das intervenções propostas tendo em vista que a região de intervenção apresenta inúmeros condicionantes restritivos que deverão ser observados. Assim, mesmo que hidráulicamente uma solução possa satisfazer às demandas de projeto, esta pode não atender aos requisitos de segurança necessária quanto aos aspectos construtivos, devendo, portanto, ser descartada.

Também ressaltamos que a implantação das soluções propostas implicam na necessidade de verificação das condições de escoamento na calha do rio Itamarati no trecho que vai do encontro com o túnel extravasor ao rio Piabanha face às novas vazões que deverão ser veiculadas em sua calha com a reabilitação do túnel extravasor existente.

### *3.2.6. Projeto de Drenagem Sustentável Para Mitigação de Cheias na Bacia do Rio Quitandinha, em Petrópolis-RJ-2014 - Fernanda Cristina Gonçalves Gonzalez (Referência 29)*

O trabalho analisado trata-se de um TCC (trabalho de conclusão de curso) de graduação de engenharia da UFRJ.

O trabalho consiste em um conjunto de proposições que busca atacar o problema das cheias do rio Quitandinha de forma holística baseado na premissa de diminuir a vazão afluente ao Centro Histórico de Petrópolis de forma sustentável com soluções que não transfiram para jusante os efeitos das cheias recorrentes do rio Quitandinha.

O projeto consiste na implantação de três soluções integradas que tem por objetivo amenizar a vazão do rio Quitandinha que aflui para o rio Piabanha pelo Canal do Centro Histórico.

Os estudos foram elaborados para um tempo de retorno de 10 anos.

Por tratar-se de um projeto de drenagem sustentável duas premissas foram levadas em consideração pela autora:

- A solução não foi baseada em transferir mais rapidamente a vazão para jusante do rio Quitandinha, para evitar que o problema da enchente seja apenas transferido para outro local;
- O projeto levou em conta a urbanização da área, de forma que a solução terá também seu valor turístico e de uso da população adjacente.

Com esse enfoque a autora propõe a implantação de duas bacias de retenção e um trecho de trincheiras de infiltração na bacia do rio Quitandinha.

A primeira bacia de retenção proposta encontra-se em um local dentro da bacia hidrográfica onde hoje encontra-se um terreno baldio, próximo ao Lago Quitandinha, ponto turístico da cidade. O local escolhido, segundo relato de moradores, antigamente era um lago usado de forma recreativa. Segundo a autora, por ocasião dos estudos (2014) o terreno encontrava-se tomado pela vegetação sendo que ainda passava por ele o curso retificado do rio Quitandinha, que nesse trecho ainda é um pequeno corpo d'água.

O objetivo da autora era apenas aproveitar uma função de regulação hídrica que já existia nesta área, e não intervir com uma solução artificial.





**Figura 3-9 - Local Selecionado para a Primeira Bacia de Detenção.**

A segunda bacia de detenção proposta teve como local escolhido uma área situada às margens do rio Cremerie (ou rio Moss), afluente do rio Quitandinha pela margem direita. A bacia proposta deveria ser construída parte no estacionamento do Parque Cremerie, local de recreação da cidade, e parte na entrada no parque (**Figura 3-10**).



**Figura 3-10 - Local Selecionado para a Segunda Bacia de Detenção**

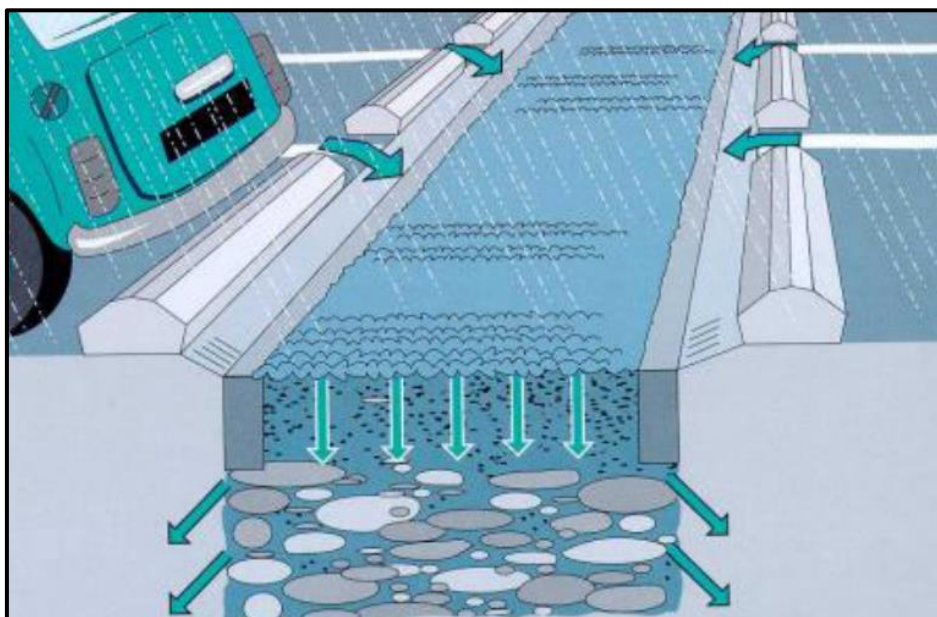


A terceira solução proposta de forma integrada às bacias de retenção é a implantação de um trecho de trincheiras de infiltração ao longo das vias que se encontram dentro da bacia (Figura 3-11).

As trincheiras de infiltração propostas consistem em dispositivos capazes de coletar o escoamento superficial ainda em sua origem, armazená-lo e infiltrá-lo gradativamente no solo, a fim de garantir a recarga no corpo hídrico. Trata-se de uma caixa parcialmente preenchida, com paredes e cobertura permeáveis capaz de coletar a água de chuva e ir liberando-a aos poucos.

O projeto concebido optou pela implantação de trincheiras subterrâneas preenchidas com brita que seriam colocadas em apenas locais com calçadas.

O preenchimento com brita, ou algum outro material, objetivou garantir estabilidade da superfície em que a trincheira seria instalada.



**Figura 3-11 - Esquema de Funcionamento das Trincheiras de Infiltração (Fonte: Fernanda Cristina Gonçalves Gonzalez)**

### **Análise dos Estudos**

Apesar de apresentar soluções interessantes os estudos, por se tratar de um Trabalho de Conclusão de Curso de graduação (TCC), não apresenta o nível de profundidade requerido para ser apreciado de forma mais segura. Os estudos hidrológicos realizados são para uma recorrência de 10 ano e foram realizados de forma simplificada, assim como a seleção dos

locais, o porte requerido e os estudos de amortecimento proporcionados pelas duas bacias de detenção propostas, que foram realizados e avaliados de forma muito simplificada.

*3.2.7. Análise de Sistemas Meteorológicos Associados a Eventos de Transbordamento do Rio Quitandinha-Petrópolis-RJ. Lucas Cesar Figueiredo Hoepfner de Almeida - COPPE, UFRJ – 2017 (Referência 37)*

O trabalho analisado buscou o entendimento do mecanismo de geração de enchentes no rio Quitandinha-RJ a partir de sistemas atmosféricos atuantes para determinar o extravasamento da calha do rio.

A análise dos dados para correlacionar as cheias do rio com os sistemas atmosféricos atuante foi conduzida nos anos de 2013 e 2014. Nesse período, os autores identificaram as ocorrências de inundações concomitantemente com a atuação de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), frentes frias e áreas de instabilidade com vistas a caracterizar padrões de chuva na área de estudo.

Para a identificação dos eventos de transbordamento do rio Quitandinha entre os anos de 2013 e 2014, os autores procederam uma consulta ao banco de dados da rede telemétrica do Sistema de Alerta de Cheias do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). Após a realização da consulta, verificou-se que a estação Coronel Veiga faz, a cada 15 minutos, uma coleta de dados de chuva e do nível do rio Quitandinha. A partir de uma cota limiar de nível de água, estabelecida pelo INEA, foi possível identificar os eventos de transbordamento do rio Quitandinha que aconteceram ao longo dos anos de 2013 e de 2014.

Assim, após a identificação dos dias em que houve transbordamento do rio Quitandinha, os autores fizeram uma busca dos sistemas meteorológicos que favoreceram à formação de chuvas intensas, e, posteriormente, caracterizaram-se os eventos de transbordamento (**Quadro 3-2**). As informações dos sistemas meteorológicos atuantes nos dois anos analisados foram obtidas através dos Boletins Climanálise realizados pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Após a identificação dos eventos de transbordamento do rio Quitandinha e dos sistemas meteorológicos que favoreceram os eventos de transbordamento analisados, realizou-se uma análise de frequência dos sistemas meteorológicos, assim como o período do dia em que houve os transbordamentos.

**Quadro 3-3 - Transbordamentos do Rio Quitandinha e Sistemas Meteorológicos Atuantes**

Transbordamentos	Sistema Meteorológico Atual
05/03/2013	Frente Fria (FF)
09/03/2013	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)
17/03/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
22/03/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
27/03/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
02/04/2013	Área de instabilidade
17/05/2013	Área de instabilidade
22/10/2013	Frente Fria (FF)
17/11/2013	Frente Fria (FF)
24/11/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
30/11/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
05/12/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
11/12/2013	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
02/01/2014	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)
08/03/2014	Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)
28/03/2014	Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)
23/04/2014	Frente Fria (FF)
24/04/2014	Frente Fria (FF)

Por meio dos Boletins Climáticos do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), os autores fizeram o levantamento dos sistemas atmosféricos que originaram os eventos de transbordamento do rio Quitandinha entre 2013 e 2014 que foram consolidados no **Quadro 3-4**.

**Quadro 3-4 - Frequência dos Sistemas Meteorológicos Observados nos Dias de Transbordamentos**

Sistema Meteorológico Atual	Frequência de Ocorrência (%)
Frente Fria (FF)	27,8
Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)	22,2
Zona de Convergência de Umidade (ZCOU)	38,9
Áreas de Instabilidade (AI)	11,1
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Pelo Quadro é possível observar que a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) corresponderam a um total de 61% dos eventos.

A formação da ZCAS e ZCOU transporta calor e umidade dos trópicos, principalmente da região Amazônica, para as latitudes mais altas. A confluência dos ventos entre o ar da Alta Subtropical do Atlântico Sul e o ar oriundo das latitudes mais altas favorece a convergência de umidade nos baixos níveis da atmosfera, que, associados aos efeitos de topografia da cidade do Rio de Janeiro, servem como gatilho para a formação de tempestades convectivas severas dentro desses sistemas meteorológicos de grande escala. A passagem de frentes frias correspondeu a 28%, e a formação de áreas de instabilidade correspondeu a 39 % dos eventos.

### **Análise dos Estudos**

O trabalho analisado procedeu uma análise e caracterização dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do rio Quitandinha, com o objetivo de entender a correspondente relação chuva-vazão.

Os estudos se apresentam relevantes na medida em que a formação da ZCAS e da ZCOU que correspondem a 61% dos eventos estudados são passíveis de serem previstas e detectadas por um adequado monitoramento in situ e por satélite que podem dar suporte e confiabilidade aos sistemas de alerta de cheias.

#### *3.2.8. Previsão de Tempestades Severas e de Transbordamentos no rio Quitandinha - Petrópolis-RJ - 2019 - Fabricio Polifke da Silva / COPPE, UFRJ (Referência 40)*

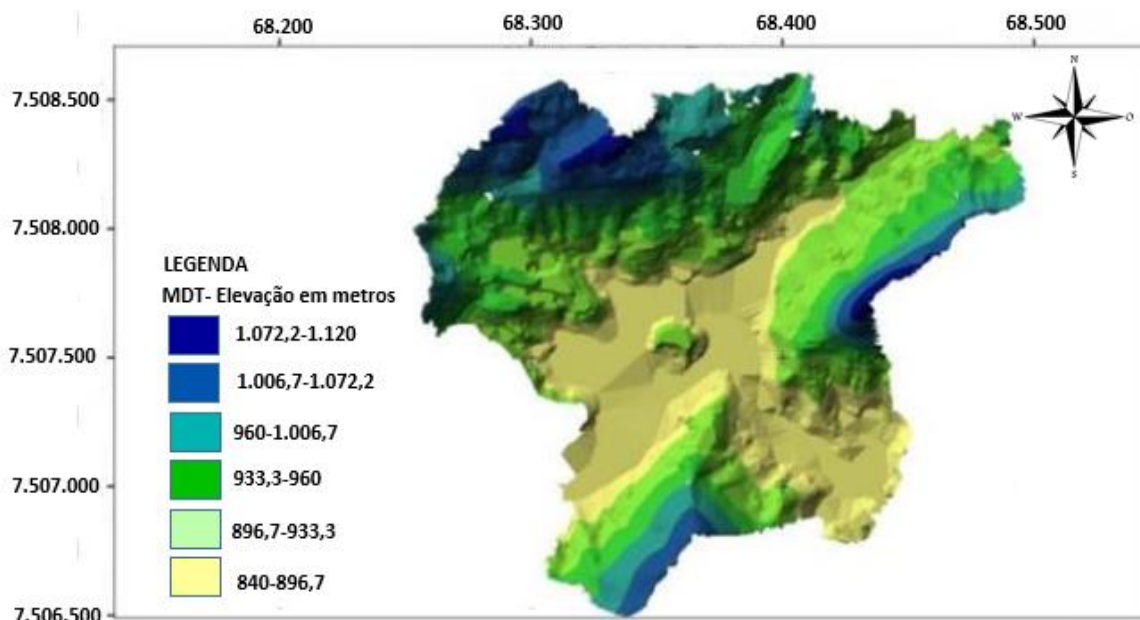
O trabalho analisado consiste em uma tese de doutorado cujo objetivo geral é de aperfeiçoar o procedimento de previsão de chuvas intensas em diferentes escalas e estágios de formação em consonância com a investigação sobre previsões hidrológicas de cheias com foco na bacia hidrográfica do rio Quitandinha em Petrópolis. A tese procura delimitar a sinergia entre a previsão de tempestades severas e eventos de transbordamentos do rio Quitandinha, empregado como estudo de caso neste trabalho, com análise conduzida entre os anos de 2013 e 2016 e para tanto, propõe uma abordagem metodológica que busca identificar, quantificar e validar ferramentas que possam ser utilizadas por meteorologistas operacionais, e, ainda, auxiliar na gestão de riscos de desastres naturais, sobretudo de enchentes, de forma a prover suporte a diferentes usos e aplicações, em especial, a ações de responsabilidade das defesas civis e de órgãos ambientais.

O trabalho apresenta algumas informações relevantes sobre a morfologia da bacia associada à sua capacidade de captação de água como exposto na sequência em texto do autor:

*“A bacia do rio Quitandinha evidencia uma possível região de acúmulo na sua parte central. Não obstante, as partes mais altas da bacia são dotadas de grande declividade e ocupadas, sobretudo por afloramentos rochosos, favorecendo um maior escoamento superficial da água. A bacia apresenta, na porção próxima de jusante do rio Quitandinha, áreas de maior captação de escoamento, representadas pelo tom mais escuro de azul. Esse resultado sugere que, nesses locais, o fluxo perde energia pelos baixos valores de declividade presentes e acumula-se favorecendo a ocorrência de cheias (Carvalho et al., 2013) ”.*

Uma outra observação interessante no trabalho do autor que merece registro é que o mesmo conclui que devido à pequena área de contribuição na estação de monitoramento implantada pelo INEA Coronel Veiga, à declividade acentuada da região e ao fato de ser uma bacia preponderantemente urbana com altas taxas de precipitação local, a resposta do rio às chuvas é muito rápida, chegando até mesmo a sair do estágio de normalidade e ultrapassar a cota de transbordamento em um intervalo menor do que quinze minutos.

As **Figuras 3-12 a 3-15** retiradas do trabalho analisado embasam as conclusões do autor.

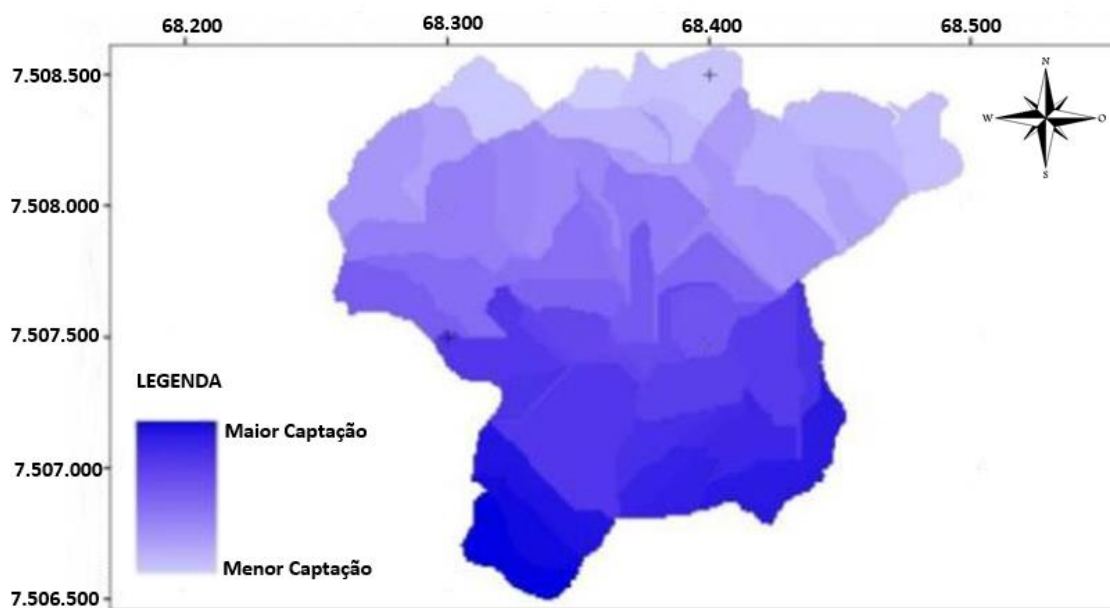


**Figura 3-12 - Modelo Digital do Terreno da Bacia do Rio Quitandinha  
Petrópolis-RJ - Fonte: Lucas Cesar Figueiredo**





**Figura 3-13 - Uso do Solo em 2013 na da Bacia do Rio Quitandinha Petrópolis-RJ - Fonte: Lucas Cesar Figueiredo**



**Figura 3-14 - Captação do Escoamento Superficial na Bacia do Rio Quitandinha Petrópolis-RJ - Fonte: Lucas Cesar Figueiredo**

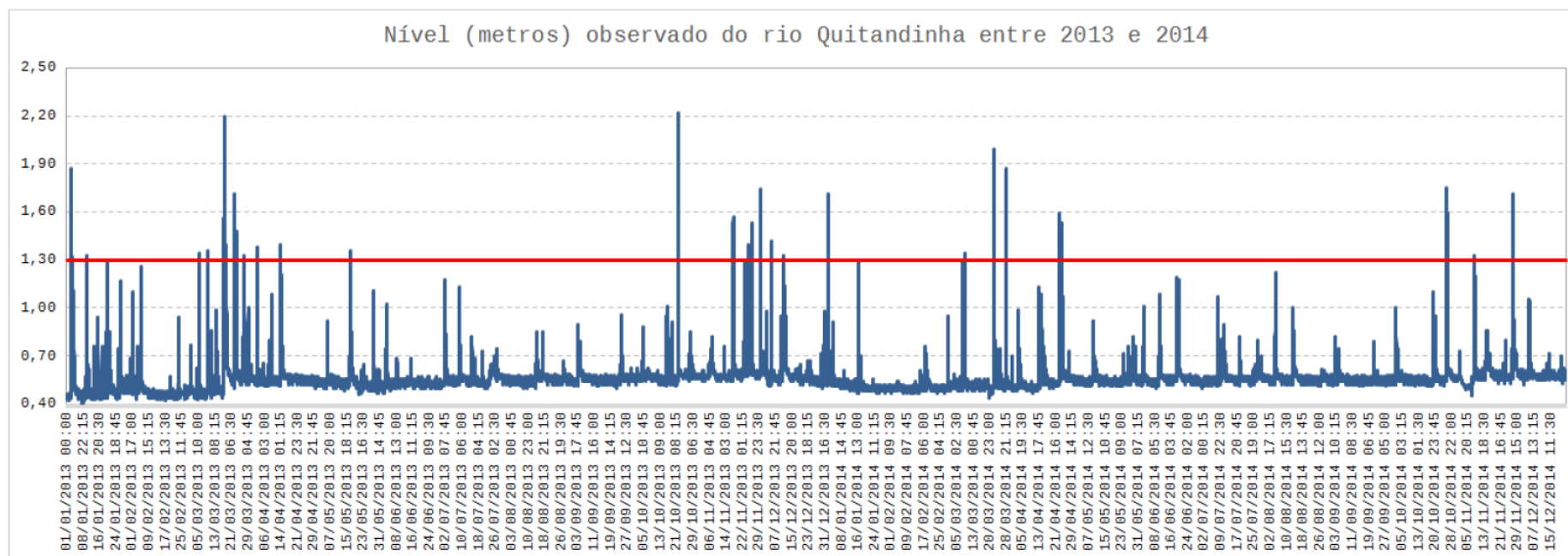
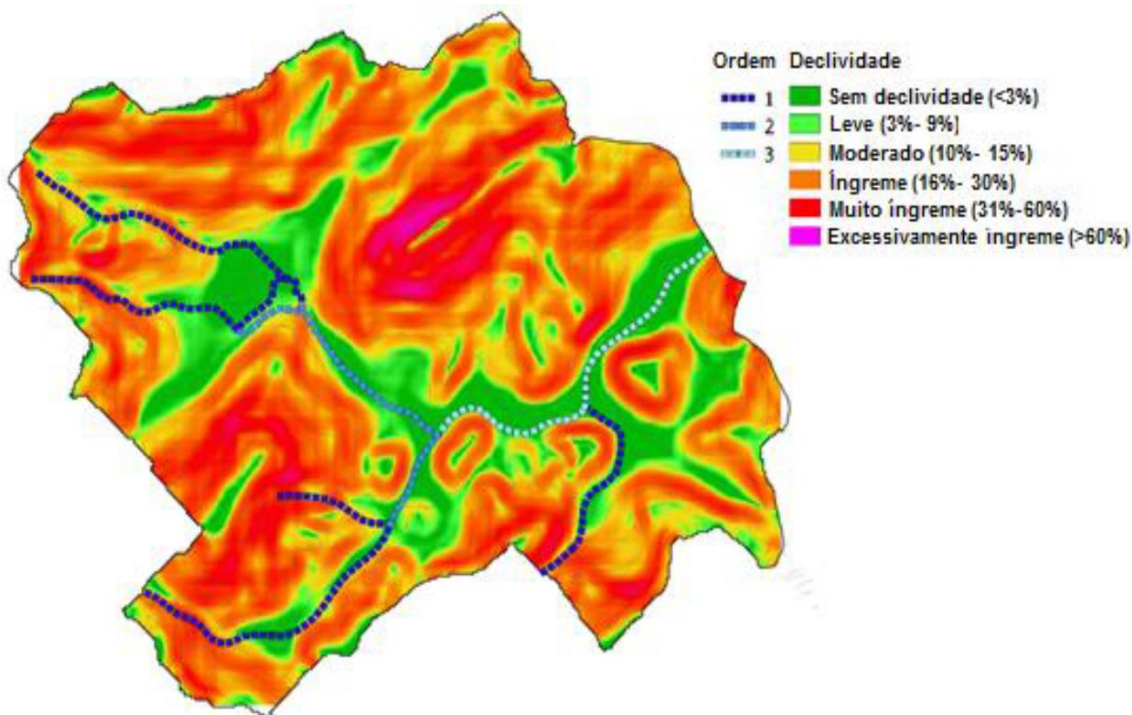


Figura 3-15 - Dados de Nível do Rio Quitandinha (Estação Coronel Veiga) Medidos Entre os Anos de 2013 e 2014 - (Fonte: Lucas Cesar Figueiredo)

Na **Figura 3-15**, é possível observar a ocorrência dos transbordamentos entre 2013 e 2014, notando-se que a linha em vermelho indica a cota de transbordamento estabelecida pelo INEA.

Os estudos também apresentaram uma análise morfométrica da bacia do rio Quitandinha baseada nos seguintes parâmetros: ordem da bacia, declividade, fator de forma, densidade da drenagem, comprimento do escoamento superficial, razão de alongamento e parâmetros geométricos.

Segundo o autor a bacia do rio Quitandinha apresentou, em sua área, declives inferiores a 1% e superiores a 100%. A **Figura 3-16** mostra o mapa de declividade da bacia do rio Quitandinha e a ordem dos cursos de água onde o autor observa que a maior parte da bacia apresenta um alto grau de inclinação (> 20%).



**Figura 3-16 - Classes de Declividade e Ordem dos Cursos de Água para a Bacia do Rio Quitandinha - (Fonte: Lucas Cesar Figueiredo)**

A ordenação hierárquica de córregos é essencial para explicar o caráter hidrodinâmico de uma bacia de drenagem. A ordem de cada segmento é diretamente proporcional ao tamanho da bacia hidrográfica subsidiária, dimensões e fluxo do canal. À medida que a água do rio se move das nascentes para a foz do córrego, as correntes aumentam progressivamente sua largura e sua espessura com o aumento do volume de descarga de água (Sarmah *et al.*, 2012; Rai *et al.*, 2017). Segundo os estudos desenvolvidos pelo autor



a bacia do Quitandinha é de ordem 3 (maior ordem da bacia), sendo 58% (7) dos canais de ordem 1, 25% (3) de ordem 2 e 16% (2) de ordem 3. Esses números representam 5,6 km de rios de primeira ordem, 1,6 km de segunda e 1,7 km de terceira. A diferença deve-se ao maior número de canais que se desenvolvem nas regiões mais íngremes do terreno, captando a água dessas regiões e drenando-as nos canais posteriores. Assim, a zona de captação acentuada de água favorece um maior fluxo hidrológico e favorece a ocorrência de transbordamentos no leito principal em eventos de precipitação intensa.

O trabalho ainda apresenta os seguintes parâmetros morfométricos calculados: área = 6,75 km<sup>2</sup>; perímetro = 16,28 km; comprimento da drenagem = 9,02 km; comprimento da bacia = 3,02 km; fator de forma = 0,71; densidade da drenagem = 1,33 km/km<sup>2</sup>; extensão do percurso superficial = 0,374 (adimensional) e raio de alongação = 0,95 (adimensional). O fator de forma obtido para a bacia do rio Quitandinha caracteriza que esta apresenta uma área arredondada e, conseqüentemente, um menor tempo de concentração e maior propensão a inundações. Adicionalmente, o raio de alongação (Re) obtido possui 0,95, caracterizando um formato circular e favorável à ocorrência de cheias.

O alto valor obtido para a densidade de drenagem caracteriza uma resposta hidrológica lenta. Assim, o escoamento superficial não é rapidamente removido, fazendo com que a bacia seja suscetível a inundações e erosão (Rai et al., 2017; Abboud et al., 2017; Sukristiyanti et al., 2018).

A longo do trabalho o autor desenvolveu estudos para o estabelecimento de uma relação matemática entre a refletividade do radar meteorológico (Z) e o nível d'água do rio Quitandinha (N) que permitisse a previsão de possíveis ocorrências de transbordamento do rio a partir dos dados do radar.

Os dados de refletividade considerados foram oriundos do radar meteorológico do Sumaré localizado na cidade do Rio de Janeiro que é um radar do tipo banda-C e está localizado no alto da Serra da Carioca. Sua operação teve início em dezembro de 2010 e, atualmente, é operado pelo Sistema Alerta Rio, diretamente do Centro de Operações Rio (COR).

### **Análise dos Estudos**

Os estudos realizados levantaram bastante dados sobre a bacia do rio Quitandinha que poderão subsidiar os estudos contratados. Com relação ao objetivo alcançado pelos estudos analisados, o autor pondera que visto que a previsão da chuva e a sua interação com os processos hidrológicos serem altamente complexos, não lineares e dinâmicos, é

extremamente desafiador a emissão de avisos de cheias para as defesas civis e população local através da modelagem hidrológica do tipo chuva-vazão, portanto, parte essencial das informações utilizadas para a tomada de decisões é baseada em informações de monitoramento em tempo real, relativas às medições da chuva e de nível de água. Nesse contexto, a aplicação estatística permite encontrar relações e estimativas hidro meteorológicas com certo grau de confiabilidade, como o trabalho buscou mostrar.

O autor também demonstra ao longo do trabalho que, como o monitoramento de variáveis hidrometeorológicas encontra-se intrinsecamente associado à determinação dos parâmetros físicos de uma bacia hidrográfica isso permite a aplicação de relações estatísticas que possam estimar (prever) o comportamento de um rio em um futuro próximo e, conseqüentemente, caracterizar cenários críticos de eventos de inundação com base nas variáveis explicativas analisadas.

### *3.2.9. Possibilidades e Limites da Gestão Compartilhada do Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis-RJ.2020 - Raissa Rangel Damiano / IPHAN (Referência 43)*

O trabalho consiste em uma tese de mestrado que foca nas possibilidades e limites da gestão Compartilhada do Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis e apresenta as restrições que as possíveis intervenções estruturantes poderão sofrer mediante à legislação de proteção ao Patrimônio Histórico que vigora, com reflexos em toda a bacia dos rios Quitandinha e Palatino e, sobretudo, no Centro Histórico de Petrópolis.

Na sequência apresentam-se os principais trechos de relevância para os estudos do documento analisado.

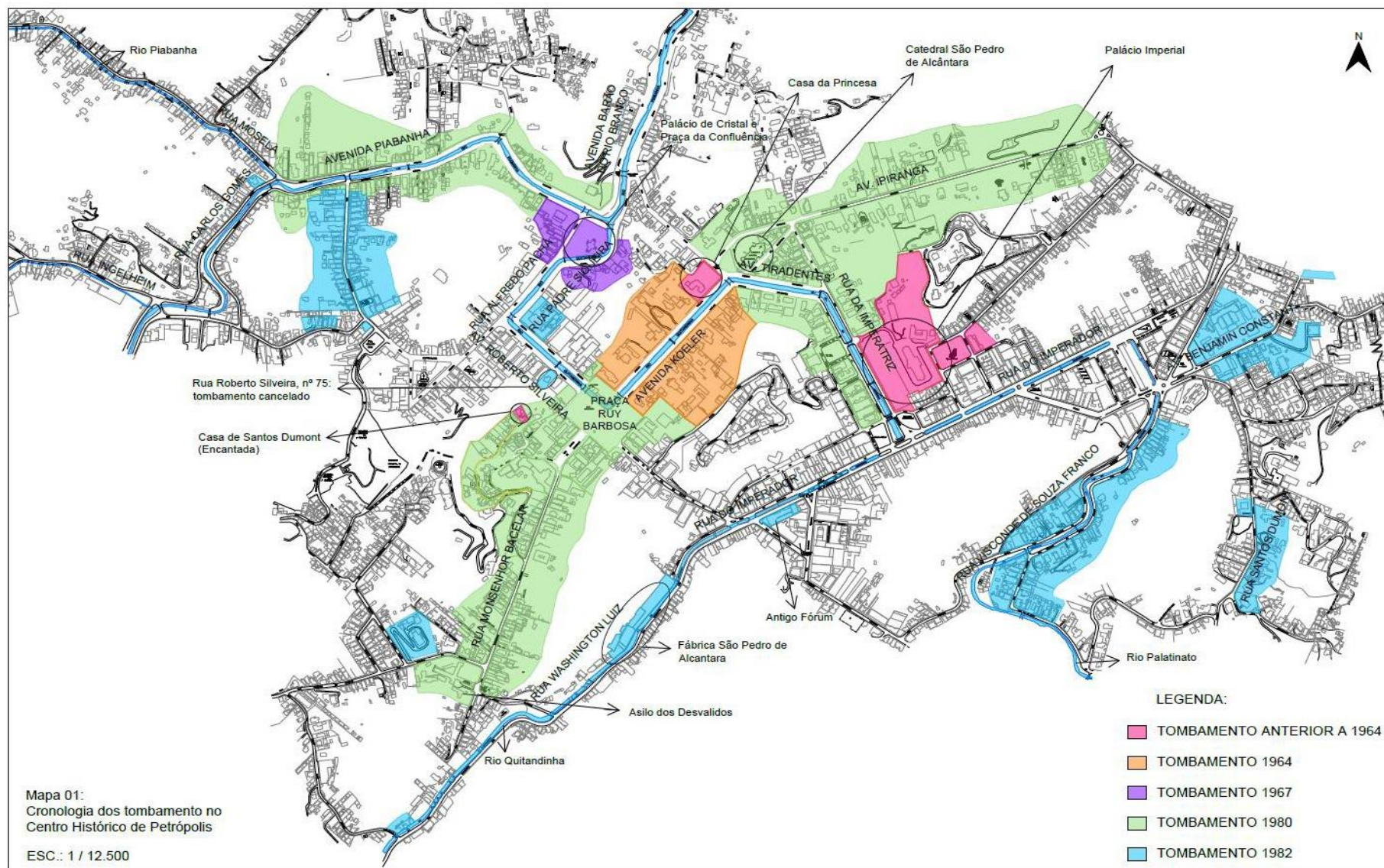
O processo de proteção do Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis iniciou-se a partir da década de 1960 com o tombamento da Avenida Köeler. Em 1964, foi inscrito no Livro do 18 Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico (Processo 662-T-62), o conjunto constituído pela Avenida Köeler, principal eixo monumental da cidade, a qual abriga palacetes de personalidades. Este tombamento foi ampliado duas vezes na década de 1980. A primeira, no ano de 1980, ampliou a área tombada, incluindo ruas e praças da antiga Vila Imperial, conforme definido no projeto de Köeler, que abrigam exemplares de casarões em estilos neoclássicos e ecléticos. Em 1982, ocorreu a segunda e última extensão do conjunto, na qual foram incorporados cinco conjuntos arquitetônicos, além de quatro complexos e unidades fabris, onze elementos isolados, sendo em sua maioria casarões, e as calhas de dezesseis rios.

Após duas extensões na década de 1980, o processo de tombamento 662-T-62, do Conjunto Urbano Paisagístico de Petrópolis, configura área hoje protegida pelo IPHAN.

**Quadro 3-5 - Tombamentos Federais em Petrópolis, Organizados Segundo o Ano do Tombamento**

Ano	Bem Tombado	Nº do Processo	Livro do Tombo
1938	Palácio Imperial de Petrópolis, compreendendo o respectivo Parque e a antiga Casa ou Quartel dos Semanários	166-T-38	Livro do Tombo das Belas Artes
1939	Edifício à Avenida Köeler, n.º 42 (Palácio da Princesa Isabel)	194-T-39	Livro do Tombo Histórico e Livro do Tombo das Belas Artes
1940	Casa do Padre Corrêa ou Fazenda da Posse	196-T-39	Livro do Tombo Histórico
1951	Casa da Fazenda Samambaia	424-T-50	Livro do Tombo das Belas Artes
1951	Casa da Fazenda Santo Antônio	445-T-51	Livro do Tombo das Belas Artes
1952	Casa à Rua do Riachuelo, n.º 22, com o respectivo acervo de objetos e utilidades pertencentes a Santos Dumont	196-T-39	Livro do Tombo Histórico
1964	Conjunto Urbano e Paisagístico	662-T-62	Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico
1967	Palácio de Cristal e a Praça da Confluência em que ele se acha situado	612-T-60	Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico e Livro do Tombo das Belas Artes
1980	Primeira extensão do Tombamento do Conjunto Urbano e Paisagístico	662-T-62	Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico
1982	Segunda extensão do Tombamento do Conjunto Urbano e Paisagístico	662-T-62	Livro do Tombo Arqueológico, Etnográfico e Paisagístico
1987	Edificação situada na Rua Carlos Gomes, n.º 42, que pertenceu a Carlos Oswald	1.195-T-86	Livro do Tombo Histórico





**Figura 3-17 - Cronologia dos Tombamentos no Centro Histórico de Petrópolis - (Fonte: Raíssa Rangel Damiano)**

O tombamento da Avenida Piabanha retrata um novo momento do IPHAN ao não se limitar mais à proteção apenas do Centro Histórico da cidade. Busca-se, com isso, a preservação de características pitorescas da cidade. Esta extensão coloca em evidência o Rio Piabanha, o que, conseqüentemente, levará à discussão sobre o tombamento dos cursos d'água.

A indicação dos rios e córregos para tombamento teve o intuito de preservar o traçado urbanístico proveniente do Plano Köeler, o qual teve as calhas dos rios como espinha dorsal. A preocupação com os rios contribuiu também para a preservação das florestas e das encostas para garantir os mananciais. O protagonista da proteção em Petrópolis é justamente a inserção da arquitetura, de diferentes épocas, na paisagem natural, nos vales entre os cursos d'água e os morros.

Segundo Alcântara (informação verbal) a proteção dos rios, inicialmente, se daria apenas através da legislação urbana municipal. Entretanto, a Prefeitura solicitou que os cursos d'água fossem tombados pelo IPHAN ao alegar que a legislação municipal não seria suficiente para sua preservação.

De acordo com o Processo 662-T-62, a APANDE propôs o tombamento dos rios. Durante as entrevistas com Dora Alcântara, Fernanda Colagrossi e membros da APANDE, os rios foram tratados pelos entrevistados como os protagonistas do tombamento.

Como já discutido, a inclusão dos rios no tombamento se deve, principalmente, à importância deste para o desenho da cidade, uma vez que serviu de base para o Plano Köeler: “portanto, era muito importante preservar os rios para que esse caráter original da cidade, básico do projeto do Köeler, fosse preservado” (informação verbal).

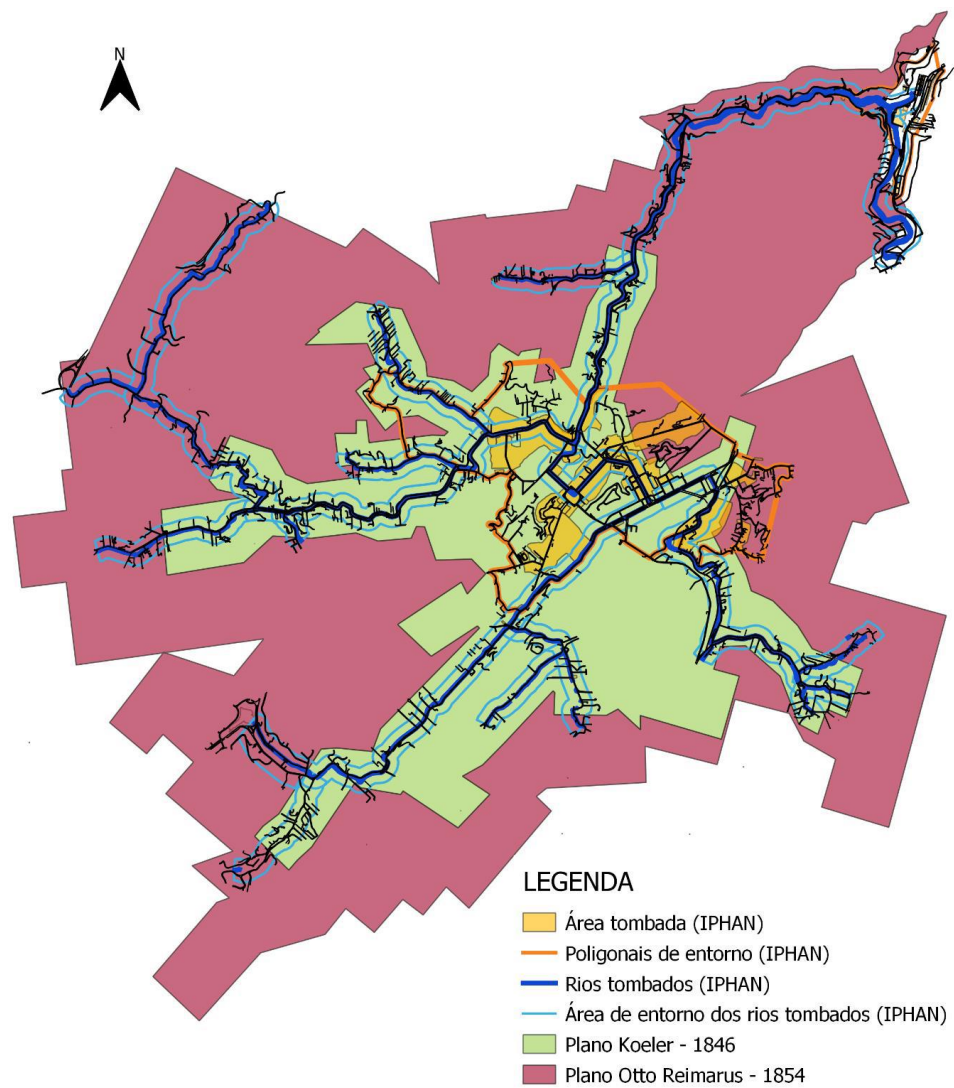
A nonagésima quinta reunião do Conselho Consultivo, em 10 de agosto de 1981, aprovou o tombamento dos rios como elementos morfológicos, não especificando quais deles.

O parecer da Conselheira Dora Alcântara, de 25 de junho de 1981, indica que esses elementos seriam “Calha do Rio Piabanha, Quitandinha e Palatino, dentro dos limites estabelecidos pelo Plano Köeller, com seus afluentes, pontes, muretas, e guarda-corpos, mais antigos, incluindo-se a arborização” (Processo IPHAN n.º 662-T-62, v.I-A, p.23).

No entanto, após o tombamento, Alcântara encaminha, à Subchefe do Gabinete para Assuntos Administrativos do Ministério da Educação e Cultura, um documento explanando sobre o tombamento dos rios e especificando todos os bens tombados. O Processo de Tombamento colocou os rios como elementos estruturadores do Plano Köeler e formadores

da paisagem por ele planejada. Os cursos d'água já canalizados ou que serviam como despejo de esgoto foram excluídos do tombamento.

Ao sobrepor os mapas do Plano Köeler, de 1846, e o de sua extensão, realizada por Otto Reimarus, de 1854, com o mapa atual da cidade, pode-se observar que o tombamento das calhas dos rios teve como limite o Plano de Otto Reimarus quando houve a extensão dos quarteirões da colônia agrícola, ou seja, vai além dos limites projetados pelo Major Köeler, em 1846.



**Figura 3-18 - Sobreposição da Atual Base Cadastral da Cidade com os Planos Köeler e de Otto Reimar (Fonte: Raíssa Rangel Damiano)**



### **Rios atualmente tombados:**

Calha do rio Piabanha e seus afluentes: rio do Carmo, rio Avé Lallemand, rio Vandelli, rio Alpoim, rio Paulo Barbosa, rio Quitandinha e afluentes, rio S. Rafael e rio Itamarati. São afluentes do Rio Quitandinha: rio Cremerie, com o lago do Parque Cremerie e córrego canalizado que desemboca no rio Cremerie; rio Aureliano e seu afluente rio Verna; rio Palatino (antigo Córrego Seco) e seus afluentes: córrego Limpo, rio que acompanha a rua Pedro Ivo e córrego Gusmão.

São considerados elementos integrantes desse tombamento: árvores plantadas às margens dos rios. Também o são as pontes, as muretas e os guarda-corpos, cujas características encontram-se especificadas no processo relativo ao tombamento do Acervo Arquitetônico e Paisagístico da Cidade Imperial de Petrópolis (Processo IPHAN n.º 662-T-62, v.I-A, p. 189 e 197).

### **Levantamento de Campo**

Realizou-se, também, um levantamento e diagnóstico dos rios tombados no Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis e seus entornos. O levantamento foi realizado através de visitas de campo à área de entorno de cada um dos rios. Na ocasião, observou-se a qualidade ambiental do bem tombado (os rios), e das edificações em seu entorno. Após as visitas, confeccionaram-se mapas de cada uma das áreas de entorno para consolidação dos parâmetros levantados no local, como gabarito, afastamento, densidade e uso das edificações.

O trabalho de campo restringiu-se às vias principais, paralelas aos cursos d'água. Deste modo, não se analisaram as ruas perpendiculares, servidões e vilas. Na ocasião, realizou-se levantamento fotográfico. Em alguns rios, filmou-se o trajeto para auxiliar a posterior elaboração dos mapas. No momento da visita, anotaram-se percepções da paisagem para que fossem desenvolvidas em momento posterior.

Além do estado de conservação do rio e da paisagem urbana de seu entorno, observou-se também em que medida as áreas de entorno destes cursos d'água tombados seguem a legislação em vigência.

Reconhece-se a excessiva rigidez da Portaria IPHAN n.º 213/96 para estas áreas. Apesar de morfologicamente diferentes, os entornos dos rios estão enquadrados nos mesmos

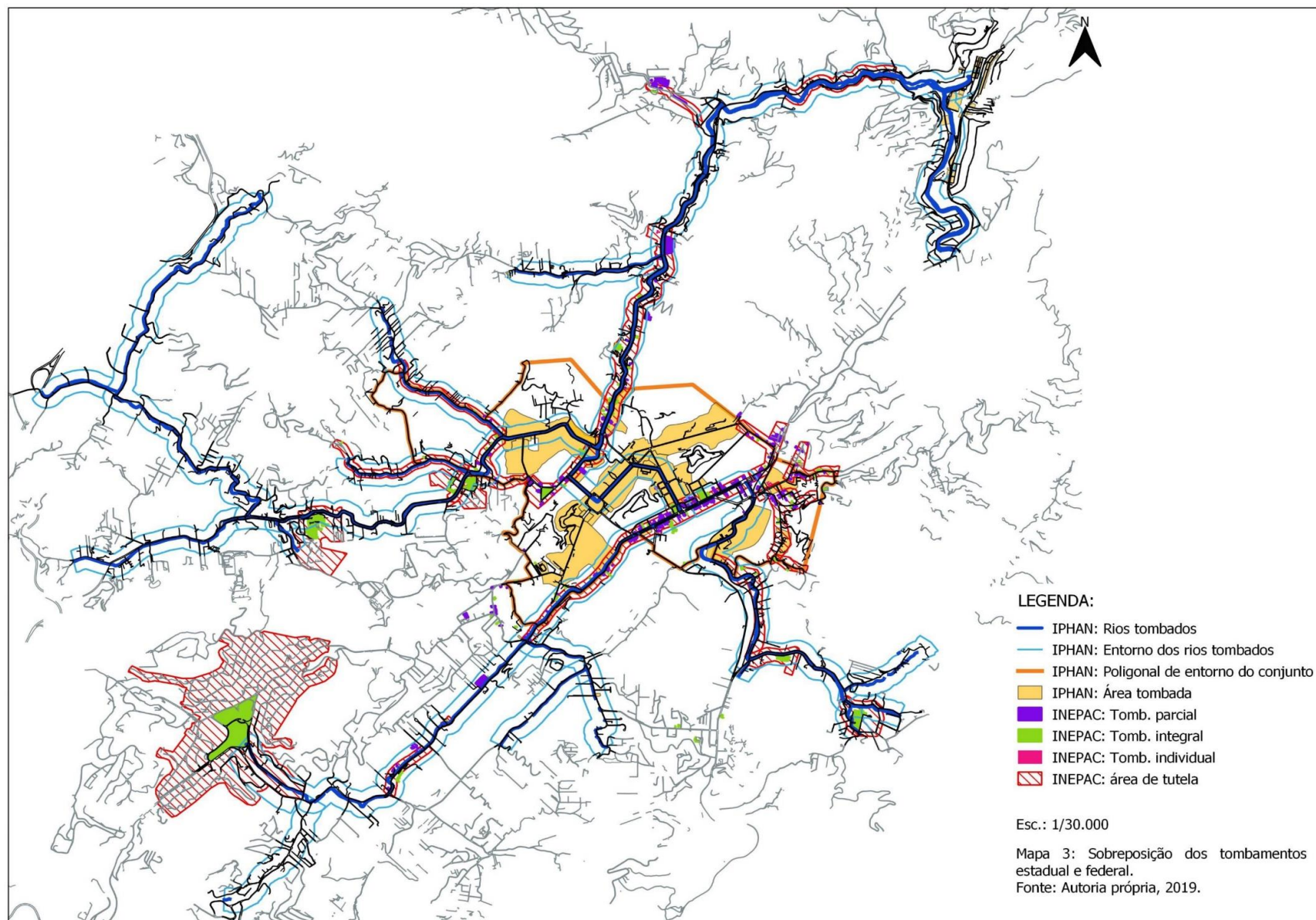
setores que o entorno do Centro Histórico, de modo a receberem os mesmos parâmetros urbanísticos.

Os entornos dos rios tombados estão enquadrados nos tipos de lotes, de Primeira Categoria: I, II e V, V-A e V-B. De modo que os tipos III e IV se restringem à área de entorno do Centro Histórico.

Tentou-se encontrar um padrão da aplicação dos parâmetros da portaria de entorno com a cidade existente, comparando a setorização da LUPOS. A consolidação dos dados, em forma de tabela, permitiu observar que cada setor determinado pela Portaria de Entorno do IPHAN, equivale a diversos setores da LUPOS, não sendo possível observar padrões para comparação entre os parâmetros edifícios propostos pelas duas instituições.

Os conflitos que tangem a gestão da área de entorno no rio são parecidos com os da área de entorno do Conjunto Urbano e Paisagístico, referindo-se principalmente à sobreposição de parâmetros contraditórios pelas legislações municipal e federal, e pela falta de articulação destes órgãos. No caso dos rios, a situação é agravada pela carência de atuação constante do órgão federal nestas áreas.

O IPHAN vem sofrendo constantemente pressões externas e internas em decorrência da inaplicabilidade e desatualização da norma vigente. É comum o recebimento de solicitação para reforma ou construção em sua área de entorno. A Portaria exige parâmetros, como gabarito ou afastamento, em que as edificações vizinhas não seguem.



**Figura 3-19 - Sobreposição dos Tombamentos Estadual e Federal-2019 - (Fonte: Raíssa Rangel Damiano)**

## **Conjunto Tombado do Centro Histórico**

O conjunto tombado do Centro Histórico corresponde aos locais mais nobres da cidade, tendo sido projetado por Köeler para abrigar a Vila Imperial e a residência de verão do Imperador.

A Avenida Köeler, primeira rua tombada em conjunto na cidade, no ano de 1964, é considerada o eixo monumental da cidade, delimitada, de um lado, pela Catedral São Pedro de Alcântara e, do outro, pela Praça da Liberdade. É constituída por palacetes da aristocracia do Período Imperial, caracterizados pela implantação em centro de terreno, lotes grandes, baixa densidade, implantação das edificações na parte mais baixa do lote e voltadas para o rio. O fato de o conjunto ter sido tombado em 1964, devido à ameaça de demolição da casa de n.º 260 desta rua, onde hoje funciona a Prefeitura Municipal de Petrópolis, conseguiu garantir a preservação de todos os imóveis, sendo esta, hoje, a que mais preserva os princípios do Plano Köeler.

A Avenida Tiradentes e a Rua da Imperatriz mesclam os palacetes, com características semelhantes aos da Avenida Köeler, com edifícios multifamiliares. Destes, a maior parte possui quatro pavimentos. No entanto, encontra-se exemplares com até dez pavimentos.

A Rua da Imperatriz abriga também o Palácio Imperial, hoje Museu Imperial, tombado individualmente, e o Palácio Amarelo, ocupado pela Câmara dos Vereadores de Petrópolis.

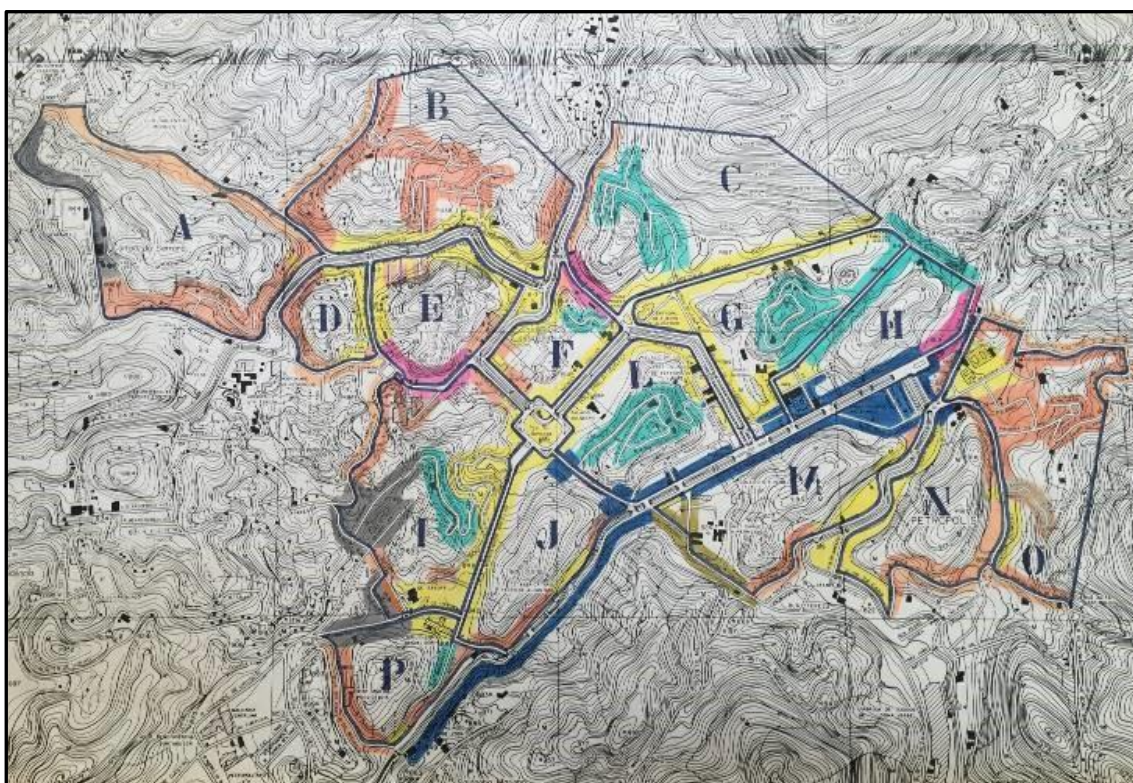
A Praça Rui Barbosa, ou Praça da Liberdade, é parcialmente rodeada de edifícios de gabarito elevado, com mais de dez pavimentos, que convivem ao lado de residências neoclássicas. A Praça localiza-se na extremidade da Avenida Köeler, marcando o início do Eixo Monumental da cidade.

Destaca-se a singularidade da inclusão da Praça no tombamento do conjunto, apesar do considerável número de edifícios altos. Condição esta que justificou a exclusão da Rua do Imperador do tombamento. De acordo com o Processo de Tombamento 662-T-62, a inclusão da Praça da Liberdade não se deu exclusivamente pelos valores paisagístico ou urbanístico, mas também pelo seu valor simbólico para a comunidade. É a praça central da cidade, e ponto de encontro da população. De fato, é possível observar a apropriação deste espaço público pela comunidade, não só em dias de eventos onde reúne multidões, mas nas atividades cotidianas, tanto como um lugar de passagem quanto de pouso e de encontros.



### Área de Entorno do Conjunto

A área de entorno do Conjunto Urbano e Paisagístico do Centro Histórico é formada por uma poligonal que circunda os bens tombados em conjunto (**Figura 3-20**). Tal envoltória foi traçada durante os estudos para elaboração da Portaria IPHAN n.º 213/96, baseada na topografia da cidade. Ao analisar o mapa com a demarcação da área de entorno, observa-se a inclusão dos morros próximos aos bens tombados. Com isso, os limites desta poligonal acompanham as vias na base dos morros. Excetuam-se o morro entre a avenida Barão do Rio Branco, rua Treze de Maio e avenida Ipiranga (localizado na área C do mapa abaixo), e o morro entre a rua Barão do Rio Branco e avenida Presidente Kennedy (localizado na área B do mapa abaixo). Em ambos os casos, o limite da poligonal é o topo dos morros, de modo a incluir apenas a vertente voltada para as ruas tombadas, no caso, avenida Ipiranga e avenida Piabanha, respectivamente.



**Figura 3-20 - Mapa da Poligonal de Entorno do Conjunto Urbano e Paisagístico do Centro Histórico. Em Amarelo, os Imóveis Tombados e nas Demais Cores a Área de Entorno - (Fonte IPHAN 1996/Raíssa Rangel Damiano)**



## **Rios Tombados e Seus Entornos**

A Portaria IPHAN n.º 213/1996 determina uma faixa e entorno de 100 metros, a partir do eixo dos rios tombados, em direção a cada margem. Excetua-se o rio Quitandinha, “em direção à sua margem direita, no trecho compreendido entre a praça Augusto F. Albino e a rua México”, no qual essa faixa é de 200 metros (BRASIL, 1996). Na área de entorno dos rios, os morros a sua volta não estão legalmente protegidos pelo IPHAN uma vez que a faixa de 100 metros, a partir do eixo do rio, não alcança todos os topos dos morros.

O tombamento do Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis inclui a preservação de 16 rios, estes atravessam toda a cidade e estruturou a ocupação urbana. Esses rios refletem diferentes cenários da preservação em Petrópolis: áreas mais próximas ao Centro Histórico, em que o rio, de fato, se mostra parte estrutural da cidade, mesmo sendo ladeado por edificações mais modestas que compõem o entorno, e outras em que os cursos d’água nunca tiveram tratamento de suas margens e estas vêm sendo ocupadas mais recentemente, dificultando sua compreensão como parte da estrutura urbana de Köeler.

Porém, antes de discutir a atual situação dos rios tombados e seus entornos, faz-se necessário abordar a importância de cursos d’água no desenho da cidade e no planejamento urbano. Essa discussão torna-se ainda mais imperativa em Petrópolis, diante dos significados e valores que os rios representam para a cidade.

Os cursos d’água que um dia foram elemento precursor das primeiras formações de civilizações, que se instalavam às suas margens, hoje são rios urbanos que cortam importantes cidades ao redor do mundo. Segundo Mariane Telles Sá Freire, apesar de terem tido amplo destaque e importância na formação dessas morfologias urbanas, constantemente são esquecidos, negligenciados e poluídos desde o início dos processos de urbanização (FREIRE, 2015).

É evidente, a partir da observação da paisagem, a importância dos cursos d’água na ocupação urbana de Petrópolis. A rede hidrográfica foi o elemento estruturante do tecido viário do Plano Köeler de 1846. As vias foram projetadas paralelas ao eixo dos rios, e os lotes foram distribuídos de forma perpendicular a estes, com as edificações voltadas para a via e o curso d’água, como afirmou Hertz durante as entrevistas. Do mesmo modo, em momento posterior, quando Petrópolis foi um importante polo industrial têxtil para o Brasil, as fábricas foram implantadas ao longo dos cursos d’água.

Entretanto, observou-se que nem mesmo os técnicos do IPHAN compreendem e concordam com o tombamento dos rios na extensão em que foi realizado. Na realidade, discordância não é em relação ao tombamento em si, mas a dimensão de sua área de entorno.

Ou ainda, com a gestão praticada desde a instituição da Portaria n.º 213/96. Há partes da área de entorno que até os funcionários mais antigos não tinham conhecimento que estavam sob tutela do IPHAN, o que leva a crer que a instituição não cumpriu de fato com suas atribuições de zelar pelas áreas definidas como tombadas ou de entorno.

Parte dos habitantes destas áreas mais afastadas tampouco sabem que estão sobre jurisdição do IPHAN, o que acelera o processo de construções sem a prévia anuência. Algumas destas construções irregulares integram o processo de favelização da cidade, ocupadas pela população economicamente menos favorecidas. Além da não aprovação no IPHAN, muitos também não possuem licença municipal, assim como carecem de acesso a recursos como saneamento básico e fornecimento regular de eletricidade. No que concerne a estas áreas, a solução extrapola a competência da política de patrimônio cultural e deve ser tratada em conjunto com os órgãos competentes da municipalidade, com políticas habitacionais, sociais, ambientais e de defesa civil, na medida em que comumente localizam-se em áreas de perigo e risco.

As vias ao longo dos rios variam de acordo com o relevo do local. Pode-se distinguir duas tipologias principais. Uma delas é quando o rio corta o centro da via, tendo desta forma duas caixas de rua, uma em cada lado do curso d'água. Em geral, nestes casos, o rio, que está no meio de duas faixas de rolamento, encontra-se afastado do pedestre, que não tem contato direto com o bem tombado. Além disso, em alguns trechos a margem dos rios é utilizada como estacionamento de veículos. Esta tipologia é encontrada em parte do rio Piabanha, em trechos da rua Bingen e da rua Barão do Rio Branco. Outra tipologia comum é quando o rio é margeado de um lado pela via e do outro por edificações, cujo acesso se dá através de pontes para cada um dos lotes. É o caso de grande parte dos afluentes de menor dimensão, como o rio Paulo Barbosa, na rua Mosela, e rio Alpoim, na rua Ingelheimr

Com o levantamento da área de entorno dos rios, representado no mapa (Erro! Fonte de referência não encontrada.), foi possível observar que há rios ainda bem preservados, que mantém a característica de elemento qualificador da paisagem urbana. Isso pode ser observado dentro da poligonal de entorno do Conjunto Urbano e Paisagístico, mas também em alguns trechos de rios fora desta poligonal, como por exemplo, no rio Paulo Barbosa,

na rua Mosela, o rio Palatino, na altura da rua Dr. Sá Earp e o rio Piabanha, na avenida Barão do Rio Branco. Há alguns trechos, principalmente os mais afastados do Centro Históricos, em que o rio não exerce mais o papel de estruturador do traçado urbano (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

Percebe-se com o mapa que os trechos em bom estado de conservação (cor verde) estão próximos à poligonal de entorno do Centro Histórico. Esse estado de conservação não se refere apenas às edificações em si, mas, principalmente, à paisagem urbana. Foram analisados se estes locais ainda guardam aspectos do Plano Köeler, se os cursos d'água são os elementos estruturantes do desenho urbano e protagonistas da morfologia da cidade. Observaram-se, não só, os aspectos físicos destes cursos d'água, como também a sua boa manutenção e qualidade da água.

A diferença de situação entre o trecho do rio que se encontra dentro e o que se acha fora da Poligonal de Entorno do Centro Histórico demonstra a fragilidade da instituição em proteger o entorno dos rios. Constatou-se que a dinâmica urbana não seguiu, em sua totalidade, os parâmetros iniciais do Plano Köeler.

O rio Piabanha é a base do Plano Köeler e do sistema viário da cidade, onde os demais rios tombados e utilizados no plano Köeler são seus afluentes. Deste modo, o rio Piabanha foi também o rio mais citado no processo de tombamento, devido à sua importância para a cidade, sendo decidido, posteriormente, quais de seus afluentes seriam também incluídos no tombamento.

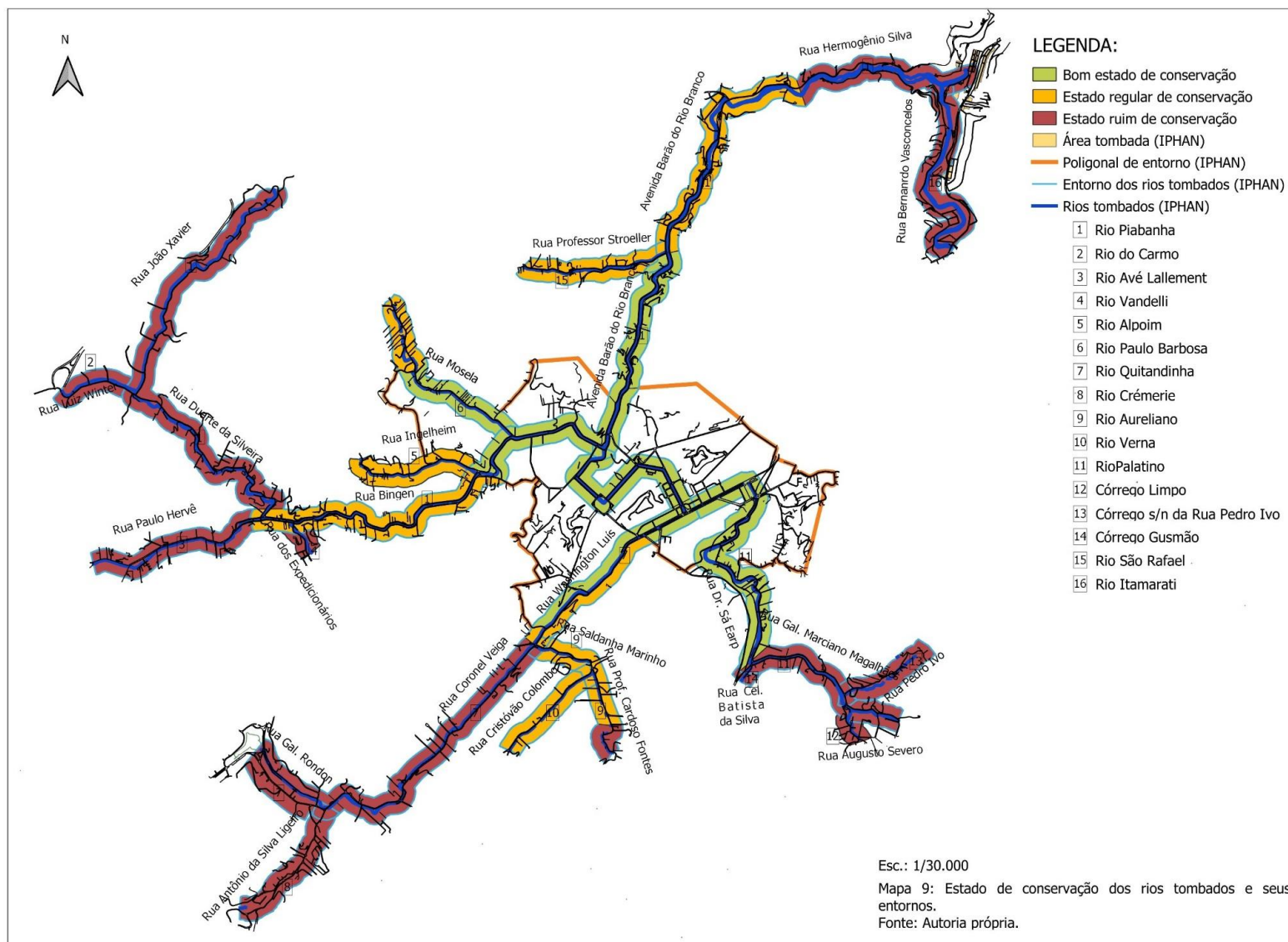
A longa extensão do trecho tombado do rio evidencia a heterogeneidade do território petropolitano. O entorno de seu trecho tombado apresenta áreas em bom estado de conservação e outras bastante degradadas. Mais uma vez, as áreas mais afastadas do Centro Histórico são as mais descaracterizadas. Ao mesmo tempo que ainda apresentam áreas verdes não ocupadas, há também inúmeras construções irregulares. Será aqui demonstrada a diversidade da qualidade urbana no entorno deste rio, com a análise de três trechos: a avenida Barão do Rio Branco (em bom estado de conservação), a rua Bingen (estado regular de conservação) e a rua João Xavier (estado ruim de conservação).

A avenida Barão do Rio Branco liga o centro da cidade aos demais distritos do município, como Cascatinha e Itaipava. O rio Piabanha, neste trecho, em geral, está bem conservado. O leito do rio é largo e arborizado com árvores de grande porte. A paisagem é marcada pela declividade do terreno, determinando a tipologia das edificações, que estão elevadas em relação ao nível da rua.

O entorno do trecho do rio Piabanha que acompanha a rua João Xavier evidencia, através da tipologia arquitetônica, a desigualdade social. Pode-se constatar a presença de casas com lotes de grandes dimensões, aparentemente de classe média a alta, ao lado de pequenas residências de construção irregular e inacabadas (sem reboco). Parte destas edificações encontra-se entre a via e o rio, algumas com a estrutura dos fundos dentro do rio.

Em outro trecho, as edificações ocupam a encosta. No entanto, a rua João Xavier ainda possui grandes extensões de áreas verdes não ocupadas, provavelmente devido ao relevo acentuado.





**Figura 3-21 - Mapa do Estado de Conservação dos Rios Tombados e Seus Entornos - (Fonte: Raíssa Rangel Damiano)**

## **Análise dos Estudos**

Os estudos analisados apresentam um painel interessante sobre os conflitos de gestão dos sítios de Patrimônio Histórico protegidos pela legislação federal no município, mostrando o conflito de interesses e fazendo uma análise do processo histórico das legislações conflitantes e a tendência atual. Para os estudos em foco é importante pois fornece elementos para embasar uma avaliação com antecedência dos possíveis entraves das soluções de engenharia propostas face à necessidade de preservação do Patrimônio Histórico, que constitui um aspecto de suma importância, sobretudo, no Centro Histórico de Petrópolis.

### *3.2.10. Análise de Mancha de Alagamento no Centro Urbano do Município de Petrópolis/RJ, Utilizando o Modelo Modcel - 2021 - Ana Costa Marques Machado et al. (Referência 48)*

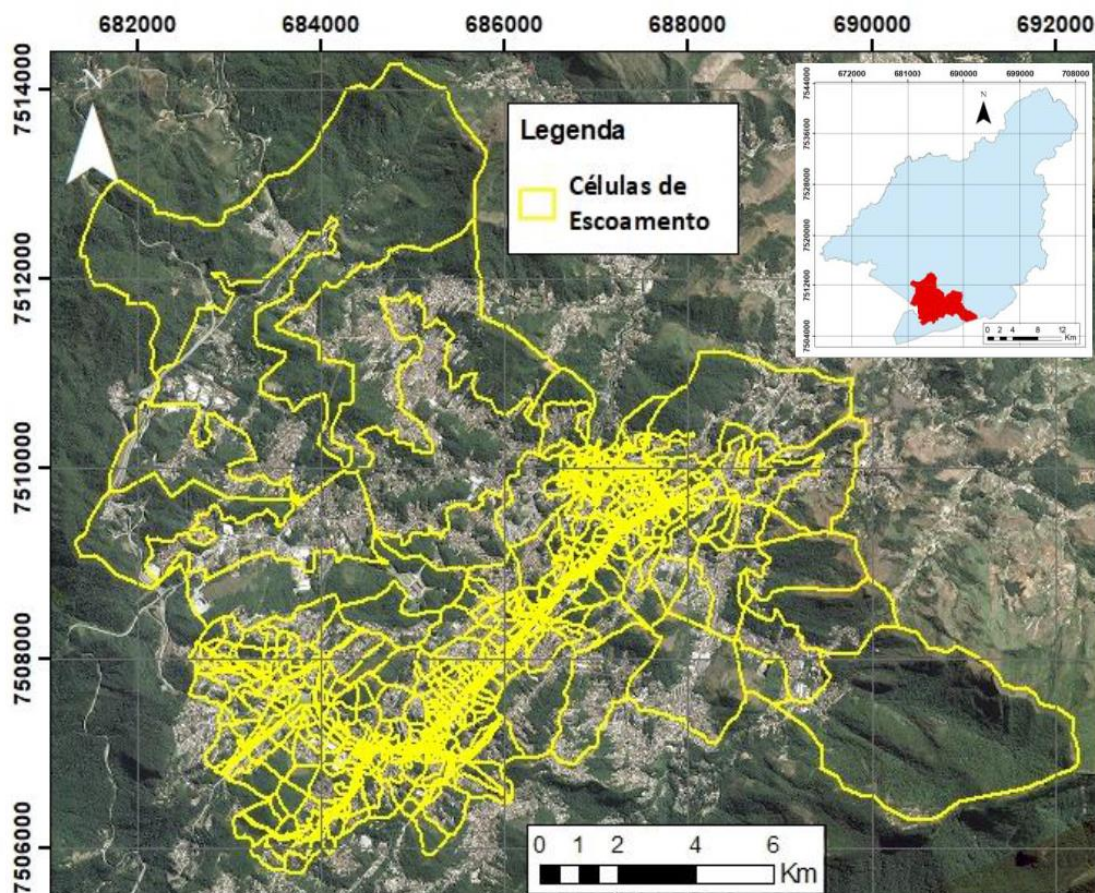
O estudo analisado consiste em um artigo técnico apresentado XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos apresentando uma modelagem hidrodinâmica para a bacia do rio Quitandinha com o modelo de Células de Escoamento - MODCEL, desenvolvido por Miguez (2001). Este é um modelo Quasi-2D, que tem como princípio a representação do espaço urbano através de compartimentos homogêneos (células de escoamento) que cobrem toda a superfície da bacia, integrando todo o espaço bidimensional.

No modelo utilizado as interações entre as células, porém, são reproduzidas através de ligações representando relações unidimensionais, que formam uma rede bidimensional em loop, com possibilidade de escoamento em várias direções. Esse arranjo, capaz de reproduzir os diversos padrões de escoamento, representa a bacia de forma integrada. Os padrões de escoamento entre essas células podem ser calculados através de leis hidráulicas conhecidas, como, por exemplo, a equação dinâmica de Saint-Venant, completa ou simplificada, a equação de escoamento sobre vertedouros, livre ou afogado, a equação de escoamento através de orifícios, equações de escoamento através de bueiros, entre outras várias (Miguez et al., 2017b).

Segundo os estudos analisado, o processo de modelagem por células de escoamento iniciou-se pela análise da região através de levantamentos e plantas topográficas, aerofotogrametria, imagens de satélite e visitas de campo, entre outras fontes de informações disponíveis. Com isso, foi feito um Modelo Digital de Terreno (MDT), que, como apoio de ferramenta SIG, serviu como base para a divisão da bacia em 841 células de

escoamento, sendo 90 células de canal, 2 células de galeria, 501 células de planície e 248 células de encosta.

A **Figura 3.22** apresenta o domínio da modelagem definido e a representação em células de escoamento da bacia hidrográfica.



**Figura 3-22 - Divisão da Bacia do Rio Quitandinha em Células de Escoamento**

Após a montagem dos dados de entrada do MODCEL, foi necessário realizar a calibração do modelo. A etapa de calibração do modelo matemático se refere ao processo de ajuste dos parâmetros, dentro de uma faixa de variação aceitável, buscando-se a maior proximidade possível entre os dados que representam a resposta do modelo e a medição do fenômeno físico. Portanto, para esse processo foram realizadas comparações entre as respostas do modelo matemático construído e as medições registradas para as estações de monitoramento do sistema de alerta do INEA (INEA, 2021), existentes para o rio Quitandinha. Foram analisados os dados da chuva que ocorreu no horário de 19:15 até 22:00 horas no dia 01/04/2021, da estação 2243317, na rua Coronel Veiga, e da estação 2243313, no centro da cidade.



As estações de monitoramento do INEA são correspondentes às células 812 (estação 2243317) e 834 (estação 2243313) do modelo. A calibração do modelo teve como referência o comportamento dessas células, comparado com o observado nas respectivas estações, como apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

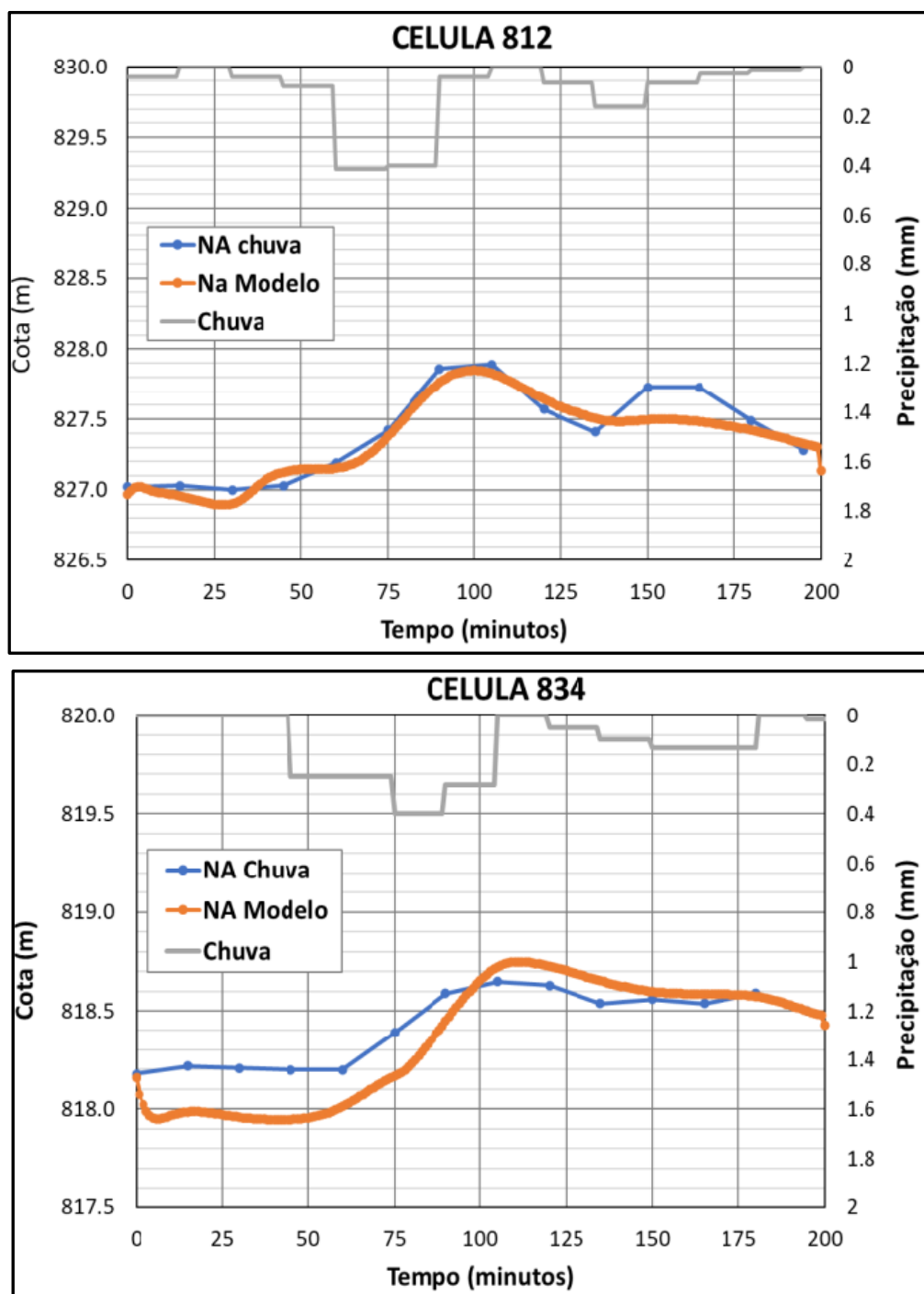
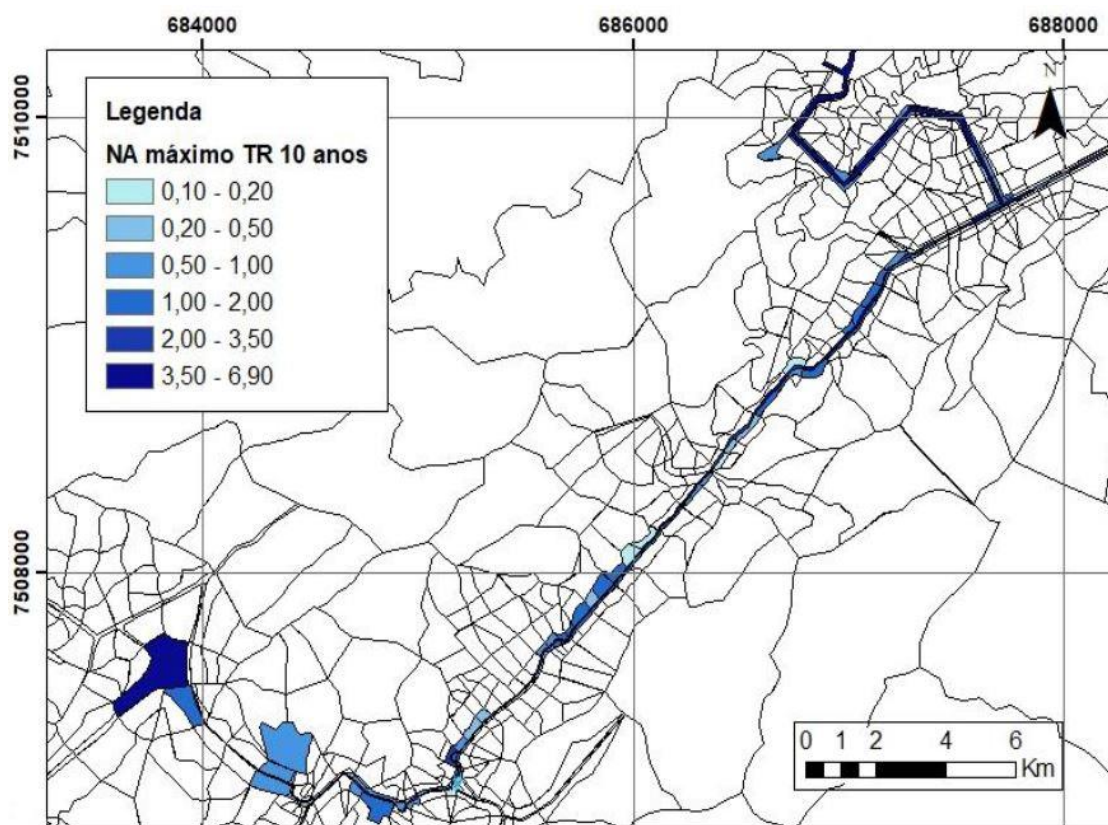


Figura 3-23 - Calibragem do Modelo Utilizando os Dados Pluviométricos e as Seções das Estações Fluviométricas do INEA - (Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)

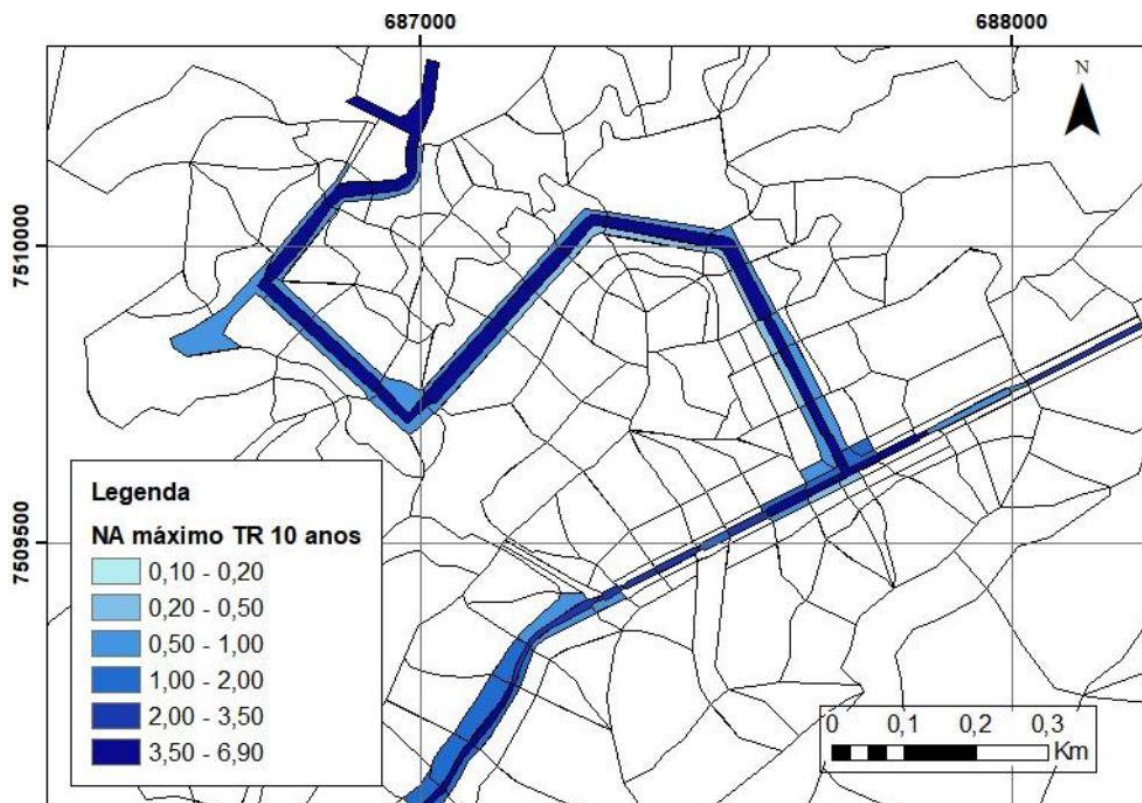


Foram elaboradas simulações hidrodinâmicas para as vazões correspondentes a chuvas de TR 10, 25 e 50 anos.

Os resultados apresentados para a mancha de alagamento considerando vazão de TR igual a 10 anos, observada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, apontam que o rio extravasa da calha em alguns pontos. No início do escoamento, logo após o lago do Quitandinha, a lâmina d'água chega a 1,60 m. No início da rua Coronel Veiga, o alagamento fica em torno de 0,60 m, sendo os piores locais a curva onde se encontra o posto de combustível Ipiranga e a curva onde se encontra o posto de combustível Alps, onde o alagamento chega a 1,10 m. Antes do rio Quitandinha entrar no centro da cidade e ter sua calha mais larga, o rio chega a extravasar, alagando 1,70 m nas margens. Após o rio Quitandinha entrar no centro e se encontrar com o rio Palatino, a lâmina de água varia entre 0,60 m e 1,50 m ao longo do canal, como apresentado com maior detalhe na **Figura 3-24**.



**Figura 3-24 - Mancha de Inundação Obtida para o TR de 10 anos - (Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)**



**Figura 3-25 - Mancha de Inundação Obtida para o TR de 10 anos Detalhe do Centro Histórico.**  
(Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)

Os resultados encontrados para a mancha de alagamento considerando vazão de TR igual a 25 anos, o autor observa que os locais de inundação variam pouco em relação ao observado para a mancha com o TR de 10 anos. Este comportamento já era esperado, visto que o rio Quitandinha é um rio montanhoso sem grandes áreas de planícies de inundação, onde possam ocorrer maiores amortecimentos.

**A Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra que no início do escoamento, logo após o lago do Quitandinha, a lâmina d'água chega a 1,80 m. No início da rua Coronel Veiga, o alagamento fica em torno de 0,70 m, sendo os piores locais continuam sendo as curvas onde se encontra o posto de combustível Ipiranga e a outra onde se encontra o posto de combustível Alps. O alagamento nestes pontos chega a 1,15 m, próximo do valor encontrado para o TR de 10 anos. Já para o trecho antes do rio Quitandinha entrar no centro da cidade, houve um aumento da lâmina d'água de alagamento, chegando a 1,90 m nas margens. Após o rio Quitandinha entrar no centro e se encontrar com o rio Palatino, a lâmina de água varia entre 0,60 m e 1,70 m ao longo do canal, como apresentado em maior escala na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**



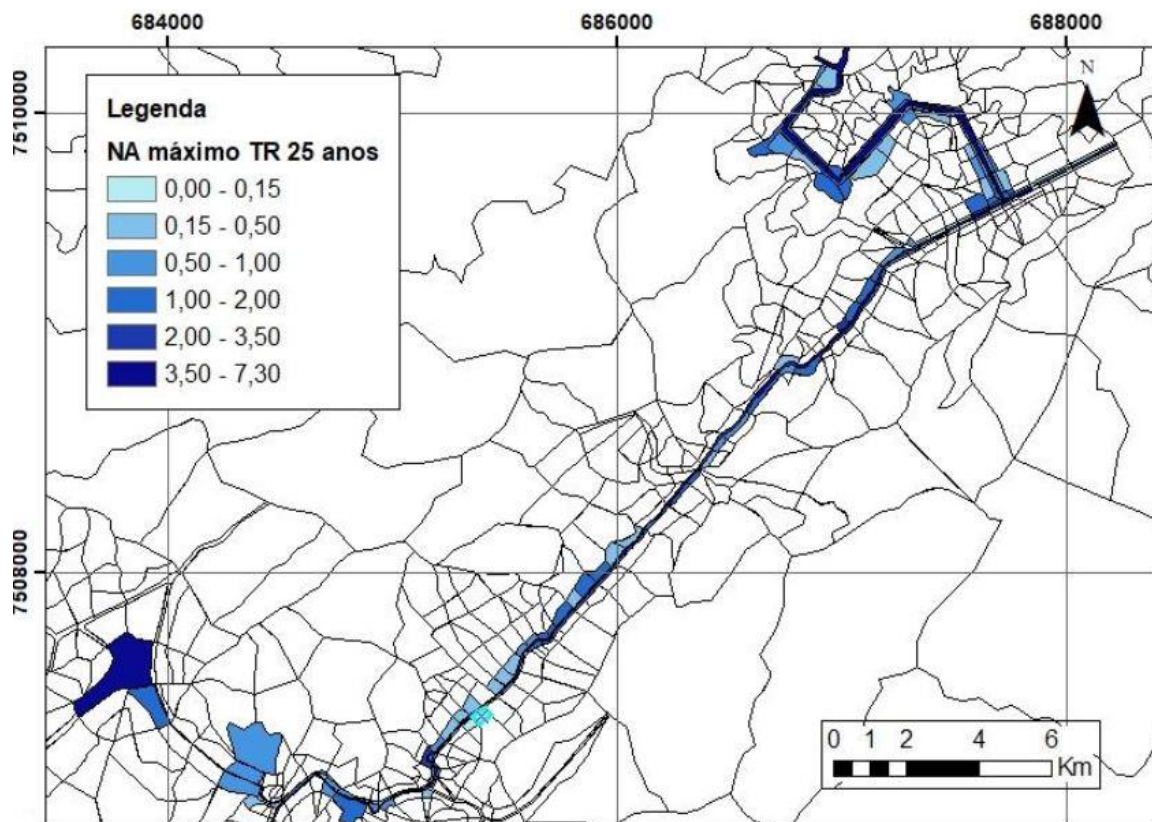


Figura 3-26 - Mancha de Inundação Obtida para o TR de 25 anos. (Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)

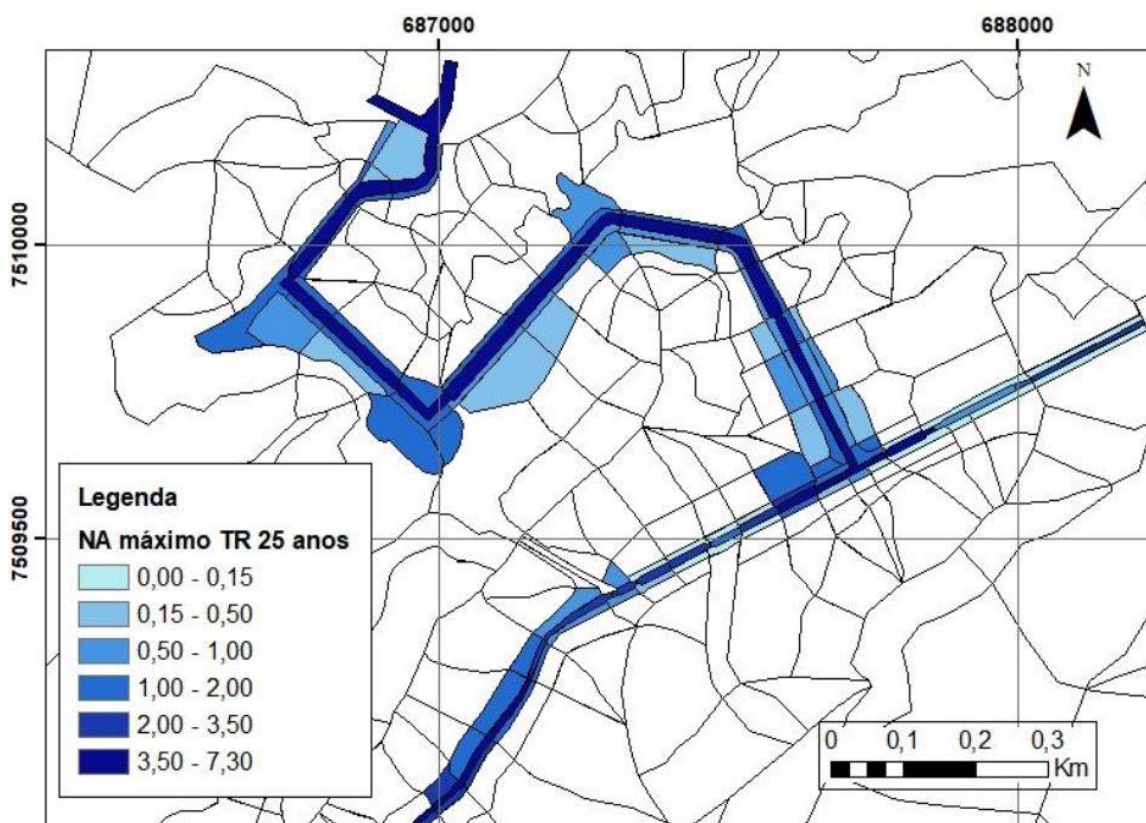
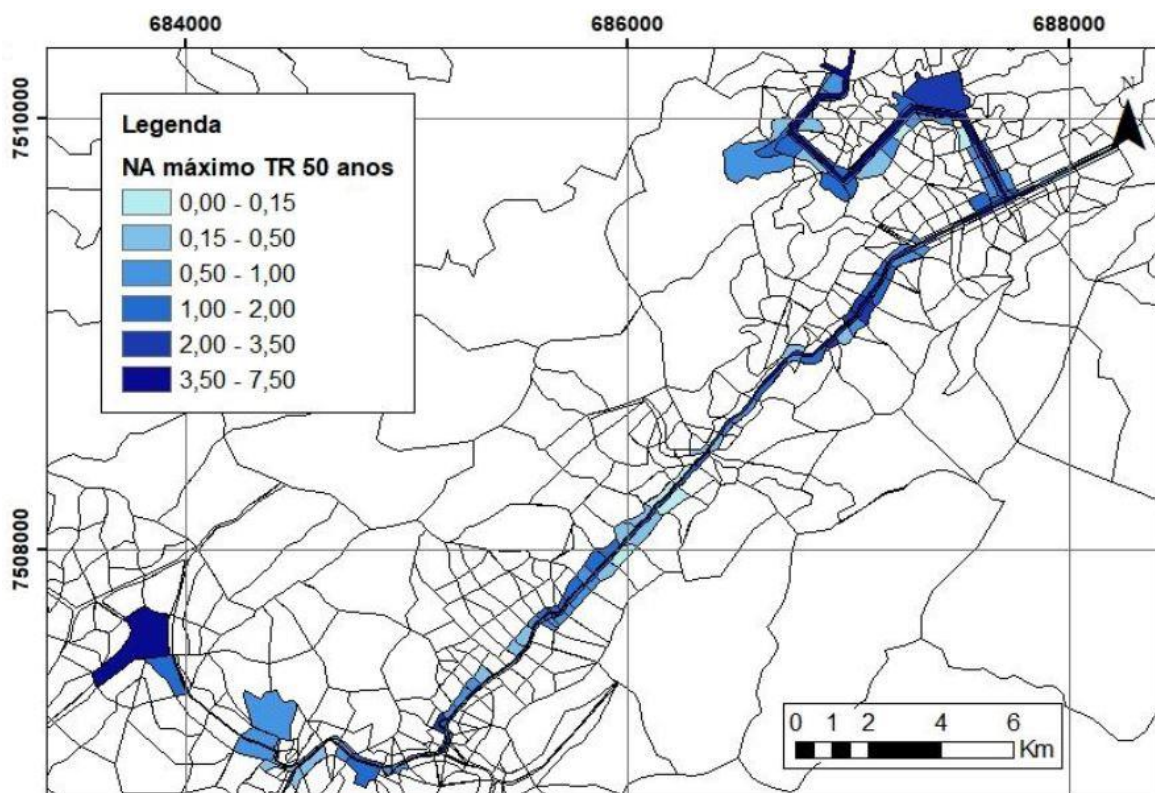


Figura 3-27- Mancha de Inundação Obtida para o TR de 25 anos Detalhe do Centro Histórico. (Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)

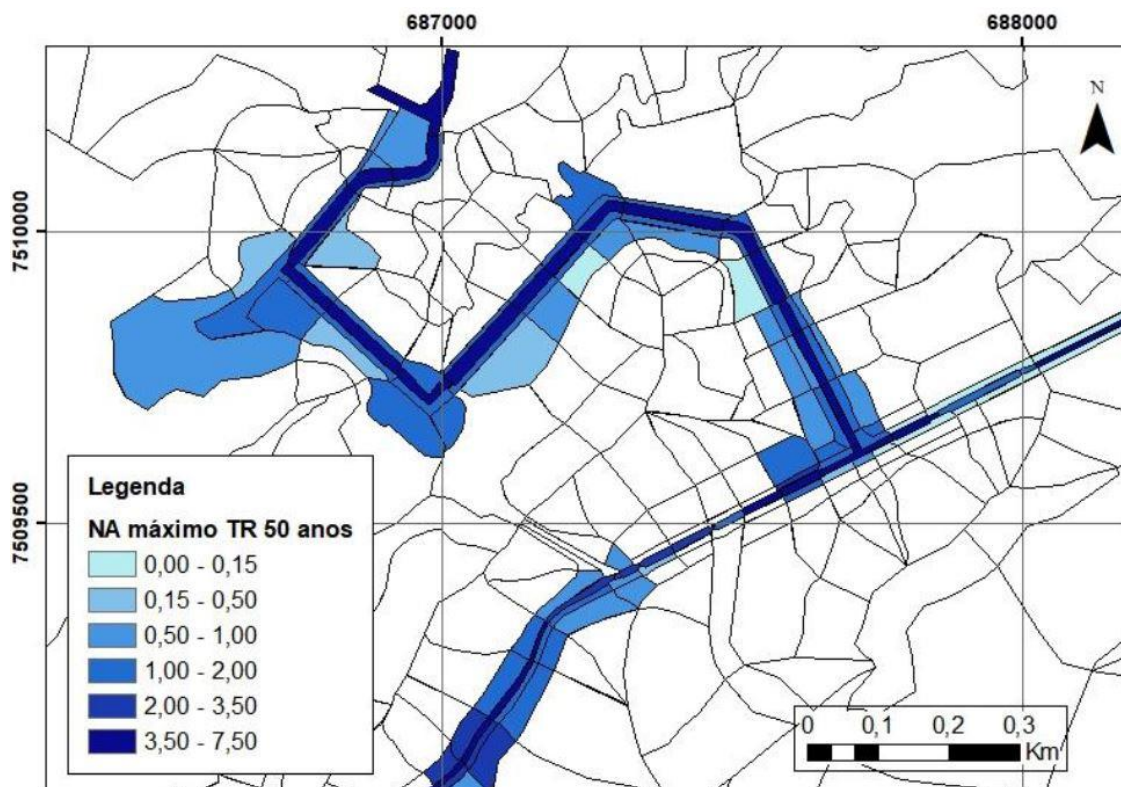
Nos resultados encontrados para a mancha de alagamento considerando vazão de TR igual a 50 anos, observa-se que o comportamento das células se manteve similar ao observado para os TRs 10 e 25 anos, em termos de abrangência espacial, com variação apenas do NA.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra que no início do escoamento, logo após o lago do Quitandinha, a lâmina d'água chega a 1,95 m. No início da rua Coronel Veiga, o alagamento variou em 0,50m a 1,0 m. As curvas onde se encontra o posto de combustível Ipiranga e a curva do posto de combustível Alps, continuam sendo os piores pontos e a lâmina d'água para esses pontos não teve diferença do encontrado para o TR de 25 anos, chegando a 1,15 m. Já para o trecho antes do rio Quitandinha entrar no centro da cidade, a lâmina d'água de alagamento variou entre 0,80 a 2,00 m nas margens. Após o rio Quitandinha entrar no centro e se encontrar com o rio Palatino, a lâmina de água varia entre 0,80 m e 2,00 m ao longo do canal, como apresentado em maior escala na Erro! Fonte de referência não encontrada..



**Figura 3-28 - Mancha de Inundação Obtida para o TR de 50 anos. (Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)**





**Figura 3-29 - Mancha de Inundação Obtida para o TR de 50 anos Detalhe do Centro Histórico.**  
(Fonte: Ana Costa Marques Machado et al.)

### Análise dos Estudos

Os estudos analisados apresentam manchas de inundação calibradas para a região dos estudos e, portanto, servem como um parâmetro balizador para as simulações hidrodinâmicas que serão executadas no presente trabalho para os mesmos locais.

### **3.3. Análise dos Artigos Técnicos e Publicações de Jornais**

Além dos estudos técnicos analisados a consultora buscou também levantar os principais artigos técnicos publicados em jornais e palestras sobre soluções possíveis para a mitigação das enchentes do Centro Histórico. Embora estes documentos não apresentem o nível de profundidade dos estudos desejado para que pudessem subsidiar os estudos ora em foco, no entanto, apresentam ideias de soluções alternativas que poderão ser estudadas e desenvolvidas para integrar as soluções de projeto.

Na sequência são apresentados os principais documentos com esse enfoque.

### 3.3.1. Enchentes em Petrópolis - Algumas Soluções que Podem Minimizar o Problema - 2022 - Eng. Claudio Taves Jr. (24) 981-395594 - claudiotavesjr@gmail.com

O citado engenheiro publicou no Diário de Petrópolis um artigo técnico que apresenta algumas soluções para mitigação dos efeitos das enchentes no Centro Histórico de Petrópolis.

Na sequência são apresentados alguns aspectos das soluções propostas.

Tendo em vista ser o Lago do Quitandinha um grande contribuinte às enchentes do centro, bem como o rio Cremerie, entendo que uma das sugestões é reter no próprio lago do Quitandinha, via comporta de contenção, as chuvas durante determinado período de tempo.

Pela imagem do Google Earth do lago do Quitandinha foi possível calcular sua área em aproximadamente 23.107 m<sup>2</sup>. A profundidade média do lago é 1,5 m e ele é artificial construído pelo Hotel e Cassino Quitandinha em 1950.



Figura 3-30 - Lago do Quitandinha

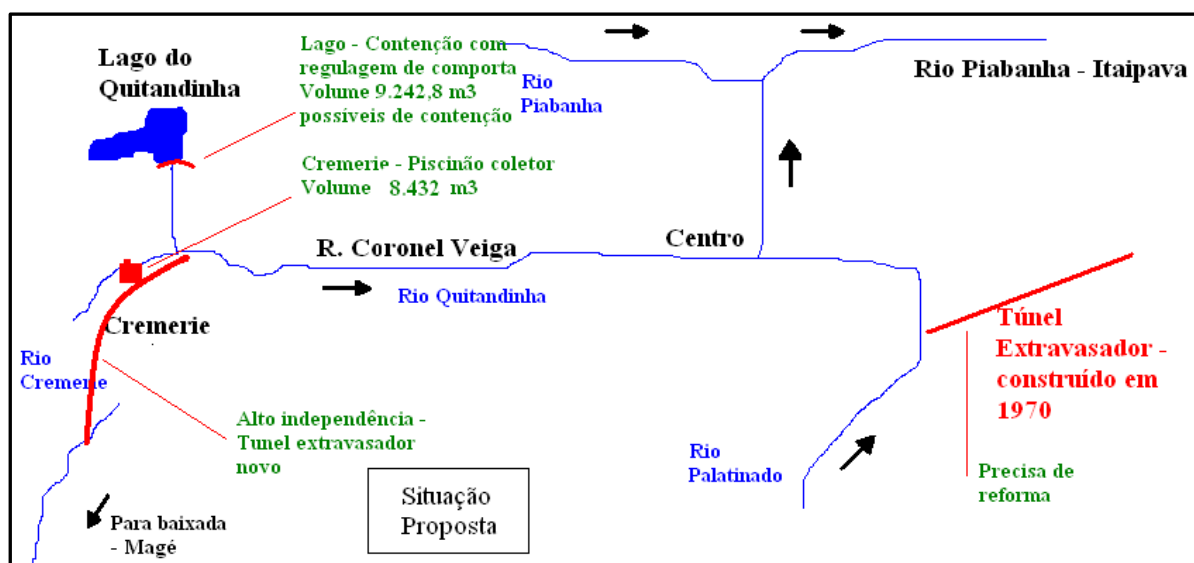
Por ser um patrimônio tombado o Lago não poderia ter suas margens modificadas, no entanto, se entre novembro e abril, o lago fosse mantido 15 cm abaixo de seu nível normal e se ainda durante uma chuva intensa, as comportas a serem projetadas fossem erguidas 25 cm acima do nível normal, teríamos uma variação total de 40 cm na capacidade de armazenamento, o que gera  $23.107 \text{ m}^2 \times 0,40 \text{ m} = 9.242,8 \text{ m}^3$  de água retida. Considerando a interrupção da vazão de  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  na saída da comporta, temos a possibilidade de reter até 38 minutos de água intensa causada pela chuva.

O autor ressalta no artigo que esse aumento de capacidade seria temporário, ocorrendo apenas durante o pico das chuvas, de forma que o lago promova a retenção necessária da cheia durante os eventos extremos.

Após a chuva, obviamente a comporta volta ao nível de 15 cm abaixo do nível normal, liberando a água gradualmente para o rio Quitandinha. Isso deve reduzir em até 40% os alagamentos do centro histórico e da rua Coronel Veiga.

Essa solução se for implantada de forma isolada não soluciona o problema por completo. Assim, o autor propõe ainda, a implantação de um piscinão interceptando o rio Cremerie que seria implantado na entrada do Parque Cremerie, com dimensões de 64 m a 34 m = 2.108 m<sup>2</sup> e uma profundidade de 4 m, criando um piscinão de 8.432 m<sup>3</sup>. Com essas soluções o autor estima que pode mitigar bastante o efeito das cheias.

O autor propõe também a construção de um túnel extravasor que ligando o bairro Cremerie ao bairro Alto independência, de forma a conduzir para Baixada Fluminense (Magé) o excesso de águas da bacia do Quitandinha.



**Figura 3-31 - Croqui Esquemático das Soluções Propostas pelo Eng. Claudio Taves Jr.**



### 3.3.2. Engenheiro Petropolitano Propõe Solução para Alagamentos no Centro de Petrópolis - Pedro Henrique Lima Silva (Artigo no Diário de Petrópolis de 15/01/2017)

O engenheiro petropolitano Pedro Henrique Lima Silva apresentou um trabalho acadêmico propondo uma solução que considera viável para as enchentes no Centro de Petrópolis. Pedro Henrique Lima Silva, engenheiro civil, apresentou o TCC dele na Universidade Católica de Petrópolis (UCP). Ele passou cerca de três anos estudando o problema e chegou a mais de uma solução viável. No trabalho, ele apresenta a solução que considera ideal: repetir o que já foi feito no rio Palatino e fazer um desvio subterrâneo do rio Quitandinha.

A proposta, segundo o autor, é fazer um desvio através de um túnel hidráulico subterrâneo com cerca de 380 m de extensão indo do rio Quitandinha no final da rua Washington Luiz até a praça da Liberdade, onde haveria uma bacia de detenção subterrânea com área estimada de cerca de 13.400 m<sup>2</sup>. De lá, a água, após o pico da cheia, seria bombeada para o rio Quitandinha no trecho adjacente à rua Roberto Silveira, que, segundo o autor, já possuiria capacidade de calha para suportar a vazão (Figura 3-32).



**Figura 3-32 - Croqui Esquemático de Parte da Solução Proposta**  
(Fonte: Adaptado de Pedro Henrique de Lima e Silva)



O autor ainda apresenta uma segunda solução que poderia ser implantada junto com a primeira, que seria a implantação de três bacias de retenção de água em três pontos do rio Quitandinha. Ele sugere três locais, onde não seria necessário construir debaixo de prédios. A primeira seria no Parque Cremerie com área estimada de 8.000 m<sup>2</sup>, a segunda seria implantada embaixo de um estacionamento do lado da Fábrica de Chocolates Patrone com área estimada de 9.000 m<sup>2</sup> e a terceira em um terreno baldio próximo ao Posto Shell da rua Coronel Veiga com área estimada de 1.600 m<sup>2</sup> (**Figura 3-33**).



**Figura 3-33 - Croqui Esquemático da Continuação da Solução Proposta (Fonte: Adaptado de Pedro Henrique de Lima e Silva)**

### *3.3.3. Mudanças nas Calhas Fluviais dos rios Urbanos de Petrópolis-RJ -2022 - Manoel do Couto Fernandes - Artigo Publicado no G1 em 22/02/2022.*

Os três principais rios que cortam a cidade de Petrópolis, na região serrana do Rio de Janeiro, foram "estrangulados": perderam suas ilhas fluviais, ficaram menos sinuosos e estão com até 56% de sua vegetação original suprimida. Os dados são de um estudo de 2019 feito por pesquisadores da UFRJ sobre os rios Quitandinha, Palatino e Piabanha.

Somente no Quitandinha, cujas águas subiram sete metros (15/02/2022), chegando a arrastar dois ônibus para o seu leito, a estimativa é que a largura máxima da margem perdeu cerca de 20 metros desde o século XIX.

"Hoje o rio tem extensões que não passam de 5 metros de largura, ou seja, toda essa malha fluvial foi descaracterizada, o rio foi estrangulado, por isso ele tem menos local para acomodar água", explica o autor do estudo, Manoel do Couto Fernandes, doutor em geografia e pesquisador do GeoCart (Laboratório de Cartografia/UFRJ).

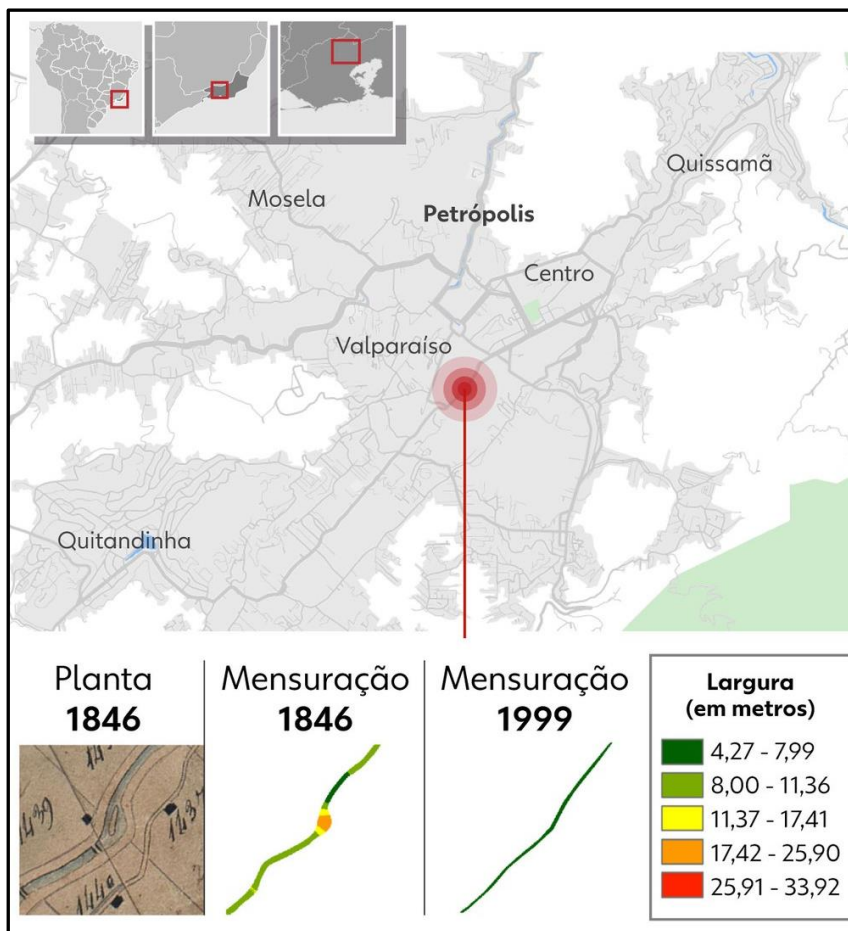
Essas mudanças, contudo, são apenas um dos fatores que explicam a tragédia ocorrida no dia 15/02/2022, um problema com raízes ambientais e sociais históricas. Especialistas ouvidos pelo g1 ressaltam que, com as mudanças climáticas, eventos extremos como o de Petrópolis serão cada vez mais recorrentes, mas que a "ciência continua produzindo informações fundamentais para que o poder público aja" desde já.

As **Figuras 3-34 e 3-35** apresentam em imagens as transformações nos rios que cortam a Cidade Imperial.

Segundo o estudo, ao longo do último século, diversos trechos dos rios foram encurtados e suprimidos para a construção de edificações e passagem de ruas.

Os pesquisadores conseguiram chegar a essa conclusão porque Petrópolis é um município que teve um planejamento urbano estabelecido por decreto imperial, dessa forma, documentos cartográficos históricos puderam ser analisados e comparados com registros mais recentes. Na sequência, vemos dois exemplos comparativos no rio Quitandinha.





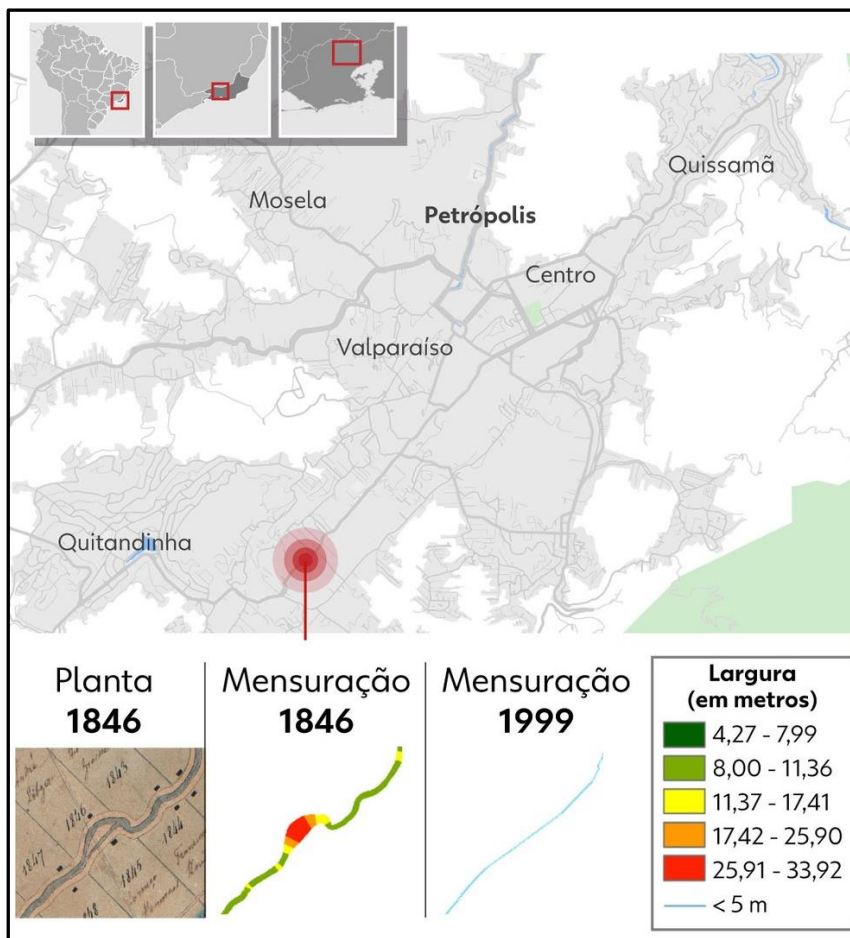
**Figura 3-34 - Rio Quitandinha - Trecho às Margens da Rua Washington Luiz**

Ao centro dos dois trechos, é possível ver que duas ilhas fluviais foram suprimidas; as áreas em vermelho e laranja ficaram bem mais curtas.

O primeiro trecho margeia a rua Washington Luiz e fica a 500 metros de onde dois coletivos foram arrastados. Em 1846, o Quitandinha chegava a ter mais de 25 metros de largura nesse ponto. Na comparação com a mensuração de 1999 (data da base cartográfica mais recente analisada pelos pesquisadores), não chega a 8 metros.

Já para o segundo trecho, próximo à rua Coronel Veiga, o destaque é o tamanho da supressão da largura. No século XIX, com sua ilha fluvial, o Quitandinha tinha mais 33 metros nesse local. Hoje, conta com menos de 5 metros. Uma diminuição de 28 metros.





**Figura 3-35 - Rio Quitandinha - Trecho Próximo à Rua Coronel Veiga**

“A largura de um rio influencia diretamente a quantidade de água que por ele escorre”, explica Fernandes. “Se você tem um rio mais largo, ele comporta mais água”.

Além disso, o pesquisador ressalta que a cobertura vegetal exerce a função de interceptação da água: o fluxo da chuva vai permeando lentamente o solo das árvores até chegar no leito do rio. “A resposta da chuva num ambiente de vegetação é bem mais lenta do que num ambiente impermeável, de concreto”.

Para Carlos Ritll, ambientalista e especialista em políticas públicas da Rainforest Foundation da Noruega, que não teve relação com o estudo da UFRJ, essa modificação do leito do rio e a retirada da vegetação em áreas que deveriam ser preservadas revela não somente o “déficit enorme” de habitação no Brasil, mas também a danosa política de ocupação industrial desses locais.

O especialista lembra que, já em 2011, um relatório do Ministério do Meio Ambiente sobre as enchentes que atingiram a região Serrana do Rio naquele ano atentava para esse fato.

O estudo concluía que, se as Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos rios da região estivessem livres para passagem d'água, “bem como, se as áreas com elevada inclinação e os topos de morros, montes, montanhas e serras estivessem livres da ocupação e intervenções inadequadas, como determina o Código Florestal, os efeitos da chuva teriam sido significativamente menores”.

Atualmente, o Código Florestal estabelece uma faixa entre 30 e 500 metros para as APPs ao longo dos rios. O valor é proporcional à largura do curso d'água: quanto menor o índice, menor a faixa da APP.

Rittl ressalta ainda que outro fator preocupante é a Lei nº 14285/2021, que afrouxou ainda mais o Código Florestal, permitindo às Câmaras municipais decidirem sobre a legalização de ocupações irregulares nas (APPs) às margens de rios que cortam cidades.

“A gente não aprendeu nada. Continuamos nesse ciclo vicioso de ocupação de novas áreas e legalização de ocupações irregulares”, diz.

Na **Figura 3-36** é possível ver uma sobreposição de imagens que mostram as modificações ao redor do rio Quitandinha entre o mapa de 1846, chamado de Planta Köeler, e uma imagem de satélite de 2020 do mesmo trecho que margeia a rua Washington Luiz, próximo a fábrica São Pedro de Alcântara.

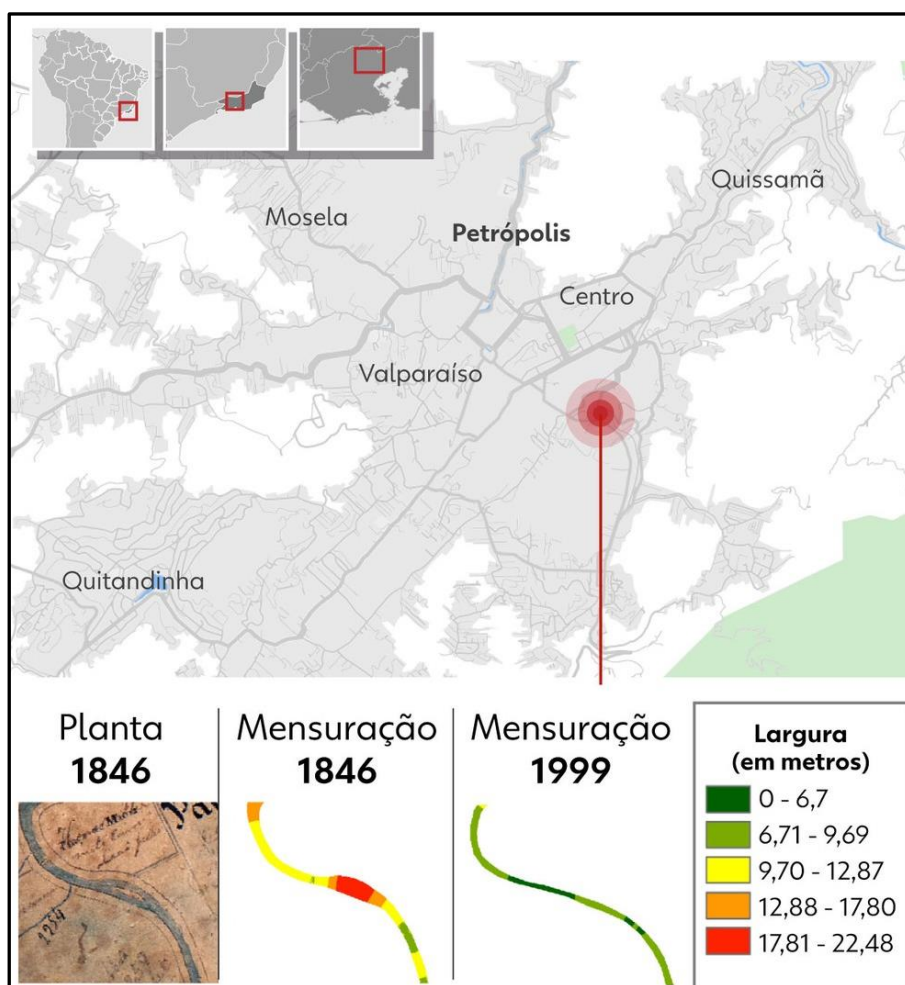


**Figura 3-36 - Rio Quitandinha, Trecho Próximo à Rua Washington Luiz, nas Proximidades da Fábrica São Pedro de Alcântara - Foto: Manoel do Couto Fernandes**

Fernandes ressalta que, embora a Planta Köeler possa ter variações quanto às reais medidas da época, por ser um mapa ordenado sem as tecnologias de precisão hoje disponíveis, o documento não pode ser descartado devido as “diferenças significativas” entre as larguras dos canais.

O pesquisador ainda explica que, em 1856, a planta determinava como estariam dispostos vias e logradouros do município, estabelecia suas principais edificações, como o Palácio Imperial, atual Museu Imperial, e já levava em conta problemas ambientais, pois construções no topo de morros foram proibidas na época.

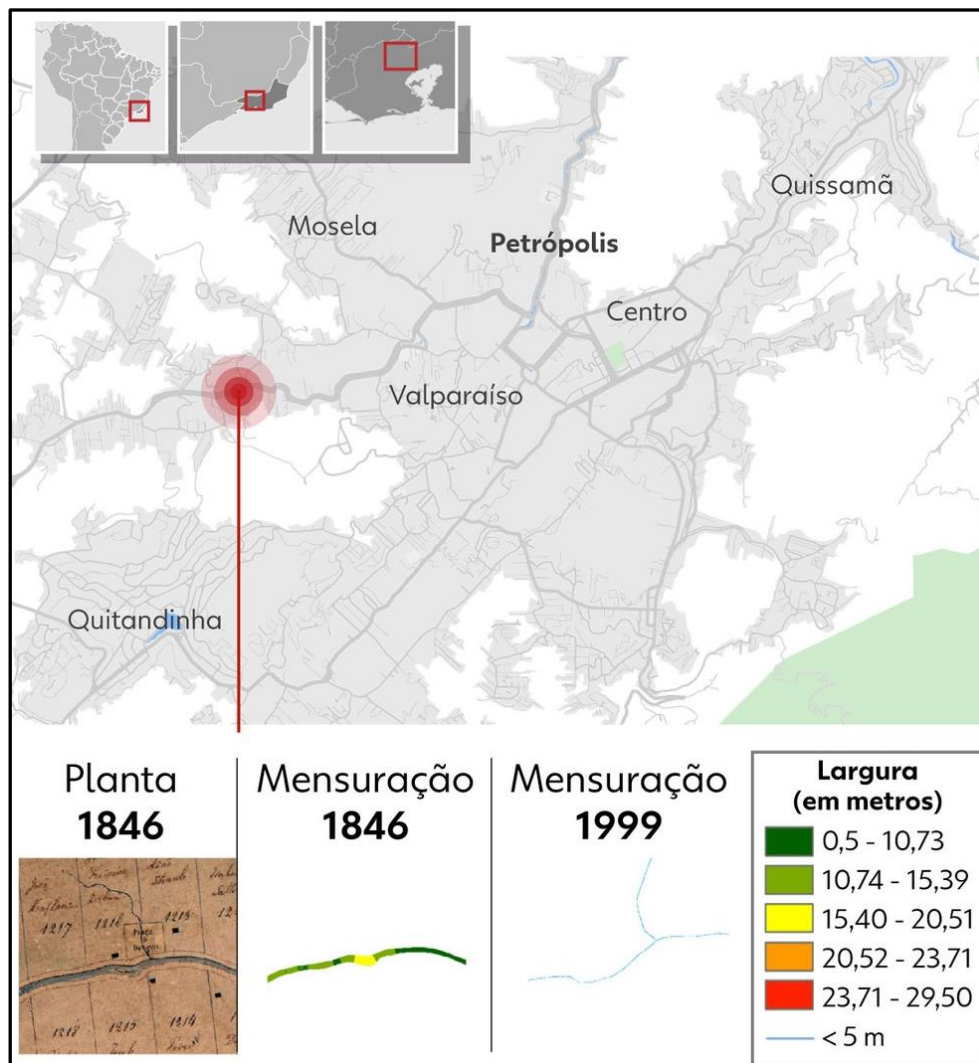
Na **Figura 3-37**, comparando as Planta Köeler com os registros mais atuais, no trecho do rio Palatino próximo à rua Teresa, também é possível notar a supressão de ilhas fluviais e, conseqüentemente, a diminuição da largura do rio.



**Figura 3-37 - Rio Palatino Trecho Próximo à Rua Tereza**



O mesmo acontece com esse trecho do rio Piabanha entre a rua Bingen. Se em 1846 o rio tinha uma largura aproximada de até 20 metros nesse ponto, em 1999 os trechos chegam a no máximo 5 metros (**Figura 3-38**).



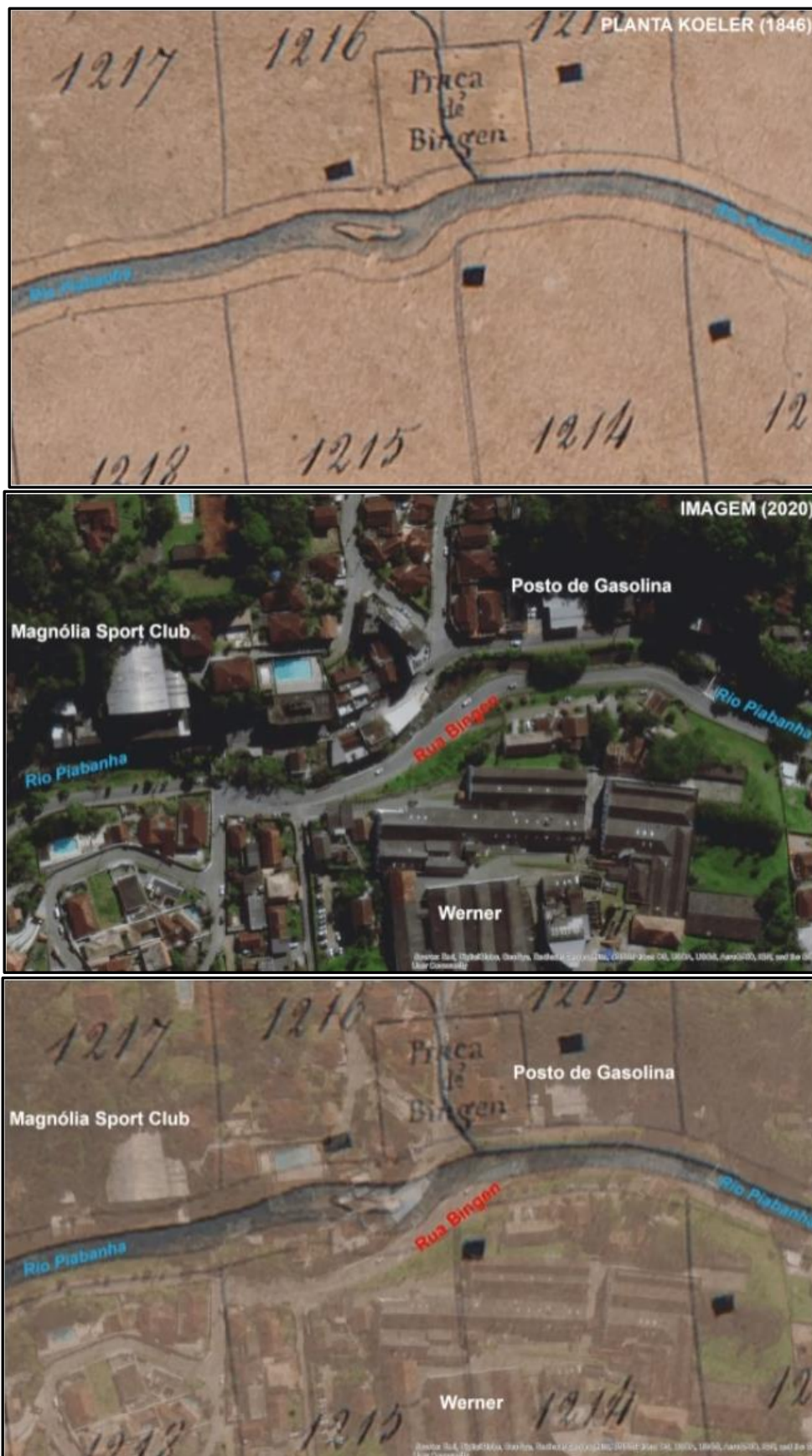
**Figura 3-38 - Rio Piabanha Trecho Próximo à Rua Bingen**

Nas **Figuras 3-39 e 3-40** temos a sobreposição desses dois trechos do rio Palatino e do rio Piabanha. Com a comparação, a supressão das ilhas fluviais (ao centro) fica ainda mais visível.



Figura 3-39 - Rio Palatino, Trecho Próximo à Rua Teresa - Foto: Manoel do Couto Fernandes





**Figura 3-40 - Trecho do Rio Piabanha Próximo a Rua Bingen - Foto: Manoel do Couto Fernandes**

O estudo da UFRJ investigou ainda o quanto a paisagem ao longo das bacias dos rios Quitandinha, Palatino e Piabanha foi alterada com a construção de edificações (**Quadro 3-6**). Segundo a análise, o rio Quitandinha, que mais perdeu sinuosidade, teve o maior nível de mudança na sua cobertura vegetal: uma redução de 56%. Em seguida, temos o rio Palatino, com 34% de mudança na paisagem e, por último, o rio Piabanha, com 31%.

**Quadro 3-6 - Nível de Mudança da Cobertura Vegetal**

Bacia Hidrográfica	Vegetação (km²)	Não-vegetação (km²)	Total (km²)	Nível de Mudança (%)
Quitandinha	5,72	7,52	13,24	56,78
Palatino	6,60	3,48	10,08	34,51
Piabanha	16,77	7,76	24,53	31,62

Fonte: Kairo da Silva Santos - Fernando de Souza Antunes - Manoel do Couto Fernandes (2019)

#### 3.3.4. *Análise Técnica Sobre a Obra de Reconstrução do Túnel Extravasor do Rio Palatino - 2022 - Engº e Professor da UERJ Adacto Ottoni*

Após a tragédia de fevereiro as governanças de âmbito Municipal, Estadual e Federal constituíram uma Comissão Temporária composta pelos seguintes membros: Prefeito de Petrópolis, Subsecretário de Habitação do Estado do Rio de Janeiro, Secretário de Infraestrutura e Obras do Estado do Rio de Janeiro, Representante do Ministério do Desenvolvimento Regional, Representante do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB) Representante do Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e Representantes da Comissão de Vítimas das Enchentes.

Esta comissão foi criada com um objetivo específico de garantir assistência às vítimas e planejar as medidas para evitar tragédia semelhante no futuro tendo então sido realizadas audiências públicas para tal.

No âmbito dessa comissão vários técnicos e especialistas vem se manifestando em relação as causas e ações que poderiam ter ao menos, atenuado os efeitos das fortes chuvas ocorridas. Em sua maioria os relatos convergem para a localização da cidade que se encontra em uma região serrana, com encostas muito íngremes e ocupadas de forma desordenada e com rios entre elas. Segundo os técnicos, a probabilidade de ocorrência de chuvas concentradas ali é alta havendo uma interação de fatores importantes na deflagração do processo de movimentação de massa: chuva, relevo, rocha, solo e vegetação.



Dentre os especialistas que integram essa comissão o Engenheiro Civil e Professor da UERJ Adacto Ottoni apresenta uma visão mais abrangente e com enfoque ambiental do problema recorrente das enchentes em Petrópolis e das soluções possíveis. O profissional resumidamente acredita que o problema pode ser mitigado através das seguintes intervenções:

- Apenas refazer as paredes destruídas ou colapsadas do túnel extravasor, sem mexer na rugosidade de suas paredes;
- Promover a limpeza e desassoreamento permanentes do sistema de microdrenagem (galerias de águas pluviais e bocas de lobo) e de macrodrenagem (rios Palatino, Quitandinha e Piabanha) de Petrópolis;
- Elaborar um estudo para implantação de tubos, “tipo suspiros”, para melhorar a ventilação nos trechos dos rios urbanos canalizados sob o arruamento;
- Desenvolver um estudo de diagnóstico sobre a macrodrenagem dos rios Palatino, Quitandinha e Piabanha, com as sugestões das soluções para os problemas de sua macrodrenagem;
- Desenvolver estudos e projetos de construção de pequenas e médias barragens de cheias nos trechos médio e superior dos rios Quitandinha e Palatino;
- Desenvolver estudo para implantação de soleiras de admitância no trecho médio e superior da calha dos rios Quitandinha e Palatino e, por último, reflorestamento (priorizando as APPs) e controle de erosão do solo nas bacias hidrográficas dos rios Quitandinha, Palatino e Piabanha.
- Implantar possíveis parques fluviais nas áreas urbanas e nas áreas rurais implantar vegetação ciliar nas margens dos rios.
- Desenvolver estudos para implantação de prismas de ventilação ligando a parte abaixo do arruamento dos rios Palatino e Quitandinha com o ar, permitindo a boa ventilação dentro deste trecho do rio, para reduzir os riscos de transbordamento hídrico de calha fluvial.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos avaliados certamente irão contribuir para o aprofundamento e desenvolvimento dos novos estudos necessários para a proposição de um conjunto de medidas e intervenções estruturantes com vistas à mitigação dos efeitos das precipitações excepcionais recorrentes no município de Petrópolis.

Embora este projeto esteja focado objetivamente na resolução das enchentes recorrentes no Centro Histórico torna-se necessário ressaltar algumas medidas básicas que podem e devem ser tomadas, no sentido de proporcionar melhores condições de resiliência do Município e mais especificamente do 1º Distrito às intempéries pluviométricas.

A primeira medida necessária é melhorar o conhecimento hidrológico da região, ou seja, os elementos necessários para a transformação de chuva em vazão. Esse estudo deve ser feito levando em consideração o histórico de dados pluviométricos existentes na região, observando as características fundamentais da chuva: intensidade, duração, frequência e distribuição. Com os dados disponíveis deve ser desenvolvido um estudo que envolva basicamente a análise dos pluviogramas existentes, seleção das precipitações, análise estatística das intensidades, e determinação da relação intensidade versus duração versus frequência, para se chegar a equações que representem de maneira mais real as chuvas intensas no município. Além disso, a Prefeitura de Petrópolis deveria construir um manual para elaboração de projetos e execução de obras de drenagem, para padronizar a construção de novas redes, evitando problemas de subdimensionamento, entre outros.

Assim como na maior parte dos municípios brasileiros, dentre as principais carências do sistema de drenagem urbana e manejo das águas pluviais do município de Petrópolis, destaca-se a falta de um cadastro georreferenciado da rede de microdrenagem. O cadastro permitiria aos órgãos públicos fazer um planejamento mais preciso das áreas com maior carência do atendimento desses serviços e ainda, facilitar a detecção das operações de manutenção da rede de drenagem necessária.

O sistema de alerta de enchentes e deslizamentos implantado pela Prefeitura em parceria com o INEA pode ser satisfatório para atender as áreas de risco do 1º Distrito de Petrópolis, embora aparentemente tenha deixado a desejar no evento catastrófico de fevereiro de 2022, ainda assim, esse sistema deveria passar pelo processo de aperfeiçoamento no 1º distrito, e deveria ser ampliado com objetivo de proporcionar um melhor monitoramento nas demais localidades do município.

Com relação especificamente às intervenções previstas para a mitigação das enchentes do Centro Histórico, que é o foco principal desse Estudo, na avaliação inicial da Consultora a recuperação do túnel extravasor do rio Palatino será uma contribuição importante para redirecionar o excesso de vazão que fluiria ao Centro Histórico para a bacia do rio Itamarati. As obras encontram-se em péssimo estado de conservação, com assoreamento generalizado, além de deterioração nas superfícies internas, causando aumento no coeficiente de rugosidade e redução na capacidade de condução da obra hidráulica.

Por ser esta uma estrutura complexa e com custos de implantação vultuosos e que já se encontra implantada, quaisquer que sejam as soluções projetadas para a mitigação das cheias do Centro Histórico, o aproveitamento integral dessa estrutura deverá constar necessariamente como parte da solução.

As demais intervenções propostas nos estudos do Professor Canedo, em uma primeira análise, concorrem para a melhoria geral das condições de escoamento das cheias que atualmente causam transtornos na região de Centro Histórico, no entanto, cabe ressaltar que o conjunto de intervenções carece de ser estudado com maior profundidade uma vez que algumas delas podem apresentar reflexos danosos para os sítios à jusante.

Também vale lembrar que as intervenções propostas nos diversos estudos analisados apresentam efeitos conjugados e as vezes sinérgicos, de tal sorte que não devem ser analisadas de isoladamente e sim em conjunto, já que algumas intervenções nos trechos de montante, exigem outras intervenções a jusante sem as quais, o problema da cheia seria transferido para jusante.

Também ressaltamos que durante os serviços especial atenção deverá ser dada aos métodos construtivos das intervenções propostas tendo em vista que a região de intervenção apresenta inúmeros condicionantes restritivos deverão ser observados, como por exemplo a interferência com os imóveis tombados pelo IPHAN como Patrimônio Histórico. Ainda a respeito dessas restrições das intervenções previstas referentes ao Patrimônio Histórico, cabe registrar que foram desenvolvidos estudos específicos apresentados no Relatório RT-3 - Levantamento do Patrimônio Histórico.

Assim, mesmo que hidraulicamente uma solução possa satisfazer às demandas de projeto, esta pode não atender aos requisitos de segurança necessária quanto aos aspectos construtivos devendo, portanto, ser descartada.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEVAP/FUNDAÇÃO COPPETEC Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - Resumo - Anexo 4 do Relatório Contratual R-10 - Caderno de Ações Área de Atuação do Piabanha - 2006
- AGEVAP Atlas da Região IV - Piabanha - 2019
- AGEVAP Complementação e Finalização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - PIRH-PS e Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Afluentes - Produto Final 02: Diagnóstico e Prognóstico da Região Hidrográfica do Rio Piabanha e Sub-Bacias Hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto - 2020
- AGEVAP Complementação e Finalização do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - PIRH-PS e Elaboração dos Planos de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas Afluentes - Produto Final 05: Plano de Bacia da Região Hidrográfica do Rio Piabanha e Sub-Bacia Hidrográficas dos Rios Paquequer e Preto - 2021
- AGEVAP Relatório de situação região hidrográfica rio Piabanha. - 2012
- ALESSANDRA CARREIRO BAPTISTA. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA UFV Análise da paisagem e identificação de áreas suscetíveis a movimentos de massa na APA Petrópolis - RJ: subsídio ao planejamento Urbano - 2005
- ALLINE GOMES LAMENHA E SILVA, RODRIGO SONDERMANN MUNIZ E OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO / PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL - COPPE, UFRJ - LABORATÓRIO DE RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE - LABH2O Evolução temporal do NDVI na bacia do Rio Piabanha/RJ - 2013
- AMANDA MORAIS, MARIANA DIAS VILLAS-BOAS, ANDERSON OLIVEIRA BASTOS, ACHILES EDUARDO GUERRA DE CASTRO MONTEIRO, LIGIA MARIA NASCIMENTO DE ARAÚJO/CPRM. Estudos para um diagnóstico quali-quantitativo em bacias experimentais - Estudo de caso bacia do rio Piabanha - 2009
- ANA COSTA MARQUES MACHADO ET AL. Análise de Mancha de Alagamento no Centro Urbano do Município de Petrópolis/RJ, utilizando o Modelo Modcel - 2021
- ANTÔNIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA, MARCOS BARRETO DE MENDONÇA, PATRÍCIA BATISTA MELO LOPES, FABIO DA SILVA LIMA, MARIA DO CARMO OLIVEIRA JORGE E BRUNO DA ROCHA MENDES/UFRJ. Criação de um Sistema



de Previsão e Alerta de Riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, bacia do rio Piabanha (afluente do Paraíba do Sul), município de Petrópolis-RJ. - 2009

- CANEDO, P.; EHRLICH, M.; LACERDA, W. A. / COPPE/UFRJ Chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro; Sugestões para Ações de Engenharia e Planejamento - 2011
- CLAUDIA DAZA ANDRADE / COPPE, UFRJ Avaliação de Escala de Monitoramento e do Comportamento Hidrológico na Bacia do Rio Piabanha/RJ - 2016
- COPPETEC - COPPE - UFRJ - COLABORAÇÃO: IGEO-UFRJ - UERJ-CPRM-SERLA (INEA) Projeto EIBEX-1 - Estudos integrados de bacias experimentais - Parametrização hidrológica na gestão de recursos hídricos das bacias da região serrana do Rio de Janeiro. Bacia do rio Piabanha - 2010
- COPPETEC - COPPE - UFRJ Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro - Volume 2-Ocorrências de Desastres Naturais entre 2000 e 2012 por Região Hidrográfica. - 2014
- COPPETEC - COPPE -UFRJ Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro R3 - Temas Técnicos Estratégicos RT-03 - Vulnerabilidade a Eventos Críticos - Volume 1 - 2014
- COPPETEC - COPPE -UFRJ - Programa de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul -1995
- COPPETEC - COPPE - UFRJ - PS-RE-71-R0 Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ Projeto Básico de Drenagem Urbana - Município de Petrópolis - Rio Quitandinha. Volume 1 - Texto e Desenhos e Volume 2 - Especificações Técnicas -1999
- COPPETEC-ANA. Atualização do plano elaborado (2002-2006) - Plano da bacia do rio Paraíba do Sul (2007-2010) - Novos cadernos de ações -Caderno 4 - Comitê Piabanha. - 2007-2010
- CPRM Atlas Pluviométrico Do Brasil-Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação - Equações Intensidade-Duração-Frequência-Petrópolis-RJ. -2016

- DANIEL MEDEIROS MOREIRA, LIGIA MARIA N. DE ARAÚJO & IVETE SOUZA DE ALMEIDA. Apoio cartográfico a estudos hidrológicos utilizando ferramentas de Geoprocessamento - 2007
- DANIEL TABOADA PLACIDO E SANDRA BAPTISTA DA CUNHA / UFF Enchentes na Bacia do Rio Quitandinha (Petrópolis, RJ): 1966 a 2010 - 2010
- DEFESA CIVIL DE PETRÓPOLIS-RJ. Plano de Contingência contra Inundações - Município de Petrópolis-RJ. - 2021
- ERNANI C. CAVALCANTE FILHO ET AL. / INEA-RJ. Tragédia Climática e Ambiental na Região Serrana em 2010 - 2011
- FABRICIO POLIFKE DA SILVA / COPPE, UFRJ. Previsão de Tempestades Severas e de Transbordamentos no rio Quitandinha - Petrópolis-RJ - 2019
- FERNANDA CRISTINA GONÇALVES GONZALEZ / UFRJ Probabilidade de Ocorrência de Movimentos de Massa em Função da Pluviometria na Bacia do Rio Quitandinha Petrópolis, RJ - 2017
- FERNANDA CRISTINA GONÇALVES GONZALEZ / UFRJ Projeto de Drenagem Sustentável Para Mitigação de Cheias na Bacia do Rio Quitandinha, em Petrópolis-RJ - 2014
- GISELLE PETRUNGARO TORRES E LUIZ FELIPE RODRIGUES DO CARMO / UFRJ. Estudo da relação entre precipitação e deslizamentos no município de Petrópolis-RJ. - 2020
- LEONARDO MARINI PEREIRA. ORIENTADOR: DRS. CAMILO DALES RENNO E LEILA MARIA GARCIA FONSECA/ INPE - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Modelagem hidrológica dinâmica distribuída para estimativa do escoamento superficial em uma micro bacia urbana. Petrópolis - 2008
- LEONARDO TRISTÃO CHARGEL ET AL. / INEA-RJ. Simulação Hidrodinâmica na Gestão do Risco a Inundações: Estudo de Caso da Bacia do Rio Piabanha, em Petrópolis - RJ - 2017
- LIGIA MARIA N. DE ARAÚJO, AMANDA MORAIS, MARIANA D.V. BOAS ET. AL. Estudos integrados de bacias experimentais, parametrização hidrológica na gestão de recursos hídricos da bacia do rio Piabanha. - 2007

- LÍGIA MARIA NASCIMENTO DE ARAUJO/ PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL, COPPE, UFRJ. Identificação de padrões hidrológicos de precipitação e de umidade do solo na bacia hidrográfica do rio Piabanha/RJ - 2016
- LUANA SANTOS DO ROSÁRIO, CARLA BERNADETE MADUREIRA CRUZ, ANA CAROLINA DE ALMEIDA TAVARES, MÁIRA VIEIRA ZANI, THIAGO SILVA DA CONCEIÇÃO E OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO / UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ INSTITUTO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA - COPPE INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS FACULDADE POLITÉCNICA EM ENGENHARIA. Mapeamento de cobertura e uso da terra utilizando a análise baseada em objeto: estudo de caso da bacia do rio Piabanha, região serrana do RJ, escala 1:25.000 - 2013
- LUCAS CESAR FIGUEIREDO HOEPFNER DE ALMEIDA / COPPE, UFRJ. Análise de Sistemas Meteorológicos Associados a Eventos de Transbordamento do Rio Quitandinha-Petrópolis-RJ. - 2017
- LUIS HENRIQUE ALVES DA SILVA / UERJ Análise da Dinâmica de Ocupação do Município de Petrópolis-RJ e Suas Implicações na Formação de Espaços de Risco - 2019
- LUIZ CLAUDIO FINTELMAN / CENTRO UNIVERSITÁRIO GERALDO DI BIASE FUNDAÇÃO EDUCACIONAL ROSEMAR PIMENTEL INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA, E ENGENHARIAS. Aplicação do modelo hidrológico de grandes bacias (MGB) em uma bacia de médio porte: estudo de caso bacia do rio Piabanha - 2014
- LUIZ HENRIQUE ALVES DA SILVA ET AL. / UNIVERSIDADE GAMA FILHO. Risco Ambiental de Enchentes nos rios Formadores da Bacia do Rio Piabanha (Região Serrana Fluminense) - 2012
- MAURO MEDEIROS DE CARVALHO JUNIOR / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL, COPPE, UFRJ. Metodologia para determinação das áreas de preservação permanente das margens de cursos d'água: um estudo de caso na bacia do rio Piabanha - 2013
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis-RJ - 2007

- NORONHA ENGENHARIA S.A. / PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÓPOLIS- Estudos de Controle de Enchentes do Rio Quitandinha - Noronha Engenharia S.A - 1990-1991
- PAULO CANEDO / UFRJ - Obras Emergenciais de Controle de Inundações e Recuperação Ambiental dos Cursos D'água do Centro Histórico de Petrópolis - 2011
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PETRÓPOLIS. Plano Municipal de Saneamento Básico de Petrópolis-RJ - 2014
- RAFAELA DOS SANTOS FACCHETTI VINHAES ASSUMPÇÃO / FIOCRUZ Petrópolis - Um Histórico de Desastres sem Solução? Do Plano Köeller ao Programa Cidades Resilientes. - 2015
- RAÍSSA RANGEL DAMIANO / IPHAN. Possibilidades e Limites da Gestão Compartilhada do Conjunto Urbano e Paisagístico de Petrópolis-RJ. - 2020
- RODRIGO COSTA GONÇALVES. ORIENTADOR: OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO /UFRJ-COPPE. Modelagem hidrológica do tipo chuva - vazão via SMAP e TOPMODEL - Estudo de caso: Bacia do Rio Piabanha. - 2008
- RODRIGO COSTA GONÇALVES; DANIEL MEDEIROS MOREIRA, OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO E ADILSON ELIAS XAVIER/UFRJ-COPPE. Análise do desempenho dos modelos hidrológicos SMAP e TOPMODEL na bacia experimental do rio Piabanha. - 2008
- RODRIGO FURTADO LOU. ORIENTADORES: OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO, MARCELO GOMES MIGUEZ / UFRJ-COPPE. Modelagem hidrológica chuva - vazão e hidrodinâmica aplicada na bacia experimental do rio Piabanha. - 2010
- RODRIGO GONÇALVES, LUDE QUIÊTO VIANA, OTTO CORRÊA ROTUNNO FILHO/UFRJ-COPPE. Validação e recalibração da modelagem hidrológica via TOPMODEL na bacia Pedro do Rio - rio Piabanha. - 2011
- SARAH LAWALL; NELSON FERREIRA FERNANDES (ORIENTADOR) / IGEO-UFRJ. Modificações na hidrologia dos solos em resposta as alterações de uso e cobertura na bacia hidrográfica do Bonfim, região serrana do Rio de Janeiro. - 2010
- VIVIANE ESPÍRITO SANTO RODRIGUES / UERJ. Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro e a expansão dos riscos ambientais, ações preventivas e catástrofes: o caso de Petrópolis - 2011



## Sites consultados

COMISSÃO Especial de Estudos e Revisão do Plano Diretor de Petrópolis. Disponível em: < <http://cmp.web766.kinghost.net/planodiretor/planodiretor2013.html>>. Acesso em 12 de novembro de 2021.

PREFEITURA de Petrópolis. Disponível em: <<http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/>>. Acesso em 20 de outubro de 2021.