



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**PLANO DIRETOR DE MACRODENAGEM DO MUNICÍPIO  
DE CAPELA DO ALTO**



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

1. introdução .....	3
2. histórico e antecedentes .....	3
3. levantamento de informações básicas .....	6
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
5. INVESTIGAÇÕES DE CAMPO .....	30
6. DIAGNÓSTICO.....	31
6.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS – SITUAÇÃO ATUAL.....	31
6.1.1. Características gerais da bacia hidrográfica do córrego Barreirinho e Água das Pedras .....	31
6.1.2. Chuva de Projeto.....	33
6.1.3. Modelo e softwares utilizados para a simulação hidrológica	37
6.1.4. Configuração da simulação hidrológica.....	37
6.1.5. Resultados da simulação hidrológica – Situação Atual.....	41
6.2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS – SITUAÇÃO FUTURA.....	45
6.2.1. Resultados da simulação hidrológica – Situação Futura ...	49
6.3. observações acerca dos estudos hidrológicos.....	54
6.4. ESTUDOS HIDRÁULICOS.....	54
7. MEDIDAS ESTRUTURAIS .....	64
8. PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES .....	67
8.1. ESTIMATIVA DE CUSTOS E ORÇAMENTOS.....	68
8.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE.....	73
9. CONCLUSÕES .....	75



10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
ANEXOS .....	78
RECOMENDAÇÃO – MINUTA DE LEI.....	79
MANUAL DE DRENAGEM.....	81
1. Introdução.....	82
2. Avaliação de Impactos nos Sistemas de Drenagem.....	84
2.1 Atividade 1 – Delimitação da Área de Contribuição.....	84
2.2 Atividade 2 – Determinação das Vazões Efluentes e Volumes Gerados.....	84
2.2.1 Intensidade da Precipitação.....	85
2.2.2 Coeficiente de Deflúvio C .....	86
2.2.3 Tempo de Concentração.....	86
2.3 Atividade 3 – Cálculo da Capacidade de Vazão da Via e de Bocas-de-Lobo .....	86
2.4 Atividade 4 – Definição dos Cenários Objetivos .....	89
2.5 Atividade 5 – Estudo de Alternativa.....	90
2.6 Atividade 6 – Drenagem de Águas Subterrâneas .....	91
2.7 Atividade 7 – Elaboração do Projeto.....	92
3. Roteiro de Aplicação.....	93



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

## **1. INTRODUÇÃO**

O Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto é um instrumento de procedimento ambientalmente sustentável onde prepondera o conceito de minimização de impactos, ressaltando-se os benefícios sociais e econômicos com a melhoria da qualidade de vida, pois, evitando-se os efeitos negativos das inundações, é promovida a valorização das condições socioambientais.

O objetivo é de criar mecanismos de gestão da infraestrutura que estabeleçam critérios básicos para o desenvolvimento da drenagem urbana visando tanto os novos empreendimentos na cidade, bem como a manutenção da qualidade do atendimento dos serviços aos empreendimentos e domicílios já existentes. A implementação tem o objetivo de evitar que, pela concepção de uma drenagem inadequada, sejam gerados impactos indesejáveis devidos a implantações incoerentes com o parcelamento do solo.

O Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto é constituído de levantamento de informações geomorfológicas, geológicas, pedológicas, climatológicas, hidrográficas e sociais, entre outros, com intuito de estabelecer um diagnóstico e um responsável prognóstico, definição das características do sistema de drenagem, estudos hidrológicos, estudos hidráulicos, execução de projeto de macro e micro drenagem e elaboração do relatório final.

O objetivo deste estudo é minimizar os impactos nos cursos d'água que permeiam o município, tanto na área urbana quanto na zona rural, decorrentes do mau dimensionamento das obras hidráulicas, uso e ocupação do solo desordenada, praticas agrícolas equivocadas, bem como da falta de projetos técnicos por parte da maioria das prefeituras. É altamente recomendável que um estudo deste porte evite medidas locais de caráter restritivo (que frequentemente deslocam o problema para outros locais, chegando mesmo a agravar as localidades a jusante), através de um estudo da bacia hidrográfica como um todo.

## **2. HISTÓRICO E ANTECEDENTES**

O município de Capela do Alto vem sofrendo com as inundações recentes conforme os casos registrados em 23/03/2016.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Foto 1.** Evento registrado no dia 13/03/2016.

*"Chuva de granizo na região de Sorocaba assusta moradores: Diversos bairros de Sorocaba estão com problemas por causa de temporal.*

*Em Capela do Alto, tem ruas alagadas e casas destelhadas (Fonte: portal G1 Sorocaba e Região)."*

*11/11/2016 16h51 - Atualizado em 11/11/2016 21h45*

*Mais de 18 mil moradores estão sem energia elétrica na região de Sorocaba.*

*Um barracão de Capela do Alto ficou destruído após o temporal.*

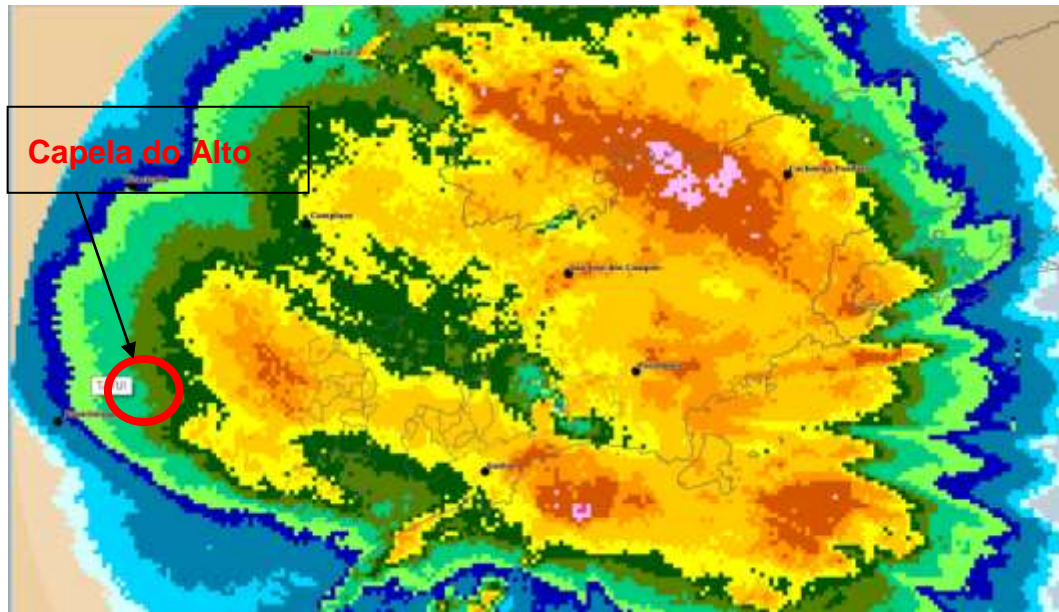
*Moradores de Sorocaba registraram chuva de granizo e queda de árvores.*



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 1.** Imagem do Radar do Saisp - Precipitação acumulada em 24h (12/11/2016).



### 3. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES BÁSICAS

Para a elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto foi realizada uma pesquisa sobre as inundações/enchentes por meio de uma visita técnica a área de estudo. O relatório da visita técnica a área de estudo se apresenta anexo a este documento.

Durante a vistoria foi investigado a condição das estruturas hidráulicas do município, como pontes e bueiros das vias de acesso, estruturas hidráulicas na área urbana e demais locais que foram apontados por técnicos do município e/ou moradores das áreas afetadas.

Também foi realizado o levantamento topobatimétrico dos principais córregos no âmbito do município de Capela do Alto.



**Imagem 2.** Localização das Seções do Córrego Barreirinho.

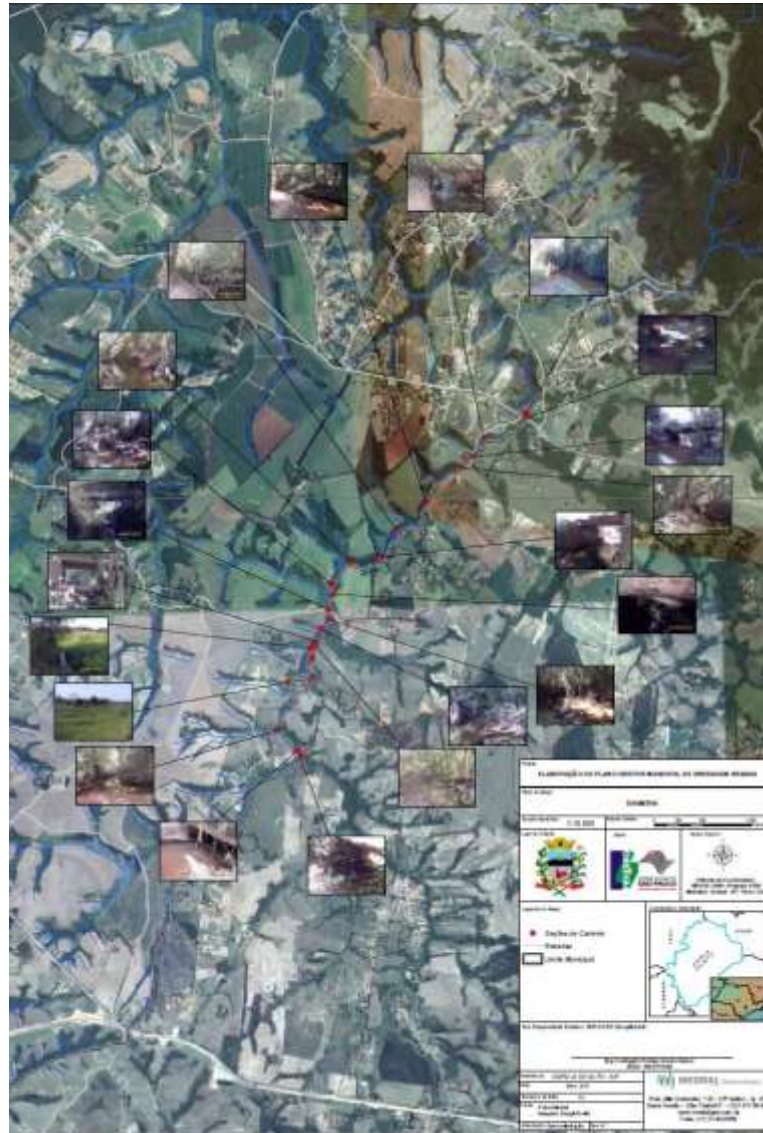




PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 3.** Localização das Seções do Córrego Iperó.





**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

As plantas de localização das seções estão apresentadas em mapas anexos ao plano.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O crescimento urbano nas cidades brasileiras tem provocado impactos significativos no meio ambiente. Estes impactos vêm deteriorando a qualidade de vida da população por acarretar problemas devido às inundações, prejudicando a qualidade da água e aumentando presença de materiais sólidos no escoamento pluvial. Os principais problemas desencadeados pelo desenvolvimento das cidades são devidos à falta de planejamento, pouco controle do uso do solo, ocupação de áreas de risco e sistemas de drenagem inadequados.

A drenagem faz parte da infraestrutura urbana e deve estar contida num planejamento em conjunto com as bacias hidrográficas. Em se tratando da área urbana de Capela do Alto, as torrentes originadas pela precipitação direta sobre as vias públicas desembocam nos bueiros situados nas sarjetas. Estas torrentes (somadas à água da rede pública proveniente dos coletores localizados nos pátios e das calhas situadas nos topos das edificações) são escoadas pelas tubulações que alimentam os condutos secundários, a partir do qual atingem o fundo do vale (Rio Sarapuí, Ribeirão Iperó Mirim e Córrego do Barreirinho), onde o escoamento é topograficamente bem definido. O sistema responsável pela captação da água pluvial e sua condução até os fundos de vale é denominado Sistema de Microdrenagem, sendo definido pelo sistema de condutos pluviais ou canais em um loteamento ou rede urbana primária. Este tipo de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado. O escoamento no fundo do vale é o que determina o chamado Sistema de Macrodrenagem, que será o objeto do nosso estudo.

#### ***Localização***

A formação de Capela do Alto tem origem após a Segunda Guerra Mundial quando se estabeleceram imigrantes alemães na região, reforçando o povoado que já existia no local. Em 1964, Capela do Alto conseguiu autonomia municipal deixando de ser Distrito de Araçoiaba da Serra, posição que ocupava desde 1953.

Atualmente, Capela do Alto possui uma área de 169,89 km<sup>2</sup>. Está localizada à Oeste, numa distância de aproximadamente de 110km da capital de São Paulo.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Os municípios confrontantes são Iperó, Araçoiaba da Serra, Sarapuí, Alambari e Tatuí.

O município pertence Comitê de Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT) ao encontram-se dentro da UGRHI-10 (Tietê-Sorocaba), em sua subdivisão em Sub-Bacia 3 - Baixo Sorocaba, sendo que toda rede hidrográfica do município drena para esse. A área de drenagem é de 11.827,82km<sup>2</sup>, os principais rios são: Sorocaba, Tietê, Sorocabuçu, Sorocamirim, Pirajibu, Jundiuvira, Murundu, Sarapuí, Tatuí, Guarapó, Macacos, Ribeirão do Peixe, Alambari, Capivara e Araqua. E os principais reservatórios são Reservatórios: Represa Itupararanga e Represa BarraBonita.

Juntamente com as UGHRI 6 (Alto Tietê) e 5 (Piracicaba, Capivari e Jundiáí), a UGRHI-10 compreende as bacias hidrográficas mais industrializadas do Estado de São Paulo, concentrando quase 50% da população. O município de Capela do Alto está inteiramente dentro da UGRHI-10, juntamente com outros trinta e três municípios (Alambari, Alumínio, Anhembi, Araçariguama, Araçoiaba da Serra, Bofete, Boituva, Botucatu, Cabreúva, Cerquilha, Cesário Lange, Conchas, Ibiúna, Iperó, Itu, Jumirim, Laranjal Paulista, Mairinque, Pereiras, Piedade, Porangaba, Porto Feliz, Quadra, Salto, Salto de Pirapora, São Roque, Sarapuí, Sorocaba, Tatuí, Tietê, Torre de Pedra, Vargem Grande Paulista e Votorantim). Outros vinte municípios (Barra Bonita, Cajamar, Cotia, Dois Córregos, Elias Fausto, Guareí, Igarapu do Tietê, Indaiatuba, Itapetininga, Itapevi, Jundiáí, Mineiros do Tietê, Pilar do Sul, Piracicaba, Pirapora do Bom Jesus, Rafard, Rio das Pedras, Saltinho, Santana do Parnaíba, São Manuel) tem apenas parte de sua área dentro da UGRHI-10.

No município encontramos duas bacias principais: Bacia do Ribeirão Iperó Mirim e Bacia do Córrego do Barreirinho; esses por sua vez são afluentes do Rio Sarapuí, e deságuam no baixo curso do Sarapuí, a 6Km e 12,5Km de sua foz no Rio Sorocaba, que é o destino das águas drenadas pelo município.

A área urbana de Capela do Alto, onde se origina a captação da micro-drenagem, é dividida por uma linha aproximadamente Norte-Sul entre as bacias do Ribeirão Iperó Mirim, a Leste, e do Córrego do Barreirinho, a Oeste, ambas drenando num rumo geral Norte para o Rio Sarapuí. No âmbito do Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto, o Rio Sarapuí não deve ser objeto de estudo, pois sua bacia hidrográfica apresenta aspectos intermunicipais, sendo



## PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

objeto deste plano apenas as bacias hidrográficas contidas inteiramente dentro dos limites municipais.

### ***BACIA IPERÓ MIRIM***

O segundo curso d'água mais importante que drena o município de Capela do Alto é o Ribeirão Iperó Mirim, cuja nascente principal se encontra no município de Araçoiaba da Serra (vizinho a Sudeste de Capela do Alto), drenando, como o Rio Sarapuí, para Noroeste. Também em Araçoiaba da Serra estão as nascentes do Córrego do Retiro e Córrego Araçatuba, que desaguam no Ribeirão Iperó Mirim ao longo da divisa com Capela do Alto; mais a montante, o Ribeirão Iperó Mirim recebe em sua margem esquerda as águas do Córrego Capanema (não confundir com Ribeirão Capanema), cuja nascente se localiza em Capela do Alto; seguindo seu curso aproximado para Noroeste, o Ribeirão Iperó Mirim recebe então em sua margem esquerda as águas da confluência do Córrego Olaria com o Ribeirão Capanema (não confundir com Córrego Capanema), em seguida o Córrego da Jutuba, em sua margem direita, o Água das Pedras (margem esquerda) e, já no limite Norte do Município, o Córrego Lindeiro (margem direita), todos com nascente em Capela do Alto; seu curso deriva então para Oeste, desaguando no Rio Sarapuí na divisa Norte do município. O percurso total do curso principal do Ribeirão Iperó Mirim é de aproximadamente 27,3 Km, sendo 17,62 Km dentro do município de Capela do Alto.

### ***BACIA CÓRREGO DO BARRERINHO***

O terceiro curso d'água em importância é o Córrego do Barreirinho, com nascente dentro da área municipal de Capela do Alto, próxima ao seu limite Sudeste. Seu curso descreve um arco no sentido horário rumo ao Norte, recebendo ao longo do percurso as águas do Córrego Itaruçu, Córrego da Casa Grande e Córrego Simões, todos afluentes de sua margem direita, sendo que as nascentes dos dois últimos se encontram dentro da área urbana de Capela do Alto. Após a confluência com o Córrego Simões, seu curso flete para Oeste, desaguando então na margem direita do Rio Sarapuí na divisa com o município de Tatuí. Dos três cursos d'água principais, o Córrego do Barreirinho é o único cujo percurso (aproximadamente 15Km) e respectiva bacia se encontram contidos unicamente no município de Capela do Alto.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

***ARCABOUÇO LEGAL E INSTITUCIONAL***

O município de Capela do Alto foi criado pela Lei Estadual 8.050, de 31/12/63 e confirmado pela Lei 8.092, de 28/02/64, quando passou a ter autonomia político-administrativa. A Lei Orgânica do município é a Lei Nº 602, de 26 de Março de 1990. A Zona de Expansão Urbana do município foi definida através da Lei Ordinária nº 1579/ 2010. O Uso e Parcelamento do Solo no município foram instituídos pela Lei nº1.670 de 2012. O mapa Perímetro Urbano, anexo ao plano, ilustra o perímetro urbano e as áreas de expansões atuais.

A elaboração de Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto é prevista na área de planejamento pela Lei federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Outras leis de referência são as Leis 11.079/04 (lei das parcerias público-privadas), lei 8.987/95 (lei de concessões) e, no campo da regulação dos serviços, a lei complementar nº 1025/2007, que criou a agência reguladora de saneamento e energia do Estado de São Paulo (ARSESP).

A Lei nº 11.445/07 define como serviços de saneamento básico, as infraestruturas e instalações operacionais de quatro tipos de serviços:

- abastecimento de água potável;
- esgotamento sanitário;
- limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A Lei Ordinária nº 1692 de 2013 foi o marco regulatório da Política de Saneamento Municipal. Em Capela do Alto, a implantação no Município de Capela do Alto, da coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares na sua origem foi instituída pela Lei nº1.730 de 2013.

Os problemas de macrodrenagem apresentam impactos e repercussões em recursos hídricos (saneamento, irrigação, geração de energia, produção industrial e exploração de minérios), o que demanda um processo de gestão por bacias, trazendo em pauta o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH/SP), instituído pela a Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991.



## PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Capela do Alto integra a UGRHI 10 - bacias hidrográficas dos rios Sorocaba e Médio Tietê, conforme disposto na Lei nº 9.034 de 1994 que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), a ser implantado no período 1994 e 1995, em conformidade com a Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos e classificou a área do Sorocaba-Tietê como industrial.

É o caso da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP, cuja criação foi autorizada pela Lei nº 119, de 29/06/73, tendo por objetivo o planejamento, execução e operação dos serviços públicos de saneamento básico em todo o Estado de São Paulo, respeitada a autonomia dos municípios.

As principais legislações relacionadas aos recursos hídricos são:

- Lei Ordinária nº 1.563/2010: Institui o Dia Municipal da Água no Município de Capela do Alto;
- Lei nº 1.512/2009: Institui a Política Municipal de proteção aos mananciais de água destinada ao abastecimento público e dá outras providências;
- Lei Ordinária nº 1733/ 2013: Define e penaliza o desperdício de água e dá outras providências.

Outros importantes marcos de legislações ambientais no município são:

- Lei Ordinária nº 1778/ 2014: autoriza a Prefeitura Municipal a instituir o Programa por Serviços Ambientais e a estabelecer convênios com o Estado de São Paulo para execução de projetos de pagamento por serviços ambientais
- Lei Ordinária nº 1729/ 2013: Dispõe sobre criação do Fundo Municipal do Meio Ambiente de Capela do Alto e dá outras providências.

### **PEDOLOGIA**

Os principais atributos dos solos presentes no município de Capela do Alto encontram-se resumidos a seguir, enfatizando sempre que pertinente sua susceptibilidade à erosão, limitações de uso e usos mais adequados. A bibliografia advém do Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (escala 1:500.000) de 1999.

Ocorrem no município de Capela do Alto dois tipos de solo: ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS (PVA18 e PVA24) e LATOSSOLOS VERMELHOS (LV42 e LV60), sendo que os ARGISSOLOS presentes diferem apenas no relevo que ocupam



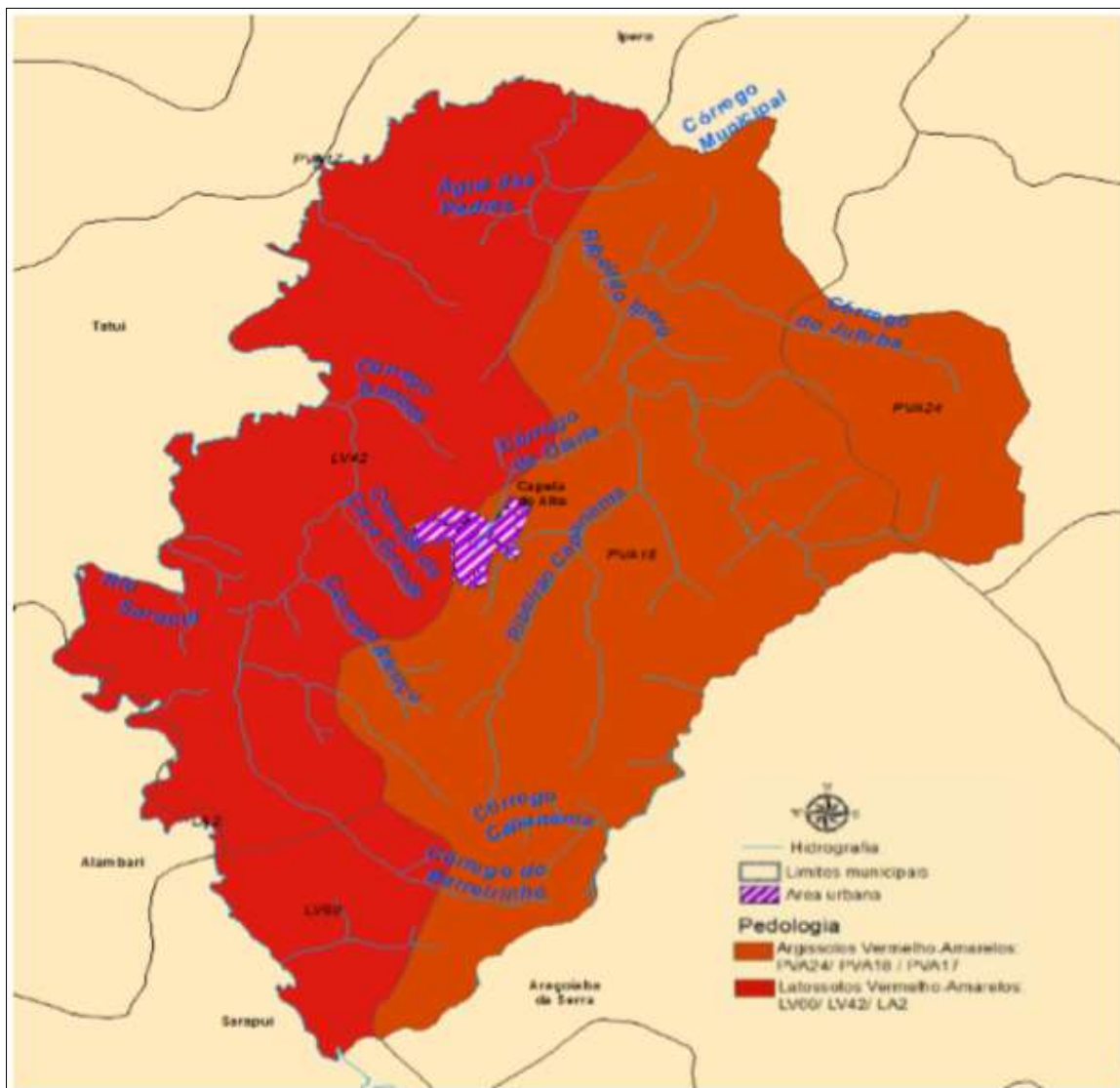
**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

(relevo ondulado a forte ondulado para PVA18 e relevo forte ondulado a montanhoso para PVA24), enquanto que os LATOSSOLOS VERMELHOS (LV42 e LV60) diferem apenas pelo segundo ter como membro subordinado LATOSSOLOS VERMELHOSAMARELOS.

A área urbana do município, objeto principal do presente trabalho, divide-se segundo uma linha aproximadamente NE-SW entre os LATOSSOLOS LV42, em sua porção Oeste, e os ARGISSOLOS PVA18 em sua porção Leste.



**Imagem 4.** Pedologia do Município de Capela do Alto.

É apresentado a seguir um resumo dos tipos de solo presentes e seus principais atributos:





**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS PVA18 (E): Distróficos, com horizonte A moderado, textura média/argilosa e argilosa, em relevo ondulado e forte ondulado.

- ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS PVA24 (E): Distróficos, com horizonte A moderado, textura média/argilosa e argilosa, em relevo forte ondulado e montanhoso.
- LATOSSOLOS VERMELHOS LV60 (S): Distróficos, com horizonte A moderado e textura argilosa, ocupando relevo suave ondulado e ondulado.
- LATOSSOLOS VERMELHOS LV42 (W): Distróficos + LATOSSOLOS VERMELHO-AMARELOS Distróficos, ambos com horizonte A moderado e textura argilosa, ocupando relevo suave ondulado e ondulado.

O principal atributo diagnóstico de todos os ARGISSOLOS é o acréscimo de argila em profundidade e a capacidade de troca de cátions (CTC) menor que 27 cmol/ Kg de solo (em níveis categóricos mais baixos são usados outros critérios diagnósticos, alguns de grande importância agrônômica). Os ARGISSOLOS que ocorrem no município de Capela do Alto são ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, que se diferenciam dos ARGISSOLOS VERMELHOS pelo matiz de cor presente na maior parte do horizonte B (inclusive BA), a qual é no caso mais vermelho e mais amarelo que 2,5 YR.

Os ARGISSOLOS apresentam em geral textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade da fração argila, sendo por esse motivo, facilmente preparados para plantio (por conceito, apresentam predominantemente argila de baixa atividade). Contudo, a capacidade adsortiva desta fração, para uma mesma textura, é em geral ligeiramente superior aos LATOSSOLOS. São também em geral muito profundos, isto é, não apresentam qualquer impedimento físico à penetração do sistema radicular até pelo menos 200 cm de profundidade. A presença de saprólitos a menos de 200 cm de profundidade em geral não representa impedimento físico ao enraizamento, uma vez que nesses casos tais camadas são espessas e a rocha intemperizada é branda (é possível que os saprólitos apresentem maior teor de minerais primários intemperizáveis que os horizontes superiores, constituindo-se em importante zona de reserva potencial em nutrientes).

As declividades maiores que 8% são limitantes no uso de ARGISSOLOS para aterros sanitários (fato agravado pela espessura do solo, em geral inferior a 3-4 m). São bons solos para utilização como piso de estradas, mas seu potencial



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

agrícola, desde que situados em relevo adequado, desaconselha tal uso. Em zonas serranas, é comum a presença de ARGISSOLOS fase pedregosa e rochosa e aqueles associados a AFLORAMENTOS ROCHOSOS. Tais solos ocorrem geralmente em relevo forte ondulado e montanhoso, estando restritos à porção Oeste do município (ARGISSOLOS PVA24) e correspondendo aproximadamente às cotas mais elevadas da área de afloramento do Granitóide Tipo I (Granito Sorocaba).

Os processos físico-químicos característicos dos LATOSSOLOS compreendem a lixiviação da sílica e cátions do horizonte A, com conseqüente concentração no horizonte B de sesquióxidos de Fe e Al, e a fixação dos ânions (fosfatos, sulfatos e nitratos) pelo coloide mineral. Mesmo quando argilosos, como é o caso dos LATOSSOLOS presentes em Capela do Alto, a porosidade é excepcional (50-60%) e a drenagem interna é boa, sendo também altamente friáveis. A maioria dos LATOSSOLOS do município são também distróficos, sendo, portanto, a baixa fertilidade natural sua principal limitação. Apresentam boa tolerância à perda por erosão e baixa relação de erosão (Lombardi Neto & Bertoni, 1975), o que somado à boa permeabilidade interna, boa capacidade de infiltração e relevo pouco declivoso levaram Oliveira & Van Der Berg (1985) a considera-los, quando de textura argilosa como no caso, como solos de baixa erodibilidade (são mais susceptíveis à erosão quando de textura franco-arenosa).

A baixa atividade das argilas dos LATOSSOLOS resulta em pequena expansibilidade e contratibilidade, pelo que os de textura argilosa, como no caso, constituem ótimo piso para estradas, sendo também bastante apropriados para aterros sanitários e cemitérios. Pela alta permeabilidade interna e baixa adsorção, são solos pouco filtrantes, o que permite esperar que, apesar de sua espessura considerável, a possibilidade de contaminação de aquíferos por material tóxico seja elevada.

### **SUSCEPTIBILIDADE A EROSÃO**

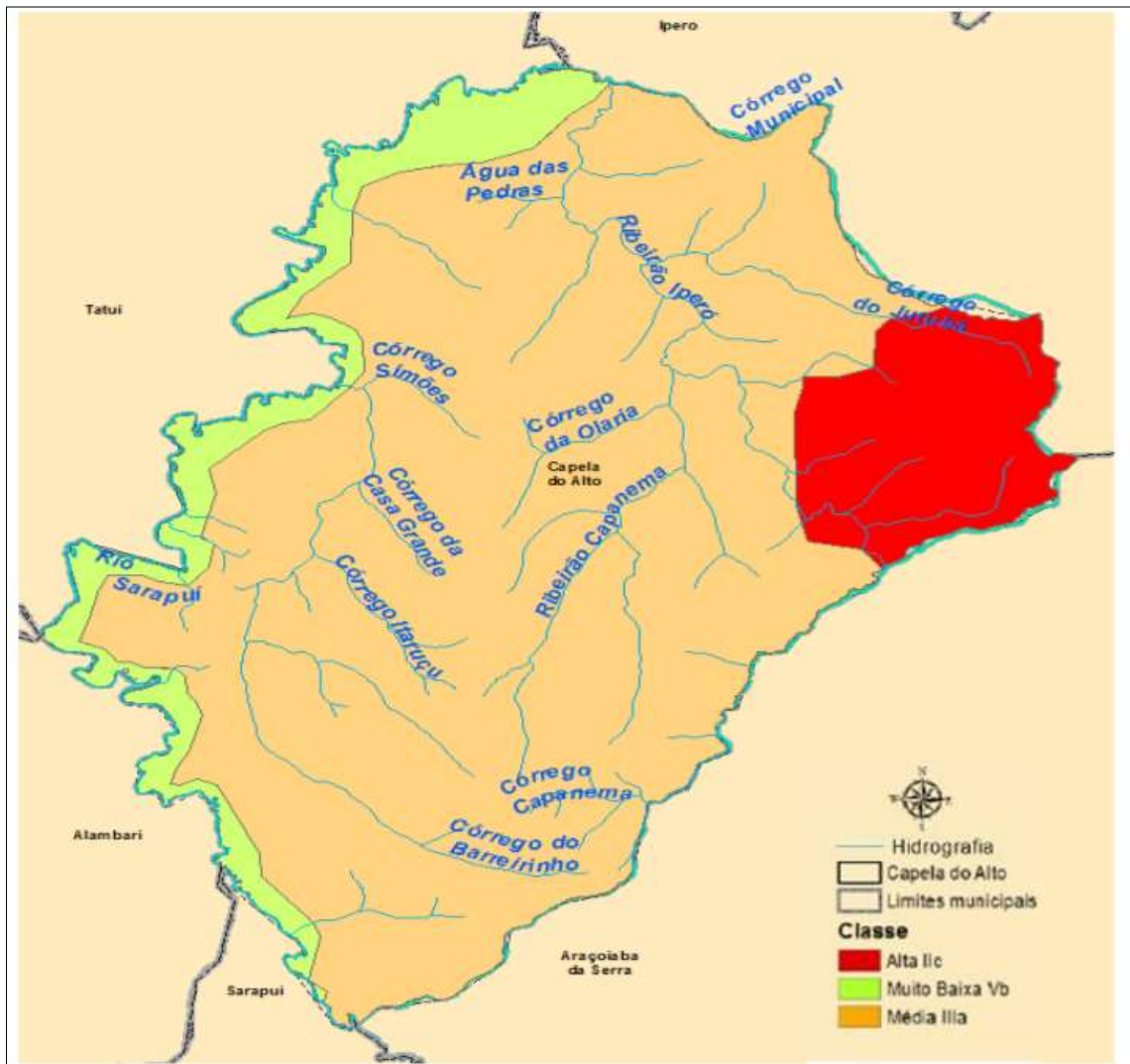
Segundo o Mapa de Erosão do Estado de São Paulo (IPT/DAEE, escala 1:250.000), ocorrem no município de Capela do Alto três classes de susceptibilidade à erosão, cujas características gerais se encontram resumidas a seguir, com base em Filho et al (2000). A Figura 5 ilustra a posição dessas três classes no contexto das cinco classes definidas no Estado de São Paulo.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 5.** Susceptibilidade de Erosão no Município de Capela do Alto.

As classes estão descritas abaixo:

- Alta IIC: Esta categoria é a segunda classe de maior susceptibilidade à erosão presente no Estado de São Paulo, sendo subdividida em três classes com características bem distintas (o critério que determina a reunião das classes IIa, IIb e IIC na categoria de Alta Susceptibilidade à Erosão é a intensidade e a frequência dos processos erosivos). A subclasse IIC, que ocorre na porção Oeste do município, apresenta características diferentes das subclasses IIa e IIb. No Estado de São Paulo, o substrato dessa subclasse é composto por rochas cristalinas, ígneas e metamórficas, ocorrendo no presente caso em Capela do Alto o Granitóide Sorocaba. O relevo é fortemente movimentado, formado por montanhas, serras e



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

escarpas. A declividade média é acima de 30%, frequentemente acima de 60%. Conforme exposto no item de Pedologia, os solos nessa área são ARGISSOLOS (PVA18 e PVA 24), podendo haver ocorrência de saprolitosilto-arenoso subjacente aos horizontes A e B argilosos, porém pouco espessos. Os processos erosivos são bastante intensos neste compartimento, o que justifica esta classificação de alta suscetibilidade, subclasse I Ib. As ravinas são pouco freqüentes e em geral rasas, a não ser nos aterros. As voçorocas são praticamente inexistentes. Os processos mais típicos desta classe são os movimentos de massa. Os rastejos e escorregamentos de todas as formas são freqüentes. As cabeceiras das drenagens, quando afetadas por erosão e chuvas intensas, podem desenvolver corridas de lama e pedras. Nas cicatrizes deixadas nas encostas pelos escorregamentos normalmente se desenvolvem intensos processos erosivos, até mesmo voçorocas onde ocorrem surgências d'água. Os paredões e escarpas apresentam freqüentes escorregamentos planares.

- Média IIIa: A maior parte da área municipal de Capela do Alto, inclusive sua área urbana, encontra-se dentro dessa classe. Nesse caso, a suscetibilidade à erosão laminar é moderada e a formação de ravinas profundas e voçorocas ocorre condicionada a grandes concentrações de água de escoamento superficial, especialmente através de estruturas lineares (estradas, cercas, caminhos). O fenômeno de piping desenvolve voçorocas apenas quando há interceptação do freático, que geralmente é profundo. Os solos mais típicos dessa subclasse são LATOSSOLOS, representados no município de Capela do Alto por LATOSSOLOS VERMELHOS LV42, desenvolvidos em relevo suave ondulado de colinas amplas e derivados de arenitos. As declividades são baixas, em geral inferiores a 10% (ressalte-se que o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo indica a porção oriental do município como de apresentando declividades algo maiores). Em função destas características, a erosão laminar é moderada, sendo comum a presença de sulcos rasos. As ravinas são o processo erosivo mais típico desta classe. Em função da grande espessura dos solos e das longas rampas, é comum a formação de ravinas de médio e grande porte decorrentes do escoamento superficial concentrado. As ravinas geralmente ocorrem nas encostas, entre as linhas de drenagem ou perpendicularmente a elas.



## PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

- Muito Baixa Vb: A classe Muito Baixa é a de menor susceptibilidade à erosão presente no Estado de São Paulo, ocorrendo no município de Capela do Alto numa estreita faixa ao longo de seu limite Oeste, ao longo do Rio Sarapuí e correspondendo à área ocupada por Depósitos Aluvionares. As subclasses Va e Vb são caracterizadas como zonas onde ocorre mais acumulação de sedimentos e assoreamento do que a erosão propriamente dita. Ocupam áreas de baixadas, quase planas, formadas por planícies aluvionares (Vb), como no caso de Capela do Alto, e costeiras (Va). Os solos são do tipo aluviões, hidromórficos e gleisados, e podzóis<sup>1</sup>, evoluídos a partir de sedimentos inconsolidados, aluviões, dunas, mangues, cordões litorâneos etc. A erosão laminar, linear e os movimentos de massa praticamente não ocorrem.

O mapa de Suscetibilidade à erosão é parte anexa a este Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto.

### **GEOMORFOLOGIA LOCAL**

A geomorfologia do município de Capela do Alto é representada, sobretudo, por relevos de degradação (retirada de material) em planaltos dissecados, com uma pequena área de relevo de agradação (deposição de material) representado pelas planícies aluviais nas margens do Rio Sarapuí, restrita ao setor Oeste do município.

O primeiro grupo Relevos de degradação em Planaltos Dissecados divide-se em três classes:

- Relevo Colinoso (representado por Colinas Médias): predominam baixas declividades (até 8,5 graus, ou 15%) e amplitudes locais inferiores a 100 m. As COLINAS MÉDIA caracteriza a porção Oeste do município de Capela do Alto. Predominam interflúvios com área de 1 a 4 Km<sup>2</sup>, com topos aplainados e vertentes com perfis convexos a retilíneos. A drenagem é de média a baixa densidade, em padrão sub-retangular, com vales abertos a fechados e planícies fluviais interiores restritas, havendo presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes. Na área municipal de Capela do Alto, ocupam esse relevo a Bacia do Córrego do Barreirinho e parte da Bacia do Rio Sarapuí.
- Relevo de Morrotes (representado por Morrotes Alongados e Espigões): predominam declividades médias a altas (acima de 8,5 graus, ou 15% e amplitudes locais inferiores a 100 m). Os MORROTOS ALONGADOS E



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

ESPIGÕES é o relevo predominante no setor Leste do município. Predominam interflúvios sem orientação preferencial, com topos angulosos a achatados e vertentes ravinadas com perfis retilíneos. A drenagem é de média a alta densidade, em padrão dendrítico, e os vales são fechados.

- Relevo de Morros (representado por Morros com Serras Restritas): predominam declividades médias a altas (acima de 8,5 graus, ou 15%) e amplitudes locais de 100 a 300 m. Os MORROS COM SERRAS RESTRITAS ocorre no setor extremo Leste do município, correspondendo às unidades geológicas do Granito Sorocaba e de pequena porção do Maciço Ipanema, sendo o relevo mais acidentado do município. Morros com topos arredondados, de vertentes com perfis retilíneos (por vezes abruptas) e presença de serras restritas. A drenagem é de alta densidade, em padrão dendrítico a pinulado, com vales fechados e planícies aluvionares interiores restritas.

O Relevo de Agradação (representado pela Planícies Aluviais) são pequenas faixas desse tipo de relevo que ocorrem nas margens do Rio Sarapuí, no setor Noroeste do município, correspondendo à unidade geológica dos Depósitos Aluvionares (Q2a). São terrenos baixos e mais ou menos planos, junto às margens dos rios, sujeitos periodicamente a inundações.





**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 6.** Mapa de Declividade de Capela do Alto.

**GEOLOGIA**

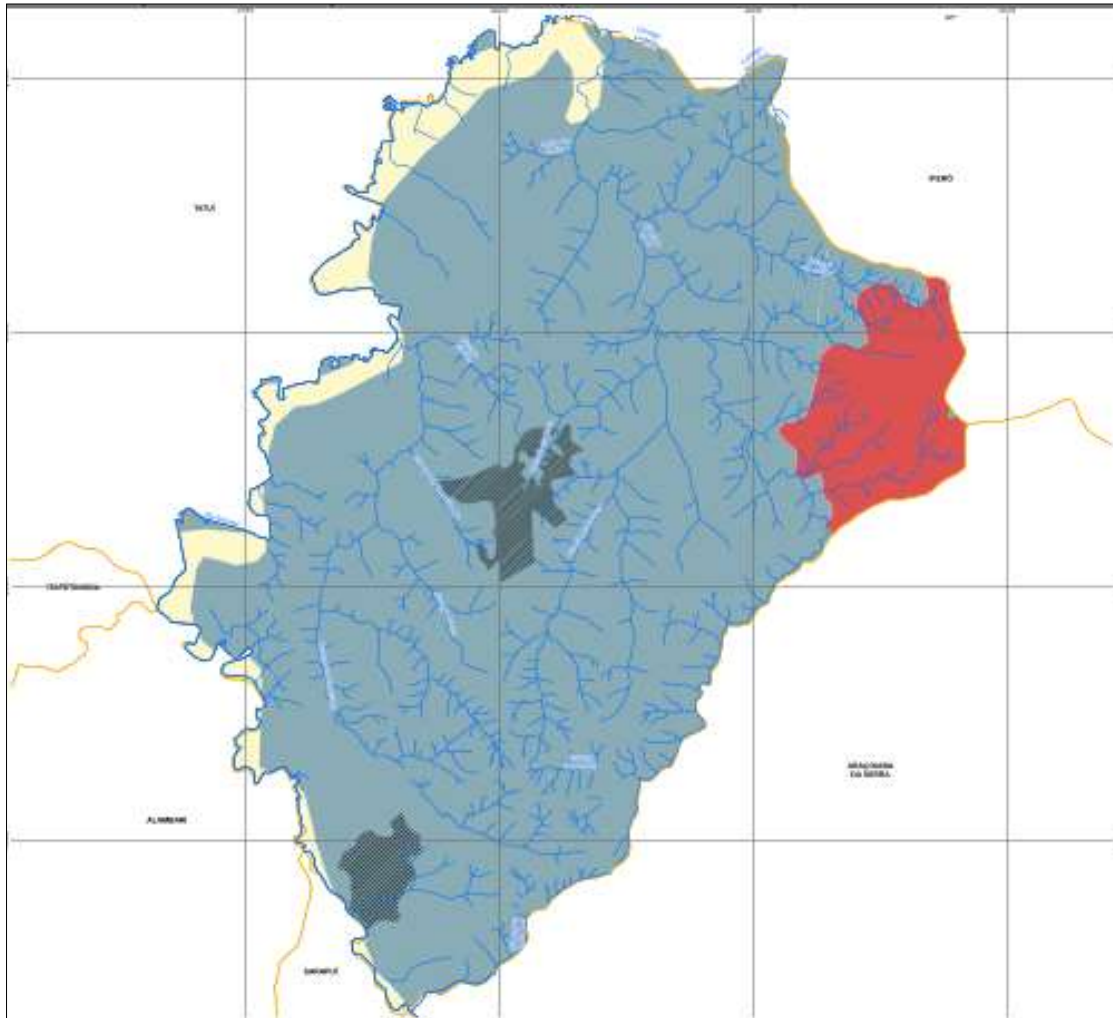
Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, escala 1: 750.000), ocorrem no município de Capela do Alto quatro unidades geológicas, descritas a seguir (da mais antiga para a mais recente).



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 7.** Mapa de Geologia de Capela do Alto.

- Corpo de Granitóides tipo I (sin a tardi-orogênicos do orógeno Socorro-Guaxupé, Np3sX2l): Este corpo aflora no extremo Nordeste do município e engloba dois tipos de granitoides peraluminosos (Sorocaba e Morungaba), não estando especificado nas fontes disponíveis qual é o presente no município de Capela do Alto. Entretanto, o contexto das unidades geológicas do entorno regional (Formações Estrada dos Romeiros e Pirajibu) permite inferir tratar-se do Corpo Granitóide Sorocaba, que é intrusivo nas formações citadas. Apresenta como litotipos principais: granitóides cinzas e róseos, granodioritos, monzogranitos e sienogranitos + quartzo-monzogranitos. Sua composição é calcialcalina de médio a alto potássio (Godoy 1989). As litologias apresentam aspecto anisotrópico gnáissico, não estando dobradas, mas ocupam zonas de cisalhamento. A textura é



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

predominantemente argilo- siltico-arenosa, a porosidade primária é baixa (0 a 15%) e a interação hidrogeológica é do tipo fissural (ie dá-se entre as fissuras no pacote rochoso). É atribuída uma idade de 606 +/- 16 Ma para o Granito Sorocaba, por análise (Th/U)-Pb (Vlach e Gualda 2000).

- Grupo Itararé indiviso (C2P1i): Essa unidade corresponde à significativa maior expressão em área do substrato de Capela do Alto. O Grupo Itararé representa um registro marcante da grande glaciação gondwânica que ocorreu entre 360 e 270 milhões de anos atrás, com pico no Mississipiano (Carbonífero inferior). A posterior deglaciação, ocorrida do Carbonífero superior até o Permiano inferior, gerou extensos depósitos de rochas glaciais. Mesmo com a forte ação do gelo, o Grupo Itararé é rico em arenitos. Compreende, em ordem decrescente de abundância, intercalações de arenitos, diamictitos, folhelhos, lamitos, siltitos e rocha pelítica rítmica, não dobradas e não fraturadas, associadas a grandes e profundas bacias sedimentares do tipo sinéclise (Bacia do Paraná, no caso). O aspecto das litologias é isotrópico, a textura varia de arenosa a argilo-siltosa, e a porosidade primária é alta (> 30%). O intemperismo, tanto físico como químico, varia de baixo a alto tanto na vertical como na horizontal, e a interação hidrogeológica é do tipo granular (ie dá-se através dos interstícios entre os grãos no pacote rochoso).

Segundo Milani (1997) o Grupo Itararé, juntamente com a Formação Aquidauana (C2P1a), representa a formação basal transgressiva Supersequência Gondwana I, de idade carbonífera/triássica, com sedimentação glacio-marinha. França e Potter (1988) subdividiram o Grupo Itararé em três formações (Lagoa Azul, Campo Mourão e Taciba), que corresponderiam a fases de sedimentação cíclica dentro de um regime glacial, relacionadas a subidas relativas do nível do mar.

Aluviões de rios que drenam o Grupo Itararé são portadores de diamantes, e varvitos são explorados para beneficiamento, sob a forma de lajes regulares, com uso principalmente em calçamentos de baixa carga. Arenitos dessa unidade são relacionados por Zalán et al. (1990) como potenciais reservatórios de gás.

- Maciço alcalino de Ipanema (K2λi): Uma pequena área desse maciço consta no mapa-fonte (Figura 7: GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE CAPELA DO ALTO.) como aflorando no limite Nordeste do município de Capela do Alto, adjacente ao Corpo Granitóide Tipo I descrito anteriormente. Pode haver certa imprecisão posicional devido à escala do mapa geológico, mas, por tratar-se do único afloramento dessa unidade conhecido no Estado de São Paulo, sua descrição é aqui apresentada. O



## PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Maciço alcalino de Ipanema (9 Km<sup>2</sup>) foi primeiramente descrito por Derby (1891) no município de Iperó, divisa com Araçoiaba da Serra, São Paulo. Segundo Amaral et al. (1967), trata-se de uma intrusão do Cretáceo Inferior, datada em 123 Ma (método K-Ar), situada na borda Leste da Bacia do Paraná, que foi responsável pelo soerguimento do embasamento cristalino e sedimentos sotopostos (estes representados no município pelo Grupo Itararé). O maciço é composto por um núcleo de glimerito circundado por fenitos. Nas proximidades da intrusão, esses fenitos estão fraturados e penetrados por veios de carbonatito portador de magnetita e apatita (essa estruturação foi definida a partir de sondagens e trabalhos de prospecção, já que o maciço praticamente não aflora). Leinz (1940) identificou no maciço ortoclásio- aegerinitos, ortoclásio-lusitanitos, umptekitos e nordmarkitos, além de shonkinitos pórfito nos diques e sills associados à intrusão.

- Depósitos Aluvionares (Q2a): Constituem os depósitos nas margens, fundos de canal e planícies de inundação de rios. Englobam as areias, cascalheiras, siltes, argilas e, localmente, turfas, resultantes dos processos de erosão, transporte e deposição a partir de áreas- fonte diversas, desenvolvendo-se sobre a Província Paraná e estendendo-se para as províncias limítrofes. Os depósitos arenosos e cascalheiras podem assumir importância devido a sua utilização na indústria da construção civil, enquanto que as áreas de planície de inundação podem fornecer material argiloso para indústria cerâmica. Depósitos de areias quartzosas para uso industrial podem ser encontrados em áreas de drenagem das formações Furnas, Pirambóia e Botucatu. Embora essas unidades não estejam presentes no município de Capela do Alto, a ocorrência de areias quartzosas no município não é descartada. Placeres<sup>2</sup> contendo

diamantes são encontrados em rios que drenam rochas sedimentares do Grupo Itararé (unidade geológica com maior expressão em área no município de Capela do Alto). O mapa de Geologia é parte anexa a este Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto.

## **CLIMATOLOGIA**

O clima na área de interesse é tropical de altitude. O verão tem maior pluviosidade que o inverno, por influência da continentalidade, isto é com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média anual na área de estudo é de 20,9 °C com 1262,8 mm é a pluviosidade média anual.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

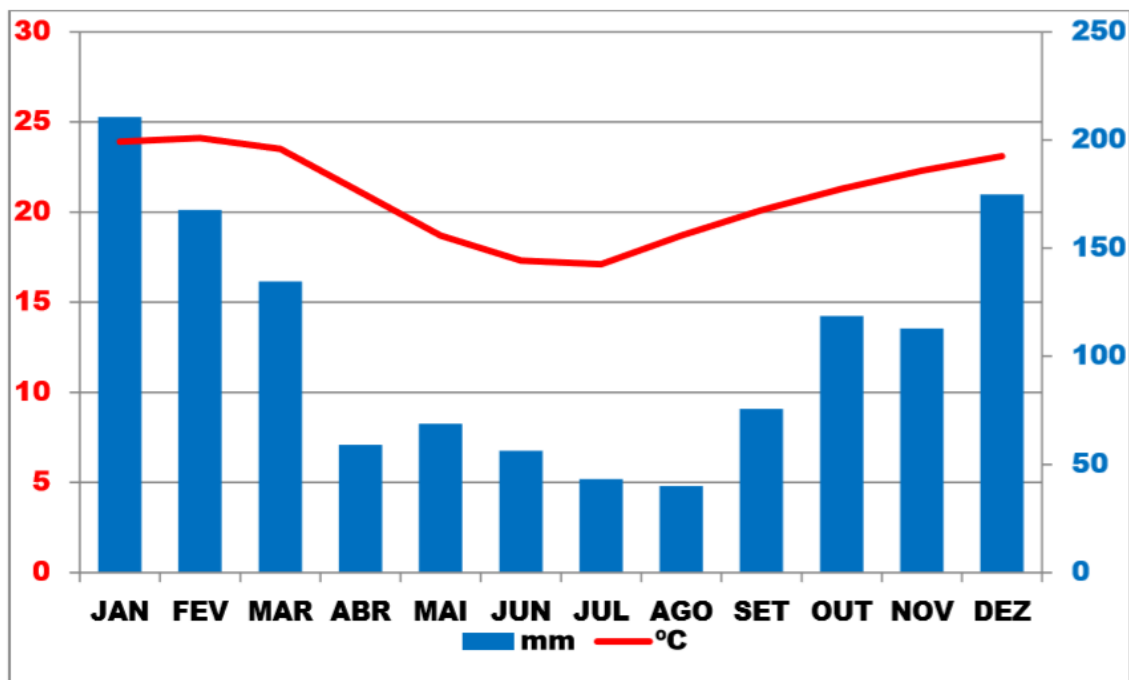
Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

O mês de agosto é o mais seco, em que a pluviosidade chega aos 40,0 mm. Em janeiro a precipitação é a maior de todos os meses, com média de 210,7 mm.

De acordo com a Classificação Climática de Koeppen para o Estado de São Paulo, empreendido pelo CEPAGRI, a área de estudo tem caracterização do tipo o Cwa, o que resulta em um clima tropical de altitude, com chuvas pronunciadas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente igual a 29,7°C no mês de fevereiro, e mês mais frio com temperatura média de 10,1° C que ocorrem em Julho. Os meses mais secos tem precipitação inferior a 80mm e com período mais chuvosos de outubro a março, superior a 112,9mm.

**Gráfico 1.** Precipitação e Temperatura ao longo do Ano.



### **USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

O mapa de uso do solo empregou a técnica da classificação supervisionada, com aplicação do algoritmo de máxima verossimilhança.

Empregou-se para este fim imagens do Google Earth datadas de 26/01/2014. Foram geradas amostras em gabinete, sobre a imagem. Esta fase envolve no controle de separabilidade entre amostras que deve ser superior a 1.92



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

nos índices JeffriesMatusita e Divergência Transformada, o que atende ao padrão da NPAIS, do Exército Brasileiro. Dentre os principais tipos de cultivos do município de Capela do Alto, estão: o arroz, a cana de açúcar, o feijão, a laranja, tangerina, limão, melancia, mandioca, a maracujá e a banana. Já dentre as principais criações estão: bovinos e bubalinos. Além da produção de leite e ovos. A principal destinação do eucalipto plantado é para a produção de lenha, segundo informações do SEADE (2015).

O cultivo de arroz decaiu ao longo dos anos de 2000 a 2010. A produção de feijão manteve-se constante ao longo do mesmo período chegou a 486 toneladas produzidas em 2010, sendo que a maior produção foi de 766 toneladas em 2001. Predominam as atividades industriais na região da metrópole, o cultivo da cana-deaçúcar e do citrus, além da pecuária.

O mapa de Uso do Solo confeccionado na escala 1:10.000 pela Medral Geotecnologias LTDA baseado em IBGE (2013). O mapa é parte anexa a este Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto.

**Tabela 1.** Uso do solo.

Classes	Uso do Solo	Área absoluta (Km <sup>2</sup> )	Área Relativa (%)
1	Campo Antrópico	56.859,87	33,84%
2	Cultura Temporária	39.026,70	23,22%
3	Mata Nativa	34.326,30	8,32%
4	Pastagem	13.982,25	8,29%
5	Cultura Permanente	13.929,73	20,43%
6	Edificações	5.818,21	3,46%
7	Silvicultura	2.158,90	1,28%
8	Água	1.938,90	0,80%
9	Estrada	1.347,07	1,15%
	<b>Total</b>	<b>168.040,839</b>	<b>100,00%</b>

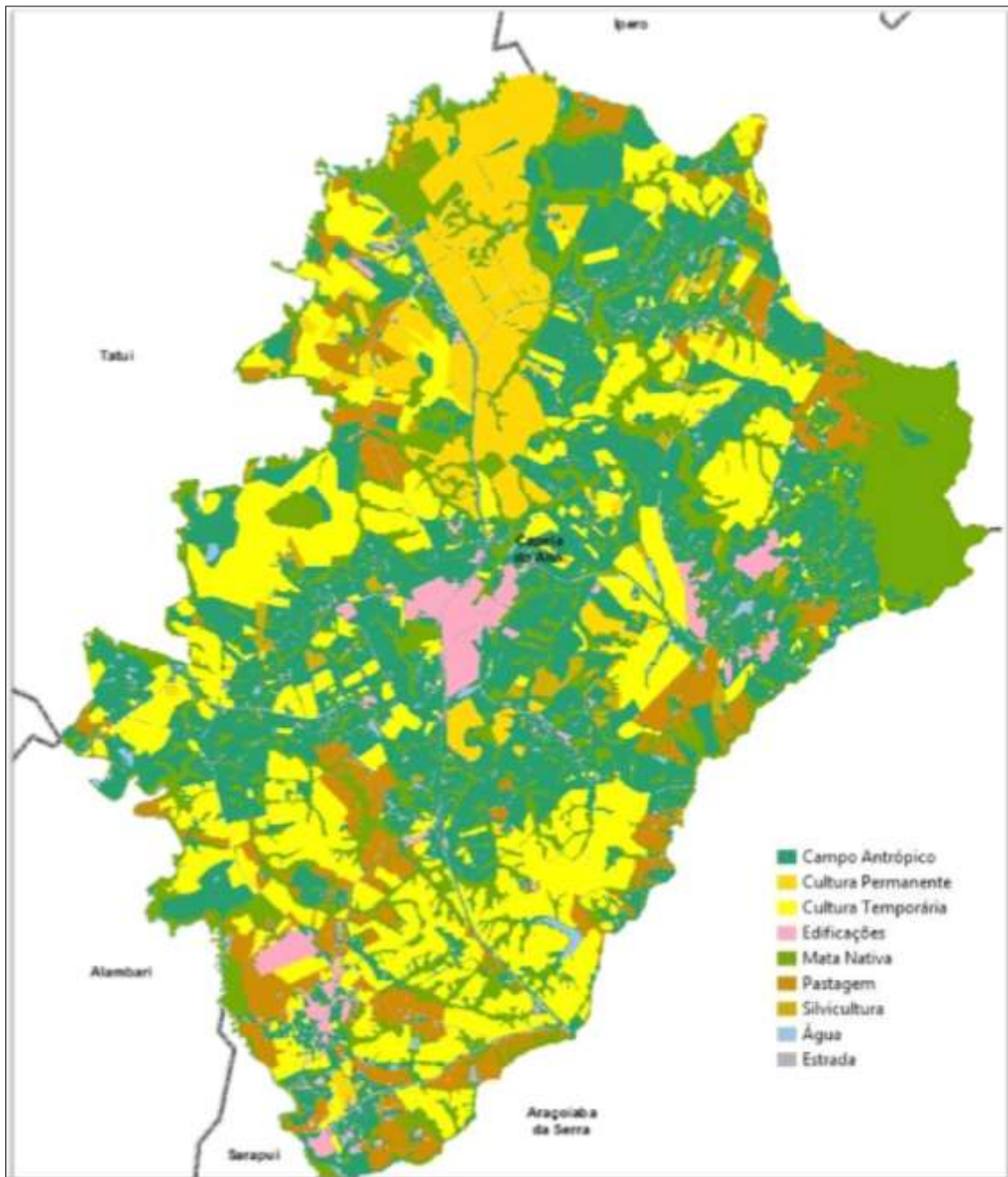




**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 8.** Mapa de uso do Solo.

### **PROJEÇÃO POPULACIONAL**

As projeções populacionais são essenciais para orientação de políticas públicas e tornam-se instrumentos valiosos para todas as esferas de planejamento. Estas informações viabilizam análises das demandas por serviços públicos, além de serem fundamentais para o estudo de determinados segmentos populacionais para



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

os quais são formuladas políticas específicas. Tais projeções entram ainda no cálculo de vários indicadores econômicos e sociais, como, por exemplo, o PIB per capita e o número de leitos hospitalares por mil habitantes.

O método dos componentes demográficos parte da divisão da população de base em coortes, sendo que para cada coorte são aplicados os correspondentes indicadores de fecundidade, mortalidade e migração. Assim, torna-se possível calcular a população do próximo período de projeção, que será a base da população para o período seguinte e, assim, sucessivamente até a extensão final a ser projetada. A população de base considerada nas projeções ora disponibilizadas é aquela por idade e sexo recenseada, em 2010, pelo IBGE.

Para o futuro, a expectativa é de redução lenta dos níveis de fecundidade, uma vez que hoje já se registram valores bastante baixos. Espera-se, em 2050, que as mulheres residentes no Estado de São Paulo tenham, em média, 1,5 filho, lembrando que em 2010 tinham 1,7 filho. Para as regiões, considerou-se maior homogeneização de seus níveis, como já tem sido observado ao longo de períodos anteriores, alcançando patamares cada vez menores. Em todos os cenários formulados, a tendência futura seria de queda ou de estabilização, mas não de aumento, pois ao longo da evolução da fecundidade paulista poucas vezes esse comportamento foi observado.

O cenário prospectivo para a mortalidade no Estado pressupôs avanço em direção a patamares mais elevados de esperança de vida, devendo atingir, em 2050, 79,07 anos para a população masculina e 84,20 anos para a feminina. Esse horizonte expressa importante acréscimo, uma vez que em 2010 a vida média era de 71,44 para homens e de 78,60 anos para mulheres.

A análise da tendência do componente migratório no Estado de São Paulo revela que seu volume vem se reduzindo e, portanto, sua contribuição para o crescimento populacional tem sido cada vez menor. De fato, o saldo migratório anual e a taxa anual de migração, correspondentes ao período de 2000 a 2010, foram os menores já registrados na história recente: 47.265 pessoas e 1,21 migrante por mil habitantes, respectivamente.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**Tabela 2.** Dados de Capela do Alto.

Território e População	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Área (Em km <sup>2</sup> )	2017	169,89	5.265,48	248.222,36
População	2017	19.606	473.555	43.674.533
Densidade Demográfica (Habitantes/km <sup>2</sup> )	2017	115,40	89,94	175,95
Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População - 2010/2017 (Em % a.a.)	2017	1,63	1,21	0,83
Grau de Urbanização (Em %)	2017	85,66	89,22	96,37
Índice de Envelhecimento (Em %)	2017	57,63	66,17	72,47
População com Menos de 15 Anos (Em %)	2017	20,89	19,98	19,33
População com 60 Anos e Mais (Em %)	2017	12,04	13,22	14,01
Razão de Sexos	2017	105,36	101,01	94,80

Fonte: Fundação Seade.

O município de Capela do Alto tem um grau de urbanização de 85%, sendo que a área urbana é de aproximadamente 2,0 km<sup>2</sup> conforme as imagens de satélite apresentaram. A taxa de crescimento anual foi de 1,63%a.a. entre o período de 2010 e 2017.

Para o desenvolvimento dos estudos hidrológicos adotou-se um horizonte de projeto de 20 (vinte) anos. O aumento populacional apresenta alterações diretas no uso e ocupação do solo e conseqüentemente alterações no escoamento superficial das bacias hidrográficas.

O município possui atualmente 19.500 habitantes, sendo que para a projeção para o ano de 2037 é de 24.800 habitantes (Seade, 2015).

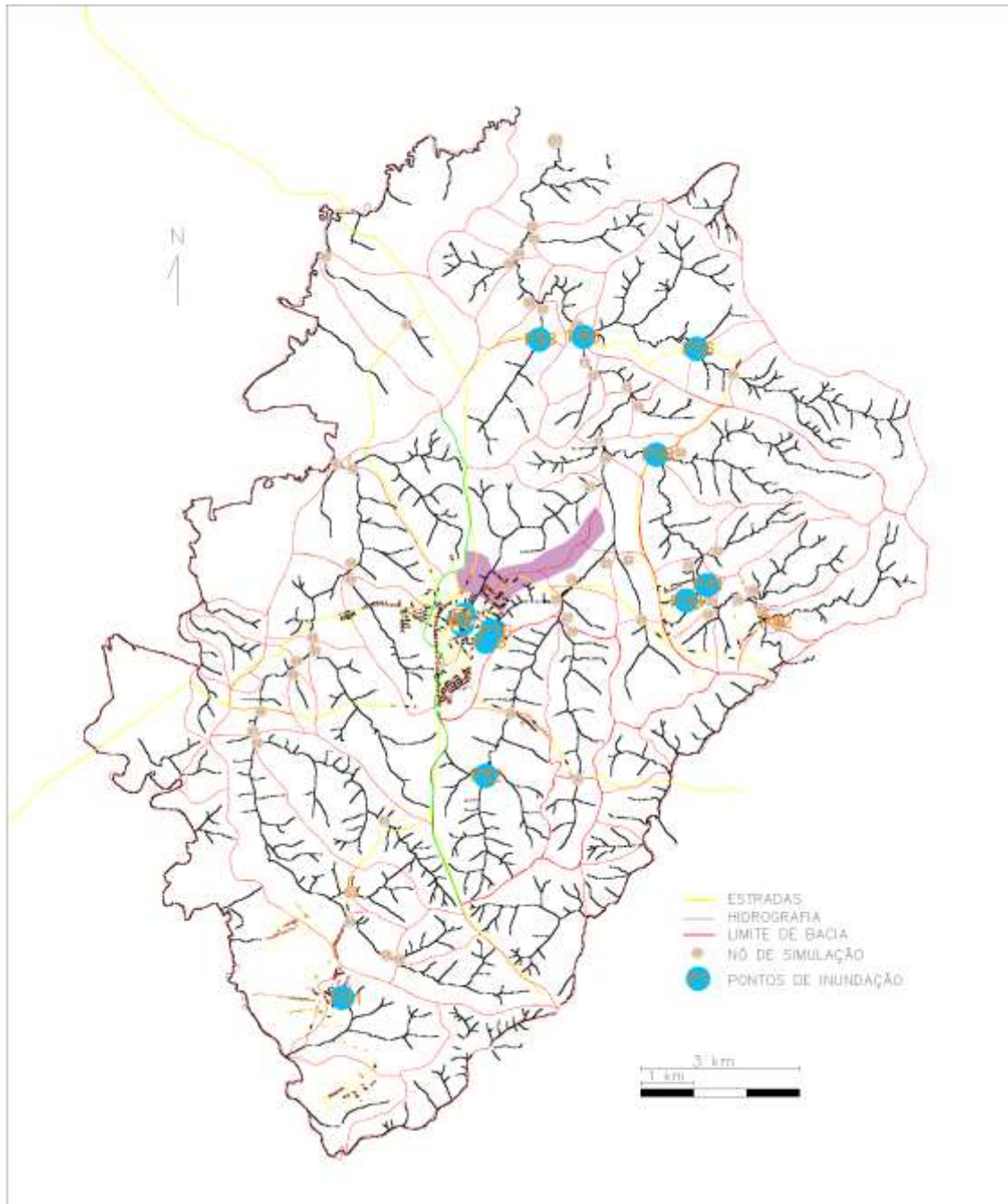
Conforme a projeção populacional para o horizonte estima-se que a expansão urbana ocorra conforme os padrões de uso e ocupação do solo atual, com um possível aumento da área urbana em 0,70 km<sup>2</sup>. A imagem a seguir apresenta um provável vetor de crescimento do município. A área delimitada representa 1,6km<sup>2</sup>.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 9.** Provável vetor de expansão urbana e Pontos de Inundação.

### **COBERTURA VEGETAL**

Através de informações levantadas pelo Sistema de Informações Florestais do Estado de São Paulo (Instituto Florestal) existem quinze (15) unidades de conservação dentro da UGRHI Sorocaba Médio-Tietê, sendo elas: Área de Proteção



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Ambiental Corumbataí, Botucatu e Tejuπά, Área de Proteção Ambiental Itupararanga, Área de Proteção Ambiental Cabreúva, Área de Proteção Ambiental Tietê, Estação Ecológica de Barreiro Rico, Floresta Estadual de Botucatu, Floresta Nacional de Ipanema, Monumento Natural Geiseritos de Anhembi, Parque Estadual Jurupará, Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Sítio Pithon, RPPN Meandros RPPN Meandros II, RPPN Fazenda Meandros III, RPPN Floresta Negra e RPPN Centro de Vivência com a Natureza (CVN).

Capela do Alto possui mata nativa em 5,95% do território; capoeira em 5,11% e reflorestamento em 0,23% (Instituto Florestal/Governo do Estado de São Paulo, 2014).

Conforme o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, 2005, a cobertura de mata representa 5,95% do território de Capela do Alto, sendo que este município apresenta trechos de reflorestamentos que correspondem a 0,23% do território municipal. Nota-se que existem trechos de vegetação bastante fragmentados dentro do município, e que este apresenta apenas 2 fragmentos maiores, um especializado ao longo do, conforme Instituto Florestal. Em Capela restam apenas 1.221 hectares (7%) da cobertura original de mata.

## **5. INVESTIGAÇÕES DE CAMPO**

As investigações foram realizadas com o auxílio dos técnicos da prefeitura de Capela do Alto e por meio de pesquisas com os moradores locais. Anexo apresenta-se o relatório da visita técnica realizada.

Resumidamente os locais que foram identificados com insuficiência de capacidade hidráulica e que fazem parte deste estudo de Macrodrenagem apresentam-se na tabela a seguir.





**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**Tabela 3.** Locais de intervenção.

<b>Intervenções do Plano de Macrodrenagem de Capela do Alto</b>	
<b>Ponto Visitado</b>	<b>Recomendação (relatório de visita técnica)</b>
1	Microdrenagem: desobstrução da galeria e verificação da capacidade de vazão
3	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia
6	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia e proteção do encontro
15	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia
16	Macrodrenagem: preservação da várzea existente
31	Macrodrenagem: remoção das residências ou ampliação da seção do córrego
39	Macrodrenagem: instalação de bueiro de talvegue
41	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia
49	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia
52	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia
53	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia (nó 8 da simulação)
55	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia (nó 10 da simulação)
56	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia (nó 15 da simulação)
58	Macrodrenagem: ampliação da seção da travessia (nó 19 da simulação)

## **6. DIAGNÓSTICO**

### **6.1. ESTUDOS HIDROLÓGICOS – SITUAÇÃO ATUAL**

#### **6.1.1. Características gerais da bacia hidrográfica do córrego Barreirinho e Água das Pedras**

A bacia hidrográfica do córrego Barreirinho, afluente da margem esquerda do Rio Sapucaí, está localizada no Município de Capela do Alto e tem área de drenagem de aproximadamente 35 km<sup>2</sup>.

A área da bacia encontra-se pouco urbanizada. O talvegue principal tem uma extensão de 15,5 km.

A bacia hidrográfica do córrego Iperó, afluente da margem esquerda do Rio Sarapuí, está localizada no Município de Capela do Alto e tem área de drenagem de aproximadamente 81 km<sup>2</sup>.

A área da bacia encontra-se pouco urbanizada. O talvegue principal tem uma extensão de 19,1 km.

Foi realizado um estudo hidrológico para avaliar as contribuições dos córregos afluentes e as vazões de projeto ao longo de todo o córrego principal. A divisão de sub-bacias foi feita com base cartográfica digital com curvas de nível do IBGE. A análise da ocupação da bacia foi realizada com base em imagens de satélite obtidas a partir do software GOOGLE EARTH.





PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Figura 1 -

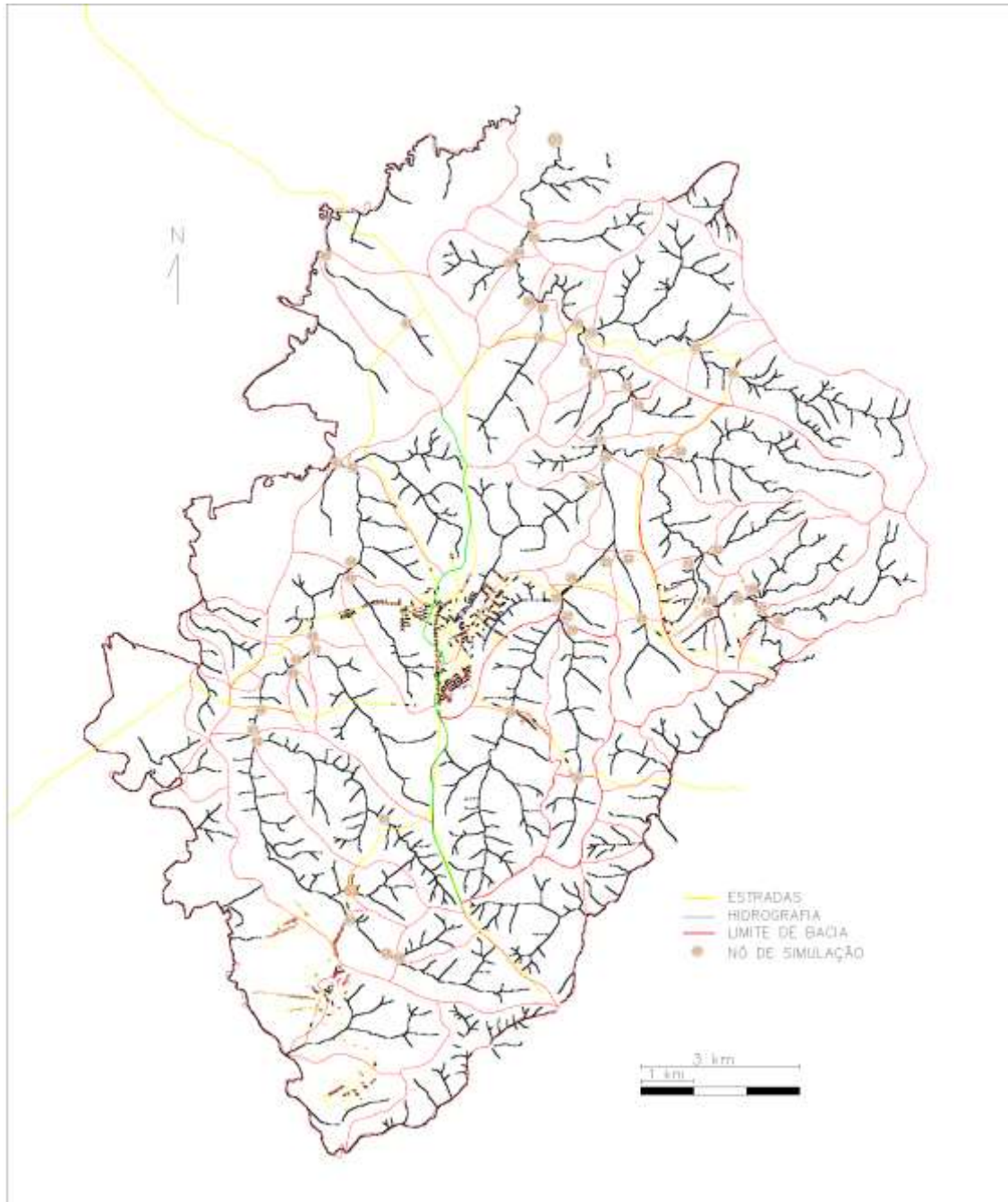


Imagem 10. Topologia da Bacia.



### 6.1.2. Chuva de Projeto

Para a simulação hidrológica da formação do escoamento superficial na bacia hidrográfica foi utilizada uma chuva de projeto, ou chuva crítica de referência, estimada com base nas *curvas idf*, que são funções que relacionam a intensidade de chuva com a sua duração e frequência estatística de ocorrência, ou período de retorno (TR). O período de retorno é o tempo médio, em anos, em que um evento de precipitação é igualado ou superado. As curvas *idf* são estimadas a partir de registros históricos de precipitação e, no caso do estado de São Paulo, foram reunidas em uma publicação chamada *equações de chuvas intensas do estado de São Paulo* (DAEE-USP, 1999).

Para a definição da chuva de projeto, deve ser adotado um período de retorno e uma duração. A intensidade obtida por meio da curva *idf* desagregada, por meio de métodos hidrológicos adequados, em intervalos de tempo dentro da duração considerada, resultando no ideograma de projeto, que é o gráfico dos totais precipitados em intervalos ao longo da duração da chuva. Foi utilizada a *idf* de Tatuí. Considerou-se a duração da chuva crítica  $t = 2$  horas e para  $t = 6$  horas, foram analisados os períodos de retorno para 10, 25, 50 e 100 anos. A discretização temporal foi feita pelo método de Huff, 1º Quartil.

#### Equação 6.1.1:

$$\text{Equação: } i_{t,T} = 19,7523 (t+20)^{-0,7872} + 5,5111(t+20)^{-0,7609} \cdot [-0,4766 - 0,8977 \ln \ln(T/T-1)]$$

para  $10 \leq t \leq 1440$

Onde:  $i$  é a intensidade de precipitação, em mm/min,  $t$  é a duração da chuva, em min e  $TR$  é o período de retorno da chuva, em anos.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**Tabela 4.** Chuva de Projeto t = 2horas.

<b>IETOGRAMA DE PROJETO - CHUVA 2H</b>				
<b>t (min)</b>	<b>Precipitação Parcial (mm)</b>			
	<b>TR 10 anos</b>	<b>TR 25 anos</b>	<b>TR 50 anos</b>	<b>TR 100 anos</b>
<b>10</b>	9.55	11.24	12.49	13.74
<b>20</b>	19.79	23.30	25.90	28.48
<b>30</b>	15.02	17.68	19.66	21.62
<b>40</b>	8.39	9.87	10.98	12.07
<b>50</b>	5.13	6.04	6.72	7.39
<b>60</b>	3.83	4.51	5.01	5.51
<b>70</b>	3.32	3.91	4.35	4.78
<b>80</b>	2.02	2.38	2.64	2.91
<b>90</b>	1.74	2.04	2.27	2.50
<b>100</b>	1.74	2.04	2.27	2.50
<b>110</b>	1.17	1.38	1.53	1.68
<b>120</b>	0.57	0.67	0.74	0.82
<b>Total</b>	<b>72.27</b>	<b>85.06</b>	<b>94.56</b>	<b>104.00</b>

**Tabela 5.** Chuva de Projeto t = 6horas.

<b>IETOGRAMA DE PROJETO - CHUVA 6H</b>				
<b>t (min)</b>	<b>Precipitação Parcial (mm)</b>			
	<b>TR 10 anos</b>	<b>TR 25 anos</b>	<b>TR 50 anos</b>	<b>TR 100 anos</b>
<b>10</b>	3.51	4.15	4.62	5.09
<b>20</b>	3.86	4.56	5.08	5.60
<b>30</b>	4.21	4.98	5.55	6.11
<b>40</b>	7.12	8.42	9.39	10.34
<b>50</b>	7.99	9.46	10.54	11.62
<b>60</b>	8.87	10.49	11.70	12.89
<b>70</b>	6.07	7.18	8.00	8.82
<b>80</b>	6.07	7.18	8.00	8.82
<b>90</b>	6.07	7.18	8.00	8.82



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

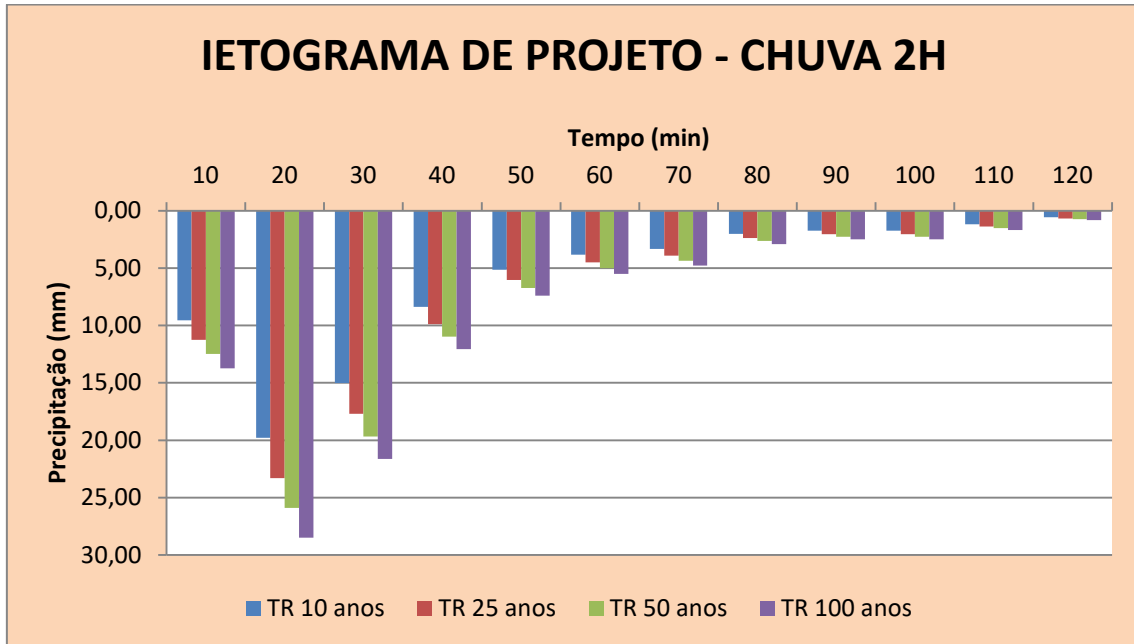
Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

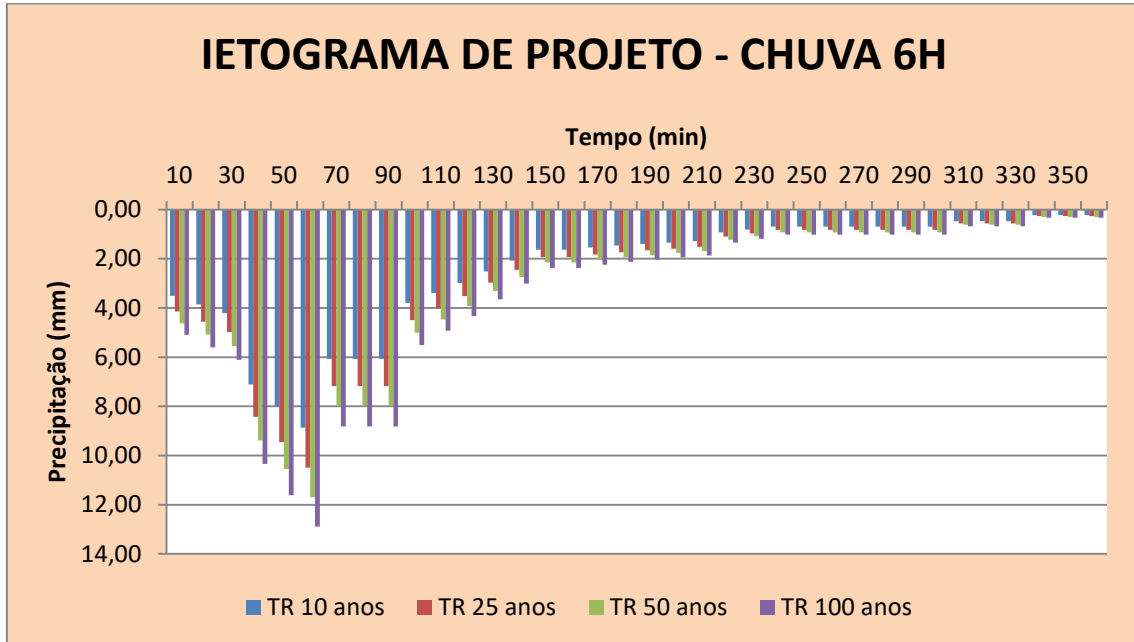
<b>100</b>	3.80	4.49	5.01	5.52
<b>110</b>	3.39	4.01	4.47	4.92
<b>120</b>	2.98	3.52	3.93	4.33
<b>130</b>	2.52	2.98	3.32	3.66
<b>140</b>	2.07	2.45	2.73	3.01
<b>150</b>	1.63	1.93	2.15	2.37
<b>160</b>	1.63	1.93	2.15	2.37
<b>170</b>	1.55	1.83	2.04	2.25
<b>180</b>	1.46	1.73	1.93	2.13
<b>190</b>	1.40	1.66	1.85	2.04
<b>200</b>	1.34	1.59	1.77	1.95
<b>210</b>	1.28	1.51	1.69	1.86
<b>220</b>	0.93	1.10	1.23	1.35
<b>230</b>	0.82	0.96	1.08	1.19
<b>240</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>250</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>260</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>270</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>280</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>290</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>300</b>	0.70	0.83	0.92	1.02
<b>310</b>	0.47	0.56	0.62	0.69
<b>320</b>	0.47	0.56	0.62	0.69
<b>330</b>	0.47	0.56	0.62	0.69
<b>340</b>	0.23	0.27	0.30	0.33
<b>350</b>	0.23	0.27	0.30	0.33
<b>360</b>	0.23	0.27	0.30	0.33
<b>Total</b>	<b>87.56</b>	<b>103.57</b>	<b>115.45</b>	<b>127.24</b>



**Gráfico 2.** Ietogramas de projeto t = 2horas.



**Gráfico 3.** Ietogramas de projeto t = 6horas.



Foi utilizado um fator de redução da precipitação no ponto devido ao tamanho da bacia (>25 km<sup>2</sup>).



### **6.1.3. Modelo e softwares utilizados para a simulação hidrológica**

A precipitação efetiva é calculada em função das características físicas da bacia e das condições de infiltração da água no solo. Fatores como compactidade e saturação do solo, grau de impermeabilização das superfícies e tipo de cobertura vegetal interferem diretamente na quantidade de chuva infiltrada e na parcela que escoar até os rios e em quanto tempo. Quanto mais impermeabilizada a bacia, maior o volume escoado e menor o tempo de escoamento.

Encontram-se disponíveis na literatura diversos modelos matemáticos que simulam o processo de transformação chuva-vazão, que consiste na conversão da chuva em vazão nos canais da macrodrenagem. Com estes modelos é possível avaliar, para uma dada chuva, qual a vazão nos pontos de interesse nos cursos d'água. O modelo hidrológico deve ser escolhido segundo critérios que contemplem as características da bacia hidrográfica, os resultados que se pretende obter e também de modo que os parâmetros requeridos pelo modelo sejam condizentes com as informações disponíveis para a bacia hidrográfica.

Um modelo hidrológico comumente utilizado para bacias hidrográficas urbanas é o SCS, desenvolvido nos Estados Unidos na década de 80 (Natural Resources Conservation Service, 1986), amplamente utilizado em virtude de sua simplicidade de parâmetros e facilidade de aplicação. Neste modelo, a retenção de parte da chuva na bacia e a infiltração são os principais fatores que determinam a quantidade de chuva que se converte em escoamento superficial, chamada precipitação efetiva (PE). A estimativa da precipitação efetiva considera o tipo hidrológico do solo e a condição de umidade anterior, representados pelo parâmetro CN, que varia de 0 a 100. Quanto mais impermeável, maior o CN. Com o total precipitado em cada intervalo, calcula-se a chuva excedente, que se torna escoamento superficial direto.

As simulações hidrológicas foram feitas com o software HEC-HMS<sup>®</sup>, um módulo da plataforma HEC (Hydrologic Engineering Center), desenvolvido pelo *U.S. Army Corps of Engineers* para simular a transformação chuva-vazão em sistemas de bacias e sub-bacias, por meio dos modelos tradicionalmente utilizados em hidrologia para o estudo de cheias e planejamento de drenagem urbana.

### **6.1.4. Configuração da simulação hidrológica**

Para a simulação, a bacia hidrográfica é configurada em sub-bacias e nós. São fornecidos os parâmetros físicos de cada sub-bacia, como a área de drenagem e o





PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

exutório, além dos parâmetros do modelo escolhido para a transformação chuva-vazão. No caso do modelo SCS, devem ser informados o *curve number CN* e o tempo de concentração  $t_c$  que, neste estudo, foi estimado pelo método cinemático, em função do comprimento do talvegue e da velocidade de escoamento nas sub-bacias **Equação 6.1.2.**

$$t_c = \frac{L}{60 \cdot v} + t_d$$

**Equação 6.1.2**

Em que:  $t_c$  = tempo de concentração (min);  $L$  = comprimento do trecho (m);  $v$  = velocidade de escoamento (m/s);  $t_d$  = tempo de difusão (decorrido entre o início da chuva e a entrada do escoamento nos canais da macrodrenagem, em min).

Conforme apresentado no mapa de declividade da bacia, foi adotado uma velocidade média de 1m/s nos canais de drenagem para a estimativa do tempo de concentração.

A topologia da bacia hidrográfica estudada é apresentada no **ANEXO I.**

**Tabela 6.** Parâmetros das sub-bacias para simulação hidrológica (cenário atual).

TABELA DE PARÂMETROS DAS SUB-BACIAS				
Nó	Área m <sup>2</sup>	Talvegue (m)	CN	TC (min)
1	3.60	19,093.00	70	318.22
2	0.80	660.00	70	11.00
3	2.05	2,890.00	71	48.17
4	1.27	1,155.00	70	19.25
5	1.66	1,743.00	70	29.05
6	0.94	1,502.00	70	25.03
7	0.61	720.00	70	12.00
8	3.50	2,734.00	70	45.57
9	1.07	1,489.00	70	24.82
10	6.30	3,711.00	71	61.85
11	0.65	1,370.00	70	22.83
12	0.90	1,750.00	72	29.17
13	0.66	1,240.00	77	20.67



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

14	1.15	1,843.00	76	30.72
15	1.38	955.00	74	15.92
16	5.43	5,147.00	73	85.78
17	1.76	1,877.00	71	31.28
18	1.48	2,011.00	70	33.52
19	2.20	2,650.00	71	44.17
20	5.20	5,175.00	72	86.25
21	5.57	4,857.00	73	80.95
22	1.00	1,358.00	78	22.63
23	0.82	940.00	71	15.67
24	0.84	328.00	74	5.47
25	2.47	2,225.00	74	37.08
26	2.48	3,370.00	79	56.17
27	2.10	2,114.00	70	35.23
28	3.00	3,240.00	72	54.00
29	6.60	4,014.00	76	66.90
30	1.42	1,704.00	77	28.40
31	1.29	6,521.00	73	108.68
32	1.84	3,208.00	75	53.47
33	0.69	5,484.00	74	91.40
34	0.63	1,093.00	72	18.22
35	0.44	4,977.00	73	82.95
36	2.59	2,875.00	72	47.92
37	0.86	4,438.00	70	73.97
38	3.42	4,247.00	72	70.78
39	passagem			
40	2.13	2,219.00	76	36.98
41	2.15	1,646.00	72	27.43
42	3.72	3,690.00	74	61.50
43	3.97	3,279.00	80	54.65
44	2.15	2,218.00	72	36.97
45	2.78	3,289.00	78	54.82
46	0.31	557.00	75	9.28
47	4.88	4,038.00	76	67.30



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

48	1.03	1,439.00	73	23.98
49	0.46	1,331.00	75	22.18
50	0.65	625.00	74	10.42
51	4.26	3,780.00	72	63.00
52	3.94	3,904.00	73	65.07
53	1.17	1,701.00	76	28.35
54	1.25	1,327.00	77	22.12
55	2.50	3,266.00	74	54.43
56	1.02	1,743.00	75	29.05
60	0.72	650.00	74	10.83
61	1.50	2,253.00	72	37.55

**6.1.5. Resultados da simulação hidrológica – Situação Atual**

Na **Tabela 7** são apresentadas às vazões de pico nos nós de simulação para as chuvas de projeto com tempo de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos. A tabela a seguir apresenta as vazões de pico para o cenário Atual.

**Tabela 7.** Vazões de pico – Cenário Atual.

Vazão de pico nos Nós de Simulação (m <sup>3</sup> /s) - Atual									
Nó	Área km <sup>2</sup>	chuva de 2 horas				chuva de 6 horas			
		TR 10	TR25	TR 50	TR 100	TR 10	TR25	TR 50	TR 100
1	3,6	151.50	228.00	293.40	374.50	150.10	224.60	287.40	353.50
2	0.80	147.70	222.80	286.60	364.50	146.50	218.60	280.00	344.60
3	2.05	4.30	6.60	8.40	11.00	4.10	6.30	8.00	9.90
4	1.27	141.90	214.30	275.60	350.70	141.10	210.00	269.10	331.20
5	1.66	4.70	7.10	8.80	11.70	4.20	6.30	8.00	9.70
6	0.94	135.60	205.40	264.20	337.00	135.30	200.70	257.50	317.30
7	0.61	7.80	12.10	15.90	21.30	7.70	11.80	15.20	18.70
8	3.50	6.80	10.50	13.60	18.10	6.50	10.10	13.10	16.20
9	1.07	126.00	190.80	245.20	313.00	126.20	187.20	238.80	294.30
10	6.30	22.70	34.80	44.50	57.00	23.60	35.70	45.60	56.10
11	0.65	102.50	154.30	197.70	251.40	100.80	149.70	191.50	235.50
12	0.90	2.10	3.30	4.30	5.60	2.00	3.00	3.90	4.80
13	0.66	99.20	149.60	191.60	244.10	97.80	144.90	185.50	228.20
14	1.15	3.20	4.80	6.10	7.90	2.90	4.30	5.50	6.70
15	1.38	11.90	18.20	23.00	28.90	12.80	18.80	23.90	29.30
16	5.43	10.30	15.40	19.60	25.20	10.60	15.70	19.80	24.10
17	1.76	94.90	143.60	183.90	234.90	94.00	139.10	177.80	219.00
18	1.48	91.50	138.40	177.30	226.60	90.80	134.50	171.20	211.00
19	2.20	31.90	48.90	63.10	81.70	33.10	50.20	64.40	79.40
20	5.20	8.40	13.00	16.60	21.50	8.80	13.40	17.10	21.10
21	5.57	10.10	15.50	19.90	25.50	10.20	15.20	19.50	24.00
22	1.00	8.00	12.70	16.20	21.30	7.40	11.40	14.80	18.20
23	0.82	49.40	73.80	92.90	120.50	46.80	68.80	86.50	105.00
24	0.84	40.60	59.20	74.50	94.90	37.90	55.60	69.90	84.80



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

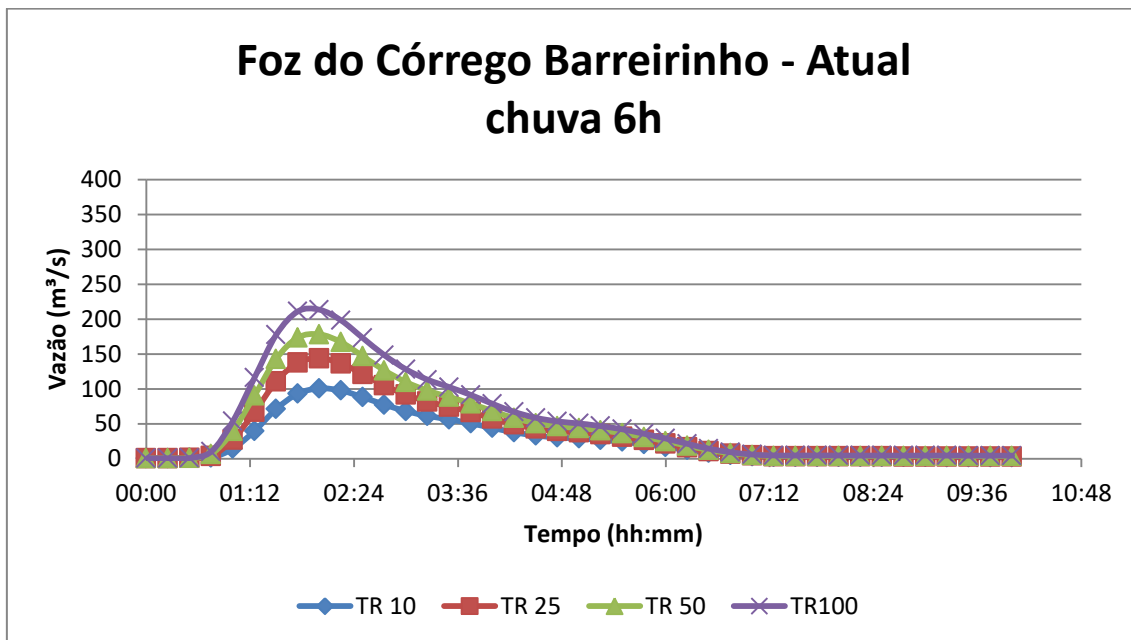
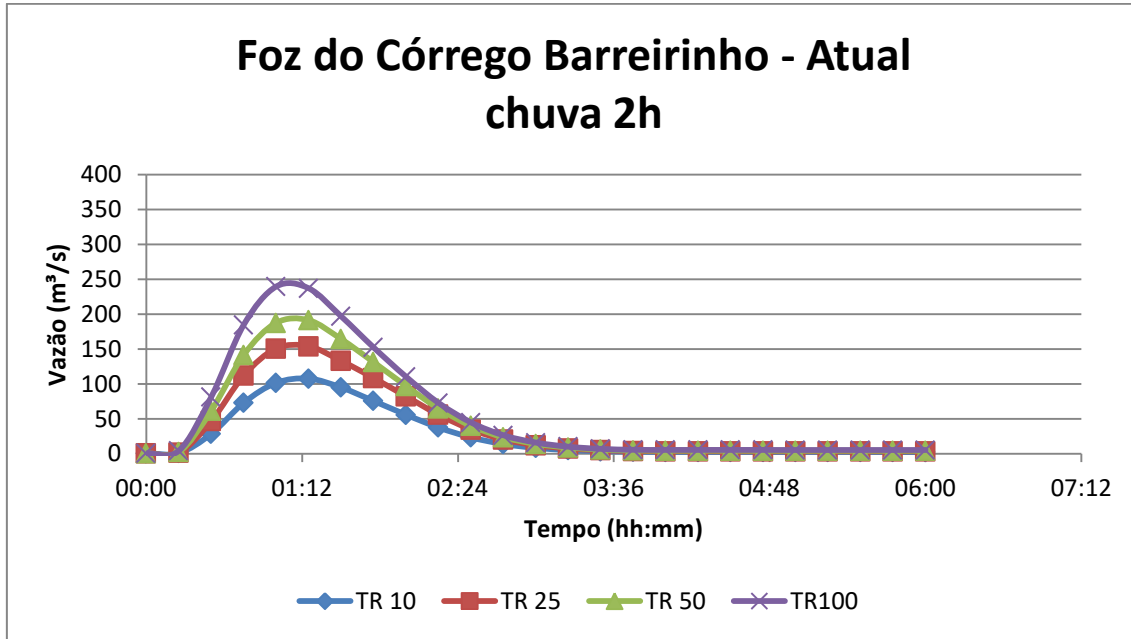
Estado de São Paulo

25	2.47	5.40	8.70	11.20	14.90	5.20	7.80	10.20	12.70
26	2.48	12.40	16.50	19.40	23.70	9.50	12.80	15.40	18.20
27	2.10	28.30	43.00	54.90	70.10	27.80	41.10	52.40	64.20
28	3.00	10.20	15.30	19.50	25.60	9.80	14.60	18.50	22.50
29	6.60	14.00	21.00	26.70	34.40	13.90	20.70	26.10	31.80
30	1.42	3.70	5.70	7.10	9.30	3.40	5.10	6.50	7.90
31	1.29	2.00	3.00	3.90	4.90	2.20	3.20	4.10	5.00
32	1.84	4.30	6.60	8.40	10.70	4.10	6.10	7.80	9.50
33	0.69	14.40	22.20	29.00	37.90	15.00	22.90	29.30	36.10
34	0.63	1.70	2.60	3.40	4.60	1.50	2.30	3.00	3.70
35	0.44	12.40	19.10	24.80	32.80	12.70	19.50	25.00	30.80
36	2.59	4.90	7.70	10.00	13.00	4.80	7.40	9.60	11.90
37	0.86	7.10	11.10	14.40	18.60	7.30	11.00	14.30	17.80
38	3.42	5.60	8.80	11.40	14.70	5.80	8.70	11.40	14.10
39	passagem	20.10	30.70	39.80	52.00	20.70	31.50	40.20	49.40
40	2.13	15.50	22.50	27.60	35.00	13.60	19.50	24.10	28.90
41	2.15	7.50	11.40	14.40	18.70	6.70	9.60	11.90	14.40
42	3.72	10.40	15.40	19.30	24.40	9.80	14.00	17.60	21.30
43	3.97	107.50	153.80	191.20	239.50	100.60	143.80	178.10	213.50
44	2.15	82.30	117.80	146.60	187.10	77.80	111.30	137.90	165.40
45	2.78	9.30	13.30	16.40	20.40	8.40	11.90	14.70	17.50
46	0.31	66.90	95.50	119.30	151.00	63.60	91.10	112.90	135.50
47	4.88	15.20	21.80	26.90	33.80	14.30	20.10	24.70	29.70
48	1.03	50.90	75.90	94.40	120.50	48.90	70.00	87.30	106.10
49	0.46	1.90	2.80	3.50	4.50	1.50	2.30	2.80	3.40
50	0.65	47.00	68.50	85.40	109.20	44.80	64.40	80.00	96.40
51	4.26	45.40	65.50	81.80	104.70	43.10	62.10	77.10	92.70
52	3.94	15.00	21.90	27.40	34.50	14.10	20.40	25.50	30.80
53	1.17	4.40	6.50	8.10	10.50	3.90	5.50	6.80	8.10
54	1.25	15.60	22.70	28.00	35.50	14.00	20.20	25.20	30.40
55	2.50	10.50	15.40	19.20	24.70	9.80	14.00	17.50	21.30
56	1.02	3.80	5.60	7.10	9.10	3.40	4.80	5.90	7.10
60	0.72	22.10	32.20	39.60	50.30	19.90	28.60	35.50	42.60
61	1.50	5.00	7.50	9.30	11.90	4.40	6.50	8.10	9.80



A figura a seguir apresenta o hidrograma afluente na foz de cada córrego

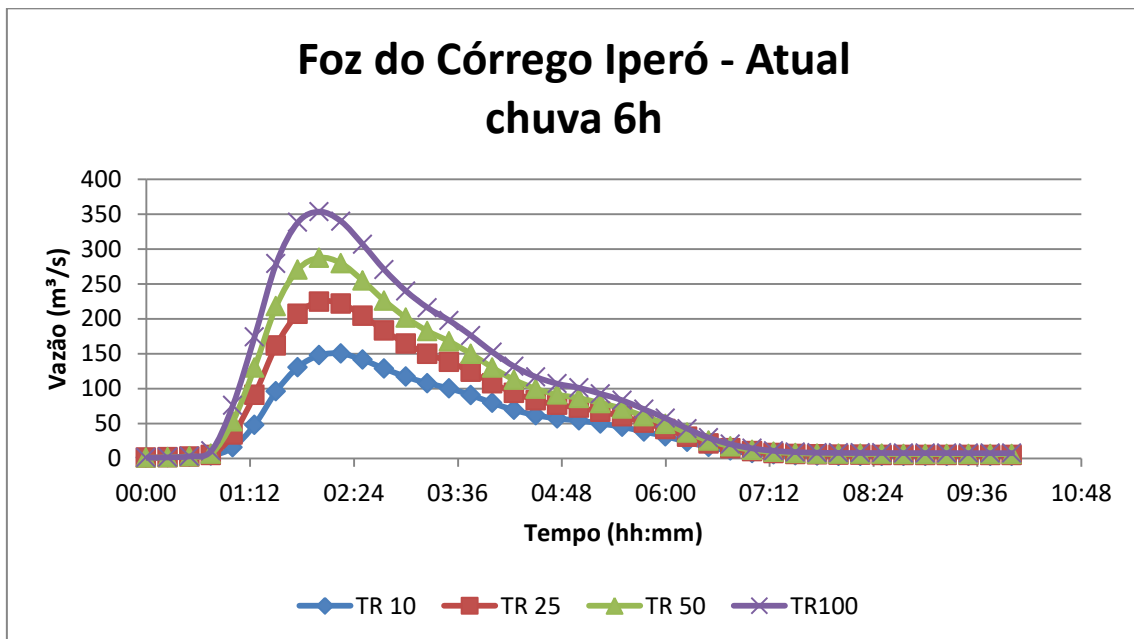
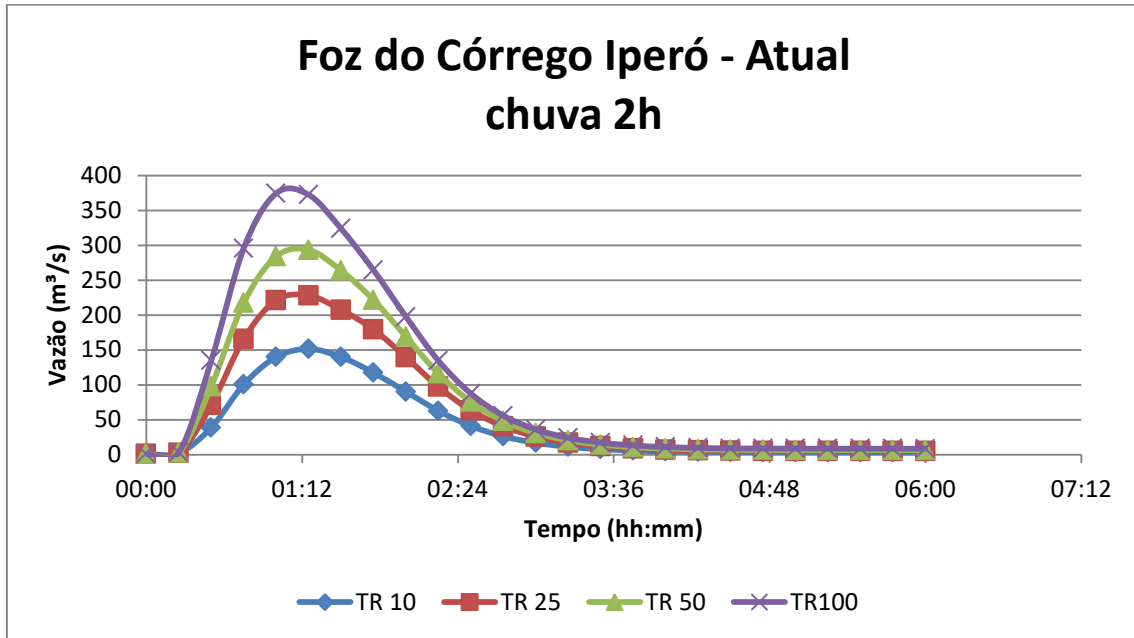
**Gráfico 4.** Hidrograma na foz do Córrego Barreirinho.







**Gráfico 5.** Hidrograma na foz do Córrego Água das Pedras.





**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**6.2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS – SITUAÇÃO FUTURA**

Foi adotado o horizonte de projeto de 20 (vinte) anos para estimativa do crescimento populacional e conseqüentemente o aumento da área impermeabilizada na bacia dos córregos Barreirinho e Iperó.

O município de Capela do Alto possui atualmente uma população de aproximadamente 19.500 habitantes, sendo que o grau de urbanização do município é de 85%. A projeção populacional para o Cenário Futuro (2037) é de uma população de 24.800 habitantes (fonte: Fundação Seade).

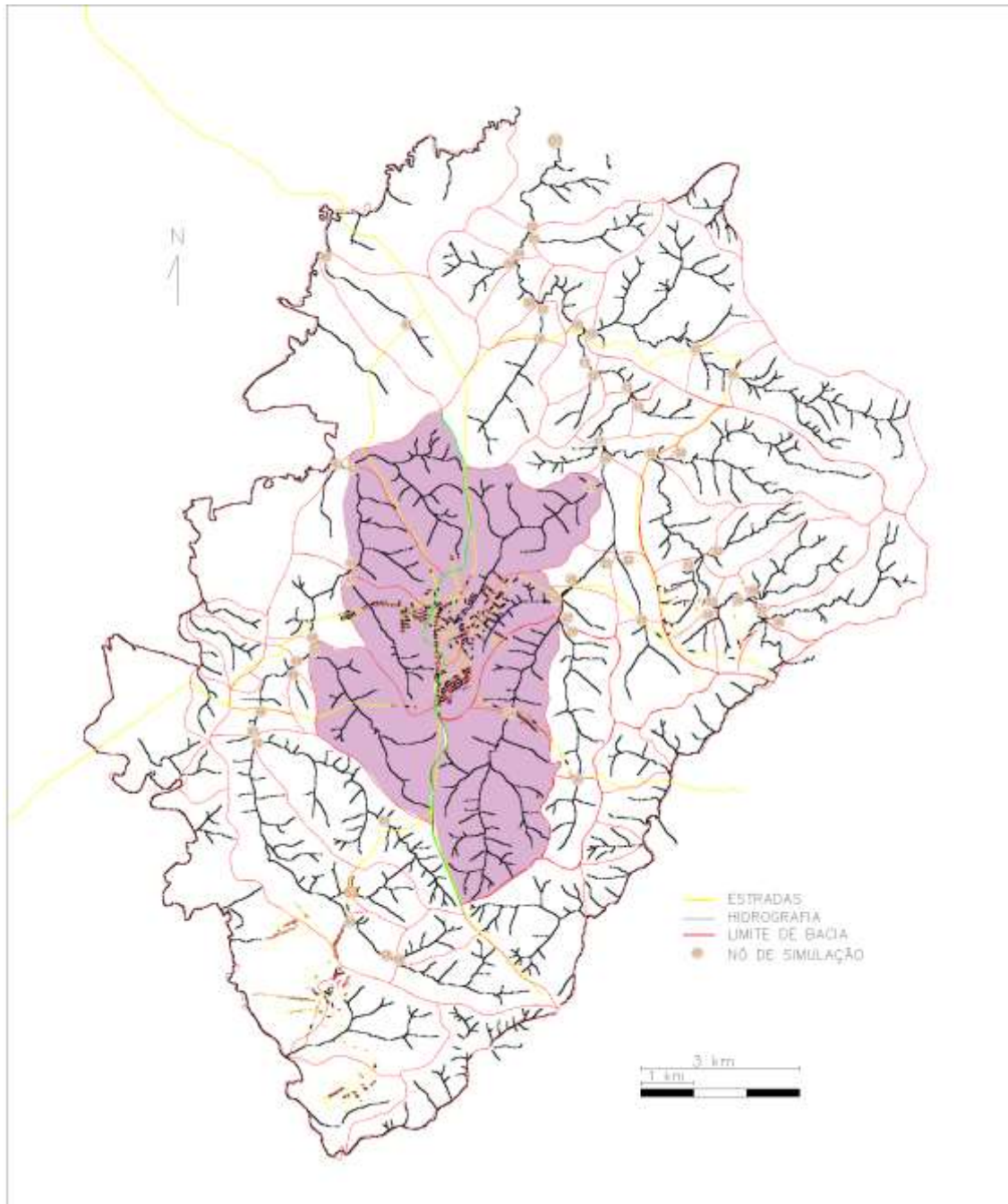
O crescimento populacional afeta diretamente as bacias de drenagem dos nós: 21, 29, 26, 27, 42, 43, 45 e 47. A área a ser urbanizada foi estimada em 0,78 km<sup>2</sup>.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo



**Imagem 11.** Prováveis bacias afetadas pela expansão da urbanização.

Com a expansão urbana, o "CN" destas sub-bacias sofre alterações, logo a simulação do cenário Futuro (2037) levou em consideração a densidade populacional urbana atual e futura para estimar o aumento da área impermeável



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

em cada sub-bacia. A tabela a seguir apresenta a configuração da bacia no cenário Futuro.

**Tabela 8.** Parâmetros das sub-bacias para simulação hidrológica (cenário futuro).

<b>TABELA DE PARÂMETROS DAS SUB-BACIAS</b>				
<b>Nó</b>	<b>Área km<sup>2</sup></b>	<b>Talvegue (m)</b>	<b>CN</b>	<b>TC (min)</b>
1	3.60	19,093.00	70	318.22
2	0.80	660.00	70	11.00
3	2.05	2,890.00	71	48.17
4	1.27	1,155.00	70	19.25
5	1.66	1,743.00	70	29.05
6	0.94	1,502.00	70	25.03
7	0.61	720.00	70	12.00
8	3.50	2,734.00	70	45.57
9	1.07	1,489.00	70	24.82
10	6.30	3,711.00	71	61.85
11	0.65	1,370.00	70	22.83
12	0.90	1,750.00	72	29.17
13	0.66	1,240.00	77	20.67
14	1.15	1,843.00	76	30.72
15	1.38	955.00	74	15.92
16	5.43	5,147.00	73	85.78
17	1.76	1,877.00	71	31.28
18	1.48	2,011.00	70	33.52
19	2.20	2,650.00	71	44.17
20	5.20	5,175.00	72	86.25
<b>21</b>	<b>5.57</b>	<b>4,857.00</b>	<b>76</b>	<b>80.95</b>
22	1.00	1,358.00	78	22.63
23	0.82	940.00	71	15.67
24	0.84	328.00	74	5.47
25	2.47	2,225.00	74	37.08
<b>26</b>	<b>2.48</b>	<b>3,370.00</b>	<b>81</b>	<b>56.17</b>
<b>27</b>	<b>2.10</b>	<b>2,114.00</b>	<b>72</b>	<b>35.23</b>



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

28	3.00	3,240.00	72	54.00
<b>29</b>	<b>6.60</b>	<b>4,014.00</b>	<b>79</b>	<b>66.90</b>
30	1.42	1,704.00	77	28.40
31	1.29	6,521.00	73	108.68
32	1.84	3,208.00	75	53.47
33	0.69	5,484.00	74	91.40
34	0.63	1,093.00	72	18.22
35	0.44	4,977.00	73	82.95
36	2.59	2,875.00	72	47.92
37	0.86	4,438.00	70	73.97
38	3.42	4,247.00	72	70.78
39	passagem			
40	2.13	2,219.00	76	36.98
41	2.15	1,646.00	72	27.43
<b>42</b>	<b>3.72</b>	<b>3,690.00</b>	<b>78</b>	<b>61.50</b>
<b>43</b>	<b>3.97</b>	<b>3,279.00</b>	<b>82</b>	<b>54.65</b>
44	2.15	2,218.00	72	36.97
<b>45</b>	<b>2.78</b>	<b>3,289.00</b>	<b>80</b>	<b>54.82</b>
46	0.31	557.00	75	9.28
<b>47</b>	<b>4.88</b>	<b>4,038.00</b>	<b>79</b>	<b>67.30</b>
48	1.03	1,439.00	73	23.98
49	0.46	1,331.00	75	22.18
50	0.65	625.00	74	10.42
51	4.26	3,780.00	72	63.00
52	3.94	3,904.00	73	65.07
53	1.17	1,701.00	76	28.35
54	1.25	1,327.00	77	22.12
55	2.50	3,266.00	74	54.43
56	1.02	1,743.00	75	29.05
60	0.72	650.00	74	10.83
61	1.50	2,253.00	72	37.55

**6.2.1. Resultados da simulação hidrológica – Situação Futura**

Na **Tabela 9** são apresentadas as vazões de pico nos nós de simulação para as chuvas de projeto com tempo de recorrência de 10, 25, 50 e 100 anos no cenário Futuro (2037). As figuras seguintes apresentam os hidrogramas de projeto na foz dos Córregos Barreirinho e Água das Pedras.

**Tabela 9.** Vazões de pico – Cenário Futuro (2037).

Vazão de pico nos Nós de Simulação (m <sup>3</sup> /s) - Futuro									
Nó	Área km <sup>2</sup>	chuva de 2 horas				chuva de 6 horas			
		TR 10	TR25	TR 50	TR 100	TR 10	TR25	TR 50	TR 100
1	3,6	162.00	241.20	308.30	391.70	158.50	236.00	300.20	367.50
2	0.80	158.20	236.00	301.50	381.40	155.00	230.00	292.80	358.70
3	2.05	4.30	6.60	8.40	11.00	4.10	6.30	8.00	9.90
4	1.27	152.40	227.50	290.50	367.60	149.50	221.40	281.90	345.30
5	1.66	4.70	7.10	8.80	11.70	4.20	6.30	8.00	9.70
6	0.94	146.10	218.60	279.10	353.80	143.80	212.10	270.30	331.30
7	0.61	7.80	12.10	15.90	21.30	7.70	11.80	15.20	18.70
8	3.50	6.80	10.50	13.60	18.10	6.50	10.10	13.10	16.20
9	1.07	136.50	204.00	260.10	329.90	134.70	197.50	251.60	308.40
10	6.30	22.70	34.80	44.50	57.00	23.60	35.70	45.60	56.10
11	0.65	112.90	167.40	212.50	268.30	109.30	161.10	204.30	249.50
12	0.90	2.10	3.30	4.30	5.60	2.00	3.00	3.90	4.80
13	0.66	109.70	162.80	206.50	261.00	106.30	156.30	198.30	242.20
14	1.15	3.20	4.80	6.10	7.90	2.90	4.30	5.50	6.70
15	1.38	11.90	18.20	23.00	28.90	12.80	18.80	23.90	29.30
16	5.43	10.30	15.40	19.60	25.20	10.60	15.70	19.80	24.10
17	1.76	105.40	156.70	198.80	251.80	102.40	150.10	190.60	233.10
18	1.48	102.00	151.60	192.20	243.50	99.20	144.90	184.00	225.00
19	2.20	31.90	48.90	63.10	81.70	33.10	50.20	64.40	79.40
20	5.20	8.40	13.00	16.60	21.50	8.80	13.40	17.10	21.10
21	5.57	13.70	20.00	25.10	31.40	13.10	19.10	23.90	28.90
22	1.00	8.00	12.70	16.20	21.30	7.40	11.40	14.80	18.20
23	0.82	56.30	83.00	103.30	132.50	52.80	76.00	94.50	114.50





PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

24	0.84	47.50	67.70	84.00	106.90	43.90	62.80	77.90	93.60
25	2.47	5.40	8.70	11.20	14.90	5.20	7.80	10.20	12.70
26	2.48	15.00	19.60	22.90	27.70	11.50	15.20	18.10	21.10
27	2.10	33.10	49.00	61.70	77.70	31.60	46.20	58.10	70.50
28	3.00	10.20	15.30	19.50	25.60	9.80	14.60	18.50	22.50
29	6.60	17.40	25.40	31.90	40.60	16.90	24.30	30.10	36.20
30	1.42	3.70	5.70	7.10	9.30	3.40	5.10	6.50	7.90
31	1.29	2.00	3.00	3.90	4.90	2.20	3.20	4.10	5.00
32	1.84	4.30	6.60	8.40	10.70	4.10	6.10	7.80	9.50
33	0.69	14.40	22.20	29.00	37.90	15.00	22.90	29.30	36.10
34	0.63	1.70	2.60	3.40	4.60	1.50	2.30	3.00	3.70
35	0.44	12.40	19.10	24.80	32.80	12.70	19.50	25.00	30.80
36	2.59	4.90	7.70	10.00	13.00	4.80	7.40	9.60	11.90
37	0.86	7.10	11.10	14.40	18.60	7.30	11.00	14.30	17.80
38	3.42	5.60	8.80	11.40	14.70	5.80	8.70	11.40	14.10
39	passagem	20.10	30.70	39.80	52.00	20.70	31.50	40.20	49.40
40	2.13	15.50	22.50	27.60	35.00	13.60	19.50	24.10	28.90
41	2.15	7.50	11.40	14.40	18.70	6.70	9.60	11.90	14.40
42	3.72	13.90	19.50	23.80	29.50	12.40	17.30	21.20	25.30
43	3.97	121.50	170.30	209.40	261.30	111.80	157.00	192.50	229.10
44	2.15	88.90	125.60	155.20	197.00	83.10	117.60	144.80	173.30
45	2.78	11.20	15.60	18.90	23.10	9.90	13.70	16.60	19.70
46	0.31	71.50	101.00	125.40	157.60	67.40	95.60	117.80	140.80
47	4.88	19.80	27.30	33.00	40.50	17.70	24.40	29.60	35.00
48	1.03	50.90	75.90	94.40	120.50	48.90	70.00	87.30	106.10
49	0.46	1.90	2.80	3.50	4.50	1.50	2.30	2.80	3.40
50	0.65	47.00	68.50	85.40	109.20	44.80	64.40	80.00	96.40
51	4.26	45.40	65.50	81.80	104.70	43.10	62.10	77.10	92.70
52	3.94	15.00	21.90	27.40	34.50	14.10	20.40	25.50	30.80
53	1.17	4.40	6.50	8.10	10.50	3.90	5.50	6.80	8.10
54	1.25	15.60	22.70	28.00	35.50	14.00	20.20	25.20	30.40
55	2.50	10.50	15.40	19.20	24.70	9.80	14.00	17.50	21.30
56	1.02	3.80	5.60	7.10	9.10	3.40	4.80	5.90	7.10
60	0.72	22.10	32.20	39.60	50.30	19.90	28.60	35.50	42.60



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

61	1.50	5.00	7.50	9.30	11.90	4.40	6.50	8.10	9.80
----	------	------	------	------	-------	------	------	------	------



A figura a seguir apresenta o hidrograma afluente na foz de cada córrego

**Gráfico 6.** Hidrograma na foz do Córrego Barreirinho.

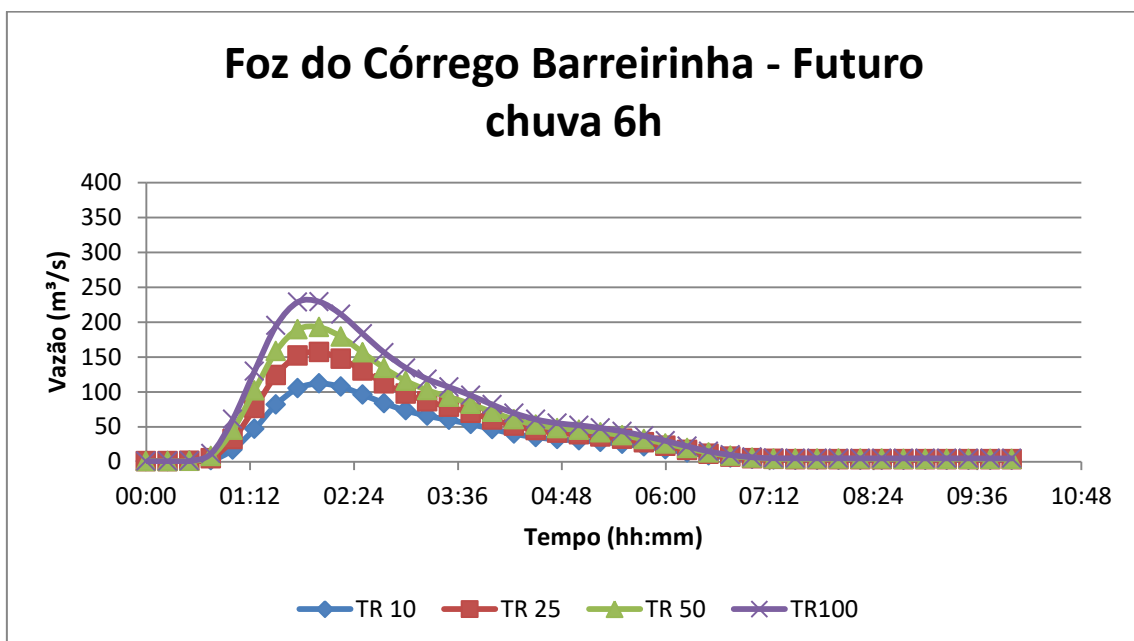
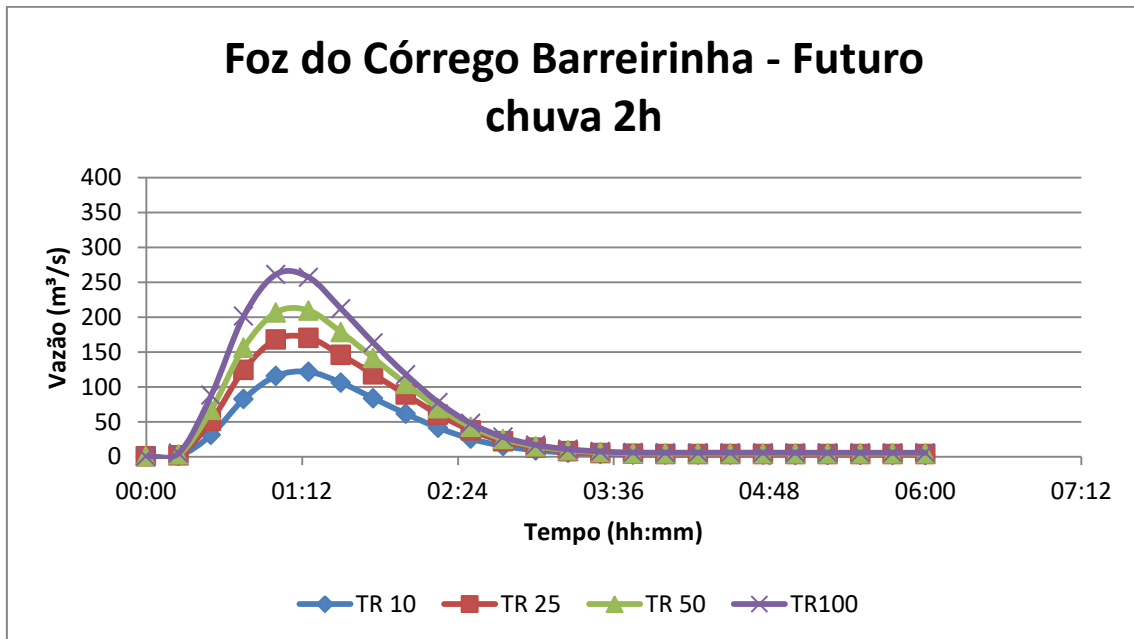
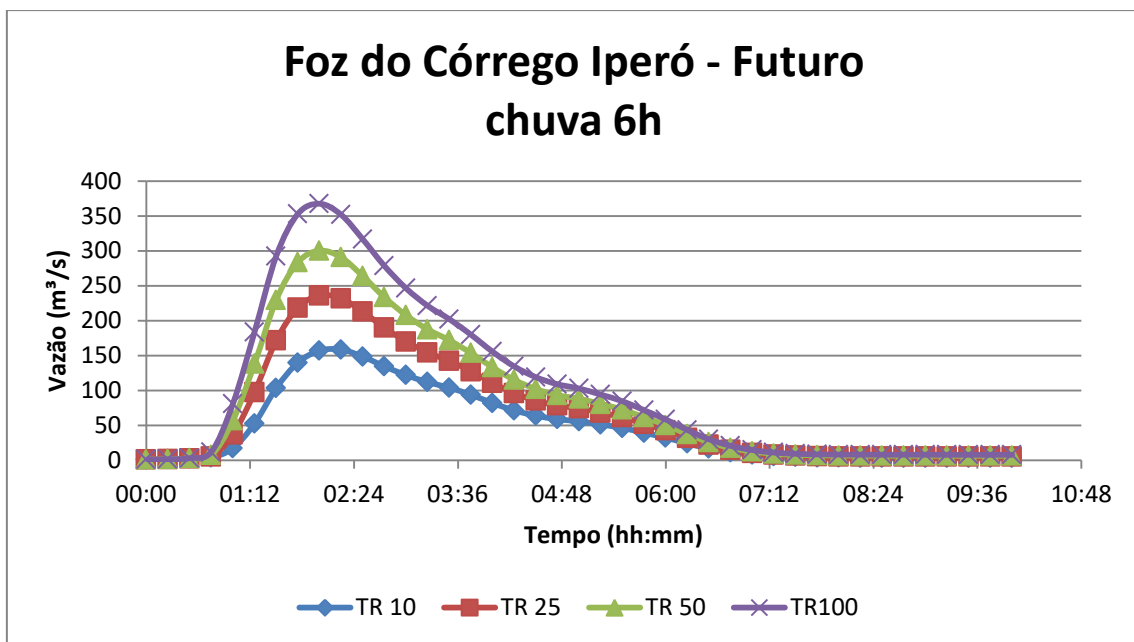
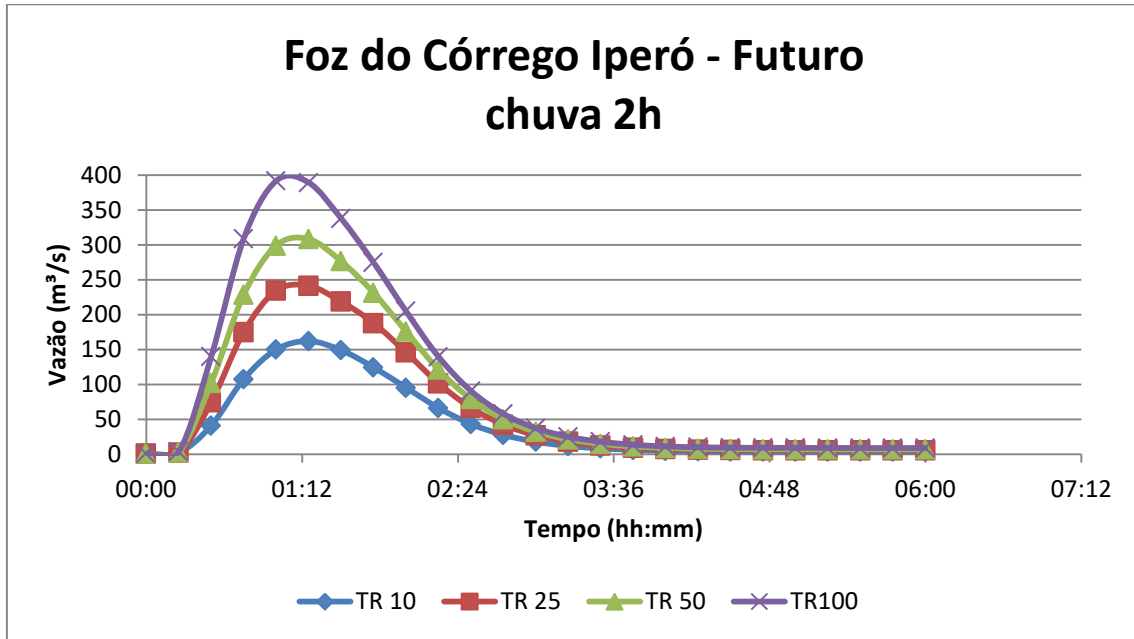




Gráfico 7. Hidrograma na foz do Córrego Água das Pedras.





### **6.3. OBSERVAÇÕES ACERCA DOS ESTUDOS HIDROLÓGICOS**

A simulação hidrológica foi realizada por meio do software HEC-HMS para os TR de 10, 25, 50 e 100 anos para a condição atual da bacia e para a condição de uso e ocupação futura com horizonte de 20 (vinte) anos. Também foi realizada a simulação com chuvas de duração igual 2 horas e igual 6 horas.

Em ambas as bacias não existem postos pluviométricos nem fluviométricos para a que fosse possível realizar a calibração do modelo. No entanto foi observado o resultado das bacias em estudo e comparado com bacias urbanas que possuem postos de monitoramento.

Para o cenário futuro, a chuva com duração de 2 horas se apresentou crítica em relação ao pico de vazão.

O córrego Barreirinho que possui aproximadamente 35 km<sup>2</sup> resultou em uma vazão na sua foz de 261 m<sup>3</sup>/s para o TR 100 anos e chuva de 2 horas no cenário futuro.

O córrego Iperó que possui aproximadamente 81 km<sup>2</sup> resultou em uma vazão na sua foz de 391 m<sup>3</sup>/s para o TR 100 anos e chuva de 2 horas no cenário Futuro.

### **6.4. ESTUDOS HIDRÁULICOS**

Todo o sistema de drenagem de Capela do Alto é realizado através de escoamento superficial por sarjetas e sarjetões, sub-superficial através de canaletas (tubos meio cana) e profundo mediante o uso de tubos de concreto armado com diâmetros variando de 0,60 m a 1,20 m.

O escoamento em galerias, canais e sarjetas devem ser calculados pela fórmula de Manning, onde se calcula a velocidade e uma vez que já temos o comprimento obteremos o tempo de escoamento da água de chuva também chamado tempo de trânsito (Travel Time). A fórmula mais conhecida para dimensionamento de condutos livres usada no Brasil e nos Estados Unidos e demais países de língua inglesa, é a fórmula experimental do engenheiro irlandês R. Manning (1816-1897) elaborada em 1891.

#### **Equação 3 - Manning para canais e tubos**



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

$$C = \frac{1}{n} R(h)^{1/6} \quad \text{e} \quad V(h) = C \sqrt{R(h) \cdot J}$$
$$Q = A \cdot V$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

A = área para lâmina d'água "h";

R(h) = raio hidráulico, em m, função da altura da lâmina d'água "h";

n é um parâmetro que depende da rugosidade das paredes;

V(h) = velocidade média da água em m/s na altura da lâmina d'água h;

J = inclinação da linha d'água em m/m.

Os estudos hidráulicos foram desenvolvidos de acordo com os estudos hidrológicos, levando em consideração o cenário futuro para o dimensionamento das intervenções necessárias.

Também foi realizada uma simulação hidráulica nos dois cursos d'água principais para o TR 10, 25, 50 e 100 anos.

Para uniformizar os critérios de escolha do Período de Retorno (T) nos projetos de drenagem (específicos ou não), e para determinados tipos de obras e intervenções são estabelecidos os valores de T10 (T = 10 anos) e T25 (T = 25 anos) e como TR (T ≥ 25 anos).



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**Equação 4 - Tipos de obras e intervenções (DAEE)**

TIPOS DE OBRAS E INTERVENÇÕES			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO
ARV	Arranjos e complexos viários	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	$T_R$ $T_{25}$ $T_{10}$
PTV	Pontes, viadutos e passagens subterrâneas	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	$T_R$ $T_{25}$ $T_{10}$
PPE	Passarelas de pedestres	Alto impacto Médio impacto	$T_{10}$ $T_{10}$
ECO	Obras de contenção e estabilização	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	$T_{25}$ $T_{10}$ $T_{10}$
CAN	Canalizações e obras de drenagem	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	$T_R$ $T_R$ $T_{25}$

**Tabela 10.** Tipos de obras e Intervenções.

TIPOS DE OBRAS E INTERVENÇÕES			
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO	PERÍODO DE RETORNO
TUG	Obras em método não destrutivos (túneis viários e galerias hidráulicas)	Alto impacto Médio impacto	$T_R$ $T_R$
REC	Recuperação de obras-de-arte especiais	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	$T_{25}$ $T_{10}$ $T_{10}$
PAV	Pavimentação de vias	Alto impacto Médio impacto Baixo impacto	$T_{25}$ $T_{10}$ $T_{10}$

OBS: Caso seja necessário poderá ser adotado um período de retorno maior que o recomendado.

**Tabela 11.** Tipos de obras e ocupação.

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO DA ÁREA	T (ANOS)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

Conforme as "diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Períodos de Retorno", 1999 do município de São Paulo.





### **Pontos críticos**

#### **Dimensionamento Hidráulico**

Conforme apresentado no item 5 deste documento, os locais críticos apresentados por este Plano de Macrodrenagem consiste no dimensionamento das estruturas hidráulicas no cenário hidrológico futuro conforme os seguintes critérios:

- Travessias e ampliação de seções de pontes: TR 100 anos no cenário futuro da bacia;
- Preservação de áreas e detenção/retenção de volumes de escoamento: TR 25 anos no cenário futuro da bacia;
- Microdrenagem da área urbana: TR 10 anos no cenário futuro da bacia;

Este documento trata-se da macrodrenagem do município de Capela do Alto, no entanto, o ponto de inundação crítico do município foi objeto de estudo.

Deve ser realizada em uma próxima etapa a avaliação geral do sistema de microdrenagem da área urbana do município de Capela do Alto e nele apresentado às intervenções necessárias.

#### **PONTO 01**

**Vazão de Projeto:** 2,70 m<sup>3</sup>/s (nó 21 – 15%);

**Declividade adotada:** 0,5%;

**n manning:** 0,022;

**Lâmina d'água:** 0,80m;

**Base:** 1,0 m;

**Altura (fundo a viga):** 1,00 m;

**Velocidade resultante:** 1,85m/s;

#### **PONTO 02**

**Vazão de Projeto:** 2,70 m<sup>3</sup>/s a 15 m<sup>3</sup>/s (saída da canaleta do Ponto1 e 2 ao Ponto3);

**Declividade adotada:** 0,5%;

**n manning:** 0,04 (fundo em terra e talude em grama);

**Lâmina d'água:** 1,70 m;

**Freeboard:** 0,30 m;

**Base:** 4 m (seção trapezoidal);



**Inclinação dos Taludes:** 1(H):1(V);

**Velocidade resultante:** 1,60 m/s;

### **PONTO 03**

**Vazão de Projeto:** 16,00 m<sup>3</sup>/s (nó 21 – 50%);

**Declividade adotada:** 0,5%;

**n manning:** 0,03 (aduela de concreto – considerado o concreto mal acabado e com longo tempo de uso);

**Lâmina d'água:** 1,70m;

**Base:** 2,50 m cada (duas aduelas com seção retangular);

**Altura (fundo a viga):** 2,00 m;

**Velocidade resultante:** 1,90 m/s;

### **PONTO 06**

**Vazão de Projeto:** 16,00 m<sup>3</sup>/s (nó 21 – 50%);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,03 (aduela de concreto – considerado o concreto mal acabado e com longo tempo de uso);

**Lâmina d'água:** 2,00m;

**Base:** 2,50 m cada (duas aduelas com seção retangular);

**Altura (fundo a viga):** 2,50 m;

**Velocidade resultante:** 1,98m/s;

### **PONTO 15**

**Vazão de Projeto:**27,00 m<sup>3</sup>/s (nó 26);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,05

**Lâmina d'água:** 2,20m

**Base:** 6,0 m

**Altura (fundo a viga):** 3,00 m

**Velocidade resultante:** 1,78m/s

### **PONTO 16**

Preservação da Várzea existente.

### **PONTO 31**



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**Vazão de Projeto:** 24,00 m<sup>3</sup>/s (nó 55);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,035

**Lâmina d'água:** 1,30m

**Base:** 8,5 m

**Altura (fundo a viga):** 1,70 m

**Velocidade resultante:** 2,07m/s

**PONTO 39**

**Vazão de Projeto:** 5,00 m<sup>3</sup>/s (nó 31);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,030

**Lâmina d'água:** 0,80m

**Base:** 3,3 m

**Altura (fundo a viga):** 1,20 m

**Velocidade resultante:** 1,65m/s

**PONTO 41**

**Vazão de Projeto:** 10,70 m<sup>3</sup>/s (nó 32);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,038

**Lâmina d'água:** 1,50m

**Base:** 3,5 m

**Altura (fundo a viga):** 2,00 m

**Velocidade resultante:** 1,75m/s

**PONTO 42**

**Vazão de Projeto:** 13,00 m<sup>3</sup>/s (nó 36);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,030

**Lâmina d'água:** 0,80m

**Base:** 8,5 m

**Altura (fundo a viga):** 1,20 m

**Velocidade resultante:** 1,84m/s

**PONTO 49**



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Travessia do Rio Sarapuí, compreende um rio Intermunicipal, a ser estudado/detalhado em estudo da Bacia do Rio Sarapuí.

**PONTO 52**

**Vazão de Projeto:** 24,40 m<sup>3</sup>/s (nó 29 – 60%);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,04

**Lâmina d'água:** 1,00m

**Base:** 14,0 m

**Altura (fundo a viga):** 1,50 m

**Velocidade resultante:** 1,64m/s

**PONTO 53**

**Vazão de Projeto:** 18,10 m<sup>3</sup>/s (nó 8);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,035

**Lâmina d'água:** 1,20m

**Base:** 6,5 m

**Altura (fundo a viga):** 2,00 m

**Velocidade resultante:** 1,95m/s

**PONTO 55**

**Vazão de Projeto:** 57,00 m<sup>3</sup>/s (nó 10);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,035

**Lâmina d'água:** 2,10 m

**Base:** 8,00 m

**Altura (fundo a viga):** 3,00 m

**Velocidade resultante:** 2,60 m/s

**PONTO 56**

**Vazão de Projeto:** 28,90 m<sup>3</sup>/s (nó 15);

**Declividade adotada:** 0,75%

**n manning:** 0,035



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**Lâmina d'água:** 1,50 m

**Base:** 6,00 m

**Altura (fundo a viga):** 2,00 m

**Velocidade resultante:** 2,60 m/s

***PONTO 58***

**Vazão de Projeto:** 81,70 m<sup>3</sup>/s (nó 19);

**Declividade adotada:** 0,5%

**n manning:** 0,035

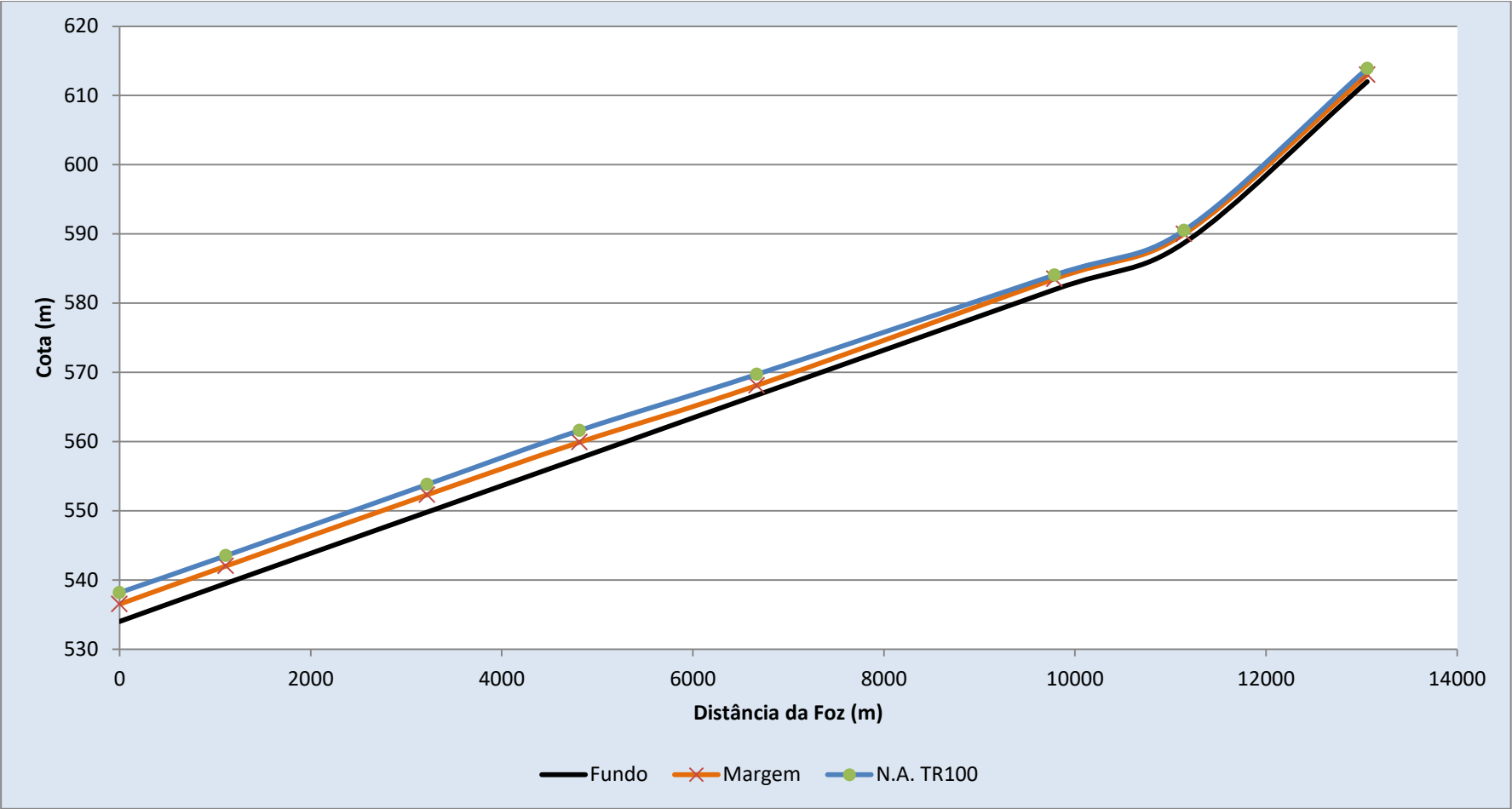
**Lâmina d'água:** 2,80 m

**Base:** 6,50 m

**Altura (fundo a viga):** 3,50 m

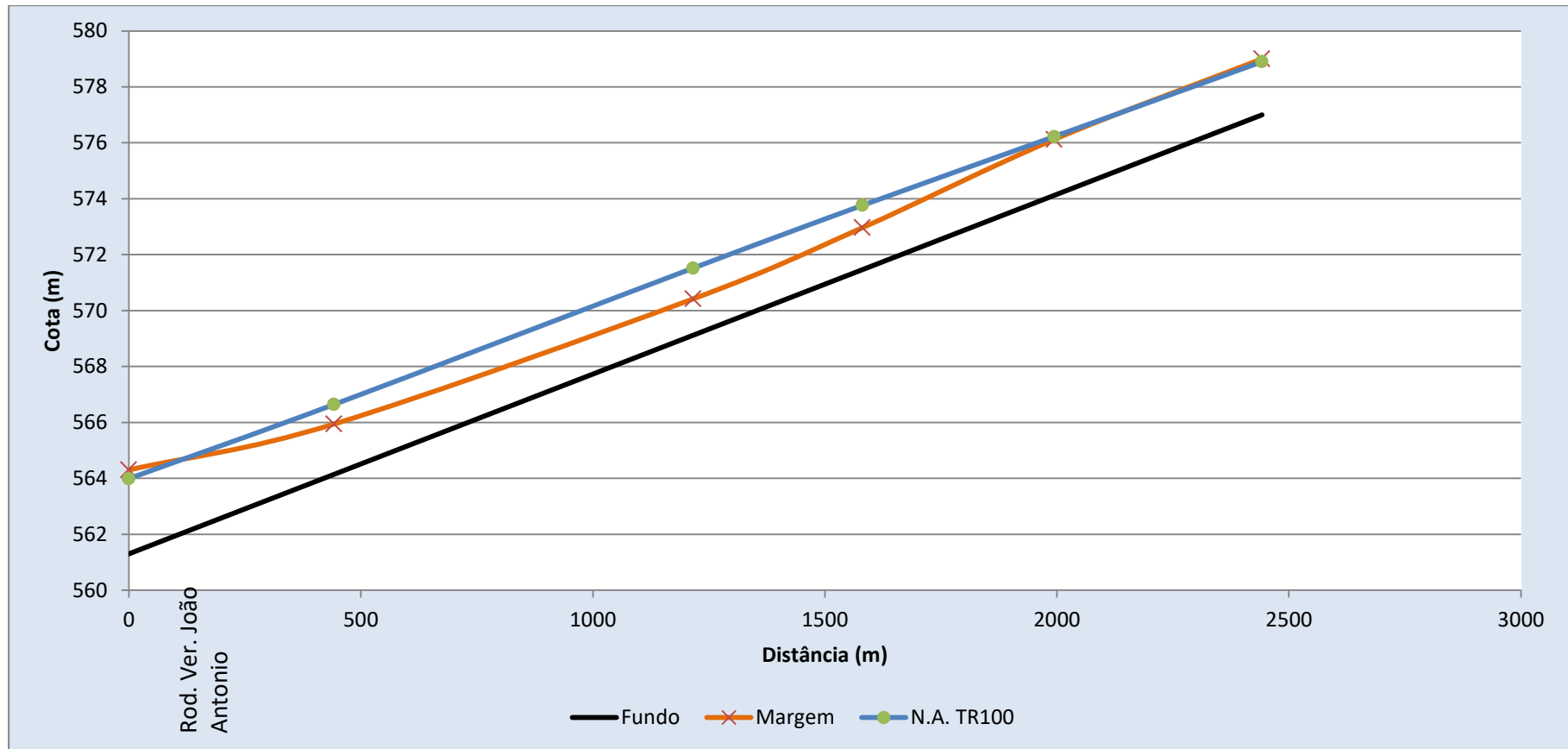
**Velocidade resultante:** 2,80 m/s

# CÁLCULO HIDRÁULICO DO CÓRREGO BARREIRINHO





### CÁLCULO HIDRÁULICO DO CÓRREGO IPERÓ





## **7. MEDIDAS ESTRUTURAIS**

O controle da erosão Booth e Reinolt, 1993 em estudo feito no CANADÁ, (1999) chegaram à conclusão que, quando a bacia tem mais de 10% de sua área impermeabilizada, começam os problemas de alargamento dos rios e córregos e conseqüentemente a erosão dos mesmos.

A adoção do critério do período de retorno de 1,5 ano, chuva de 24h e detenção de 24h foi bastante discutida. Nos Estados Unidos os Estados de Maryland, Georgia, New York e Vermont adotam  $Tr=1$ ano sendo que Maryland o usa desde 1995. Historicamente era usado  $Tr= 2$ anos para o controle da erosão dos córregos e rios. A estratégia estava baseada no fato de que as descargas da maioria dos córregos e rios tivessem um período de recorrência entre 1 ano e 2 anos, com aproximadamente 1,5 anos o mais prevalente LEOPOLD, (1964) e (1994).

Estudos recentes, citados no ESTADO DE VERMONT, (2001) indicaram que o método de utilização de  $Tr= 2$ anos não protegia a erosão a jusante e que contribuía justamente para aumentar a erosão, pois as margens dos córregos e rios estavam expostas a eventos bastante erosivos, conforme demonstrado por MacRae, 1993, McCuen em 1996 e Moglen em 1988. As obras executadas com  $Tr= 2$ anos, de maneira geral, fornecem escoamento acima dos valores críticos para o transporte da carga de fundo (bedload) e de sedimentos. MacRae também documentou que as obras realizadas com  $Tr= 2$ anos produzem o alargamento do córrego ou rio de até três vezes a condição do pré-desenvolvimento, conforme ESTADO DE VERMONT, (2001). A razão fundamental é que, enquanto o pico de descarga não muda sob as condições de desenvolvimento, é que a duração e freqüência das vazões erosivas aumentam muito. Como resultado o "trabalho efetivo" do canal do córrego é mudado para escoamentos superficiais de eventos mais freqüentes que estão na faixa de 0,5 ano até 1,5 ano, conforme MacRae, 1993 in ESTADO DE VERMONT, (2001). TUCCI, (2001) diz que o risco do leito menor dos rios está entre 1,5 anos e 2 anos, mas juntamente com Genz em 1994 fazendo estudos nos rios do Alto Paraguai, chegaram a período de retorno  $Tr= 1,87$  anos.

Foi demonstrado que, dependendo do material das margens dos rios e do fundo do leito o canal, pode se degradar com  $Tr= 1$ ano, conforme ESTADO DE VERMONT, (2001).

As intervenções previstas por este plano apresentam-se a seguir:

### **Ponto 01**



Implantação de uma canaleta com grelha metálica e comprimento de 14 m, largura interna igual a 1,0m e altura interna útil igual a 1,00m.

Custo estimado em R\$ 48.714,10.

**Ponto 02**

Implantação de um canal trapezoidal revestido em grama com uma base de largura igual a 4,00 m, taludes com inclinação de 1(H):1(V) e altura mínima de 2,00m. também compõe esta intervenção a implantação de equipamentos de playground e para 3 (terceira) idade, possibilitando a criação de um parque municipal com início na fonte histórica (marco da fundação do município).

Custo estimado em R\$ 348.649,47.

**Ponto 03**

Implantação de uma nova travessia composta por 2 (duas) células de galeria retangular moldada in-loco com dimensões de 2,5 m de largura e 2,00 m de altura (dimensões internas) cada célula.

Custo estimado em R\$ 328.632,17

**Ponto 06**

Implantação de uma nova travessia composta por 2 (duas) células de galeria retangular moldada in-loco com dimensões de 2,5 m de largura e 2,50 m de altura (dimensões internas) cada célula.

Custo estimado em R\$ 373.019,11

**Ponto 15**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 6,00 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 3,00 m.

Custo estimado em R\$ 327.966,06

**Ponto 16**

Preservação da várzea existente, local pode ser utilizado como estudo do meio no programa de educação ambiental.

**Ponto 31**



Implantação de uma nova travessia com dimensões de 6,50 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 1,70 m.

Custo estimado em R\$ 380.847,48

**Ponto 39**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 3,50 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 1,20 m. Necessário a intervenção no greide da pista para concordância com a nova travessia.

Custo estimado em R\$ 184.050,24

**Ponto 41**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 3,50 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 2,00 m.

Custo estimado em R\$ 237.330,00

**Ponto 42**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 8,50 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 1,20 m. Necessário a intervenção no greide da pista para concordância com a nova travessia.

Custo estimado em R\$ 207.144,20

**Ponto 52**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 14,00 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 1,50 m. Necessário a intervenção no greide da pista para concordância com a nova travessia.

Custo estimado em R\$ 556.445,68

**Ponto 53**



Implantação de uma nova travessia com dimensões de 6,50 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 2,00 m. Necessário a intervenção no greide da pista para concordância com a nova travessia.

Custo estimado em R\$ 252.598,70

#### **Ponto 55**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 8,00 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 3,00 m.

Custo estimado em R\$ 303.666,24

#### **Ponto 56**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 6,00 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 2,00 m. Necessário a intervenção no greide da pista para concordância com a nova travessia.

Custo estimado em R\$ 244.726,58

#### **Ponto 58**

Implantação de uma nova travessia com dimensões de 6,50 metros de comprimento útil, 9,00 metros de largura (2 faixas de rolamento + passeio) e altura útil entre a face inferior da viga e o fundo do rio no mínimo igual a 3,50 m.

Custo estimado em R\$ 290.598,62

### **8. PLANEJAMENTO DAS INTERVENÇÕES**

Com base na visita técnica realizada e nos estudos desenvolvidos o Plano de Ação proposto leva em consideração a prioridade a ser dada em relação aos aspectos da Macrodrenagem do Município.

Plano de Ação:

- 1) **Plano de Ação Emergencial:** realizar o diagnóstico hidrológico/hidráulico na área urbana do município e a adequação das redes de microdrenagem, as



intervenções devem atender a TR 10 anos; também contempla o Plano de Ação Emergencial a intervenção nos Pontos 1, 2, 3 e 6;

- 2) **Plano de Ação a Médio Prazo:** Realizar as intervenções nas principais travessias/Pontes de acesso ao município, estas intervenções devem ser dimensionadas para o TR 100 anos no cenário futuro;
- 3) **Plano de Ação a Longo Prazo:** Promover o retardamento dos picos de vazões por meio de soleiras implantadas nas bacias afetadas pela expansão urbana futura, deve-se adotar o TR 25 anos no cenário futuro. Também faz parte desta etapa criação de um programa de educação ambiental para a redução dos problemas como obstrução de galerias, manejo de lixo, controle da qualidade das águas, entre outros aspectos relacionados.

### **8.1. ESTIMATIVA DE CUSTOS E ORÇAMENTOS**

Os orçamentos foram realizados com base nas medidas estruturais necessárias e de acordo com o Plano de Ação.

Nos orçamentos está considerado o valor do projeto necessário, os Benefícios Diretos e Indiretos (BDI), controle tecnológico das obras, administração local, fornecimento e instalação de equipamento, materiais, equipamentos e mão de obra para cada tipo de intervenção. Foram utilizadas as tabelas de custos unitários da SMSO/PMSP de Abr/2017 como referência de custo dos serviços.

Com base nas pesquisas realizadas, foi identificado que para uma travessia/ponte com um vão livre de 32m, 15 metros de largura e altura útil de 6,0 m o valor de R\$ 3.000.000 (incluso BDI de 30%, projetos, controle tecnológico, licenças e canteiro de obras). Com base neste projeto o tabuleiro de uma travessia com os limites do projeto de referência tem um custo de aproximadamente 5.860 R\$/m<sup>2</sup> de tabuleiro.

#### **Orçamento do Plano de Ação Emergencial**

Esta etapa consiste na elaboração do diagnóstico das redes de microdrenagem da área urbana de Capela do alto e na Execução da medida estrutural para o Ponto 01, 02, 03 e 06.



Ponto 01, 02, 03 e 06.

Custo estimado em R\$ 1.099.014,85

Ponto 1 - Canaleta: R\$ 48.714,10;

Ponto 2 – Canal e Parque: R\$ 348.649,47;

Ponto 03: R\$ 328.632,17;

Ponto 06: R\$ 373.019,11;

Recomenda-se a elaboração de estudo de diagnóstico das redes de microdrenagem.

Estudo da Microdrenagem da área urbana: R\$ 68.500,00

Para o orçamento detalhado ver planilhas anexo.

### **Orçamento do Plano de Ação de Médio Prazo**

No Plano de Ação de Médio Prazo, estimam-se as intervenções nas travessias e pontes que oferecem acesso ao município.

Estimativa Total: R\$ 3.016.283,07.

Estimativa (Prioritários de médio Prazo): R\$ 327.966,06 (P15);

**Tabela 12.** Estimativa de custos das intervenções de Médio Prazo.

Travessias		
Ponto	Área Tabuleiro (m <sup>2</sup> )	Valor (R\$)
15	54	327,966.06
31	85.5	380,847.48
39	13.5	184,050.24
41	40.5	207,144.20
42	85.5	268,239.27
52	135	556,445.68
53	67.5	252,598.70
55	81	303,666.24
56	63	244,726.58
58	67.5	290,598.62



### Orçamento do Plano de Ação de Longo Prazo

Nesta etapa, devem-se realizar as intervenções conforme a expansão da malha urbana. As bacias hidrográficas apresentadas como “possíveis aumento de vazão devido à impermeabilização do solo” devem ser verificadas em estudo específico conforme o vetor de crescimento da área urbana.

Entretanto, pode-se estimar que para a redução de vazão entre o cenário atual e futuro conforme tabela abaixo, os volumes de retenção apresentam-se ao a respectiva área.

Os projetos de reservatório na região metropolitana de São Paulo resultam uma média de R\$/m<sup>3</sup> 270,00. Entretanto para a redução do pico de vazão pode-se adotar soleiras que simulam pequenos reservatório, mantendo assim as intervenções dentro da calha do rio e minimizando os impactos, neste caso adotaram-se o valor de R\$/m<sup>3</sup> 150,00.

**Tabela 13.** Estimativa de custo das medidas de longo prazo.

Nó	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		Vol. (m <sup>3</sup> )	Valor (R\$)
	Atual	Futuro		
21	15.50	20.00	8.100,00	R\$1.215.000,00
26	16.50	19.60	5.580,00	R\$837.000,00
27	43.00	49.00	10.800,00	R\$1.620.000,00
29	21.00	25.40	7.920,00	R\$1.188.000,00
42	15.40	19.50	7.380,00	R\$1.107.000,00
43	153.80	170.30	29.700,00	R\$4.455.000,00
45	13.30	15.60	4.140,00	R\$621.000,00
47	21.80	27.30	9.900,00	R\$1.485.000,00

Somente nas áreas em que houver a expansão urbana é que a estimativa de volume de retenção se fará necessária.

A imagem a seguir ilustra as soleiras de referência para o retardamento do pico de cheia.





**Imagem 12.** Soleira na calha do rio Aricanduva (São Paulo, SP).



**Imagem 13.** Soleiras no rio Aricanduva, vista aérea.

A seguir apresenta-se o cronograma dos Planos de Ação.



PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

Tabela 14. Cronograma do Plano de Ação.

Item	Ano																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
<b>Plano de Ação Emergencial</b>	■																				
Estudo de Diagnóstico da Microdrenagem	■																				
Intervenção no Ponto 01, 03 e 06	■																				
<b>Plano de Ação de Médio Prazo</b>				■																	
Intervenção nos Pontos Prioritários				■																	
Intervenção nos demais Pontos					■																
<b>Plano de Ação de Longo Prazo</b>											■										
Intervenção na bacia que sofreu urbanização												■									
Revisão do Plano Diretor de Macrodrenagem											■										



## 8.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE

Segundo Canholi (2015), as soluções não convencionais normalmente são indicadas para resolver os problemas de inundações em prazos mais curtos, ou reduzir as interferências na infraestrutura existente, notadamente em relação ao sistema viário dos grandes centros urbanos.

Este mesmo autor afirma que os aspectos de confiabilidade, flexibilidade, funcionalidade de cada solução também merecem destaque, quando da análise de alternativas possíveis.

A quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de uma obra de drenagem urbana pode apresentar mais complexidade do que seu planejamento, porque a tangibilidade dos benefícios é restrita. Neste caso os benefícios são os danos evitados.

Segundo Barth (1997) e James e Lee (1971), os danos decorrentes das inundações podem ser classificados em:

- Diretos: são as perdas de bens e serviços que podem ocorrer como consequência do contato direto com a inundação;
- Indiretos: ocorrem na área inundada ou por influência dela, sem contato direto com a inundação.

A simples desconfiança da ocorrência de uma inundação catastrófica numa área pode causar danos à população, na medida em que muitos investimentos podem deixar de ser feitos por causa dos riscos envolvidos.

Os danos evitados podem ser estimados pela equação do prejuízo agregado que se baseia no crescimento linear do dano com o nível médio de inundação das áreas marginais. Sendo:

$$Cd = Kd Me h$$

Onde:

Cd é o dano total em unidades monetárias;

Kd fator determinado pela análise dos danos de inundação;

Me é o valor de mercado das estruturas e área inundadas;

h é a profundidade média da inundação (m).



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

De acordo com Tucci (1993), existem duas aproximações para o valor de  $K_d$ , 0,17 e 0,14 para enchentes com  $h < 1,5$  m e  $h > 1,5$  m respectivamente.

A análise de viabilidade deve-se também levar em consideração a maximização dos benefícios intangíveis.

No caso das intervenções na drenagem da área urbana do município de Capela do Alto a análise econômica restringe os investimentos necessários para a minimização dos danos causados pelas chuvas.

Entretanto deve-se observar que os benefícios intangíveis serão maximizados, como: melhoria da qualidade de vida, melhoria da saúde pública, melhoria do meio ambiente, valorização dos imóveis na área afetada, favorecimento das atividades comerciais, indústrias, serviços e retorno pela arrecadação de impostos.



## 9. CONCLUSÕES

O Plano Diretor de Macrodrenagem do Município de Capela do Alto visa apresentar a rede hidrográfica, os cálculos hidrológicos, e as alternativas de intervenção nos locais necessários decorrentes de inundações e/ou insuficiência de capacidade hidráulica.

O município de Capela do Alto tem a sua área urbanizada entre o divisor de duas bacias hidrográficas, no entanto possui estruturas hidráulicas subdimensionadas e que afetam a capacidade de escoamento dos cursos d'água naturais, principalmente nas travessias/ponte na região urbana.

Deve-se uma atenção especial para as intervenções emergenciais, como a elaboração de um diagnóstico da rede de microdrenagem do município e a implantação das intervenções dos Pontos 1, 2, 3 e 6.

De posse deste Plano Diretor de Macrodrenagem a administração pública pode direcionar e planejar a expansão urbana ordenada.

As várzeas existentes devem ser mantidas para que a sua função de detenção natural venha colaborar na redução dos picos de cheia. Assim como a preservação das matas ciliares para o controle de erosão e qualidade da água.

Recomenda-se também a instalação de dois postos fluviométricos, um na bacia do córrego Barreirinho e outro na bacia do córrego Iperó. Na bacia do córrego Barreirinho o local de instalação deve ser no nó de simulação 43. Na bacia do córrego Iperó o local de instalação deve ser no nó de simulação 18.

Este Plano Diretor de Macrodrenagem deve ser revisado a cada 10 anos. Nas revisões deste plano, o planejamento das intervenções pode ser modificado com base nas alterações verificadas no uso e ocupação do solo e nas instalações hidráulicas do sistema de macrodrenagem.

A administração pública deve implementar leis de zoneamento para o correto desenvolvimento da expansão da área urbana, bem como introduzir instrumentos que buscam o mínimo impacto no sistema de drenagem para a implantação de grandes áreas impermeáveis nas bacias hidrográficas do município de Capela do Alto.



## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKAM , A. OSMAN. Open channel hydraulics. 1a ed. 2006, reprinted in 2008. Elsevier, 364 paginas.ISBN 978-0-7506-6857-6.

BAPTISTA, MÁRCIO BENEDITO et al. Hidráulica Aplicada. ABRH, 2001, 619 páginas.

BRAGA, Benedito. Introdução à engenharia ambiental. 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

CANHOLI, Aluísio. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de Textos, 2015.

CHAUDHRY, M. HANIF. Open-Channel Flow. Prentice Hall, 1993, 483páginas.

CHIN, DAVID A. Water Resources Engineering. Prentice Hall, 2000, 750páginas

CHOW, VEN TE. Open channel hydraulics. McGraw-Hill, 1986, 680 páginas.

Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo. Equações de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. DAEE/FCTH, 1999.

FOX, ROBERT W. E MCDONALD, ALAN T. Introduction to fluid mechanics. 3a ed. 1985, John Wiley & Sons, 741páginas.

FRENCH, RICHARD H. Hydraulic of open channel flow. Chapter 3 in MAYS, LARRY W. Stormwater collection systems desigh handbook, 2001.

FRENCH, RICHARD H. Open channel hydraulics. Editora WRP, 638 paginas, 20076, ISBN 978-1-887201-44-5.

GUPTA, RAM S. Hydrology and hydraulic systems.Waveland editora, 3a ed, ano 2008, ISBN 978-1-57766-455-0, 896 páginas.

Prefeitura do Município de São Paulo. Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. PMSP/FCTH 1999.

Urban DrainageFlood Control District. Urban Storm Drainage – Criteria Manual vol. 3. UDFCD, Denver, 2001.

JÚNIOR, Francisco Martinez; MAGNI, Nelson Luiz Goi. Equações de chuvas intensas do Estado de São Paulo. Governo Do Estado De São Paulo-Secretaria De Recursos Hídricos, Saneamento E Obras-Departamento De Águas E Energia Elétrica-Centro Tecnológico De Hidráulica E Recursos Hídricos, 1999.

TUCCI, Carlos EM et al. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da, 2012.



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

MCCUEN, RICHARD H. Hydrologic analysis and design. 2a ed. 814 paginas, 1998, ISBN 013-134958-9. Editora Prentice Hall.

SUBRAMANYA, K. Flow in open channels. McGraw-Hill, India, 3a ed. 548p.





**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

## **ANEXOS**



**PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPELA DO ALTO**

Praça São Francisco, 26 – centro – Capela do Alto

Estado de São Paulo

**RECOMENDAÇÃO – MINUTA DE LEI**

**MINUTA**

**DECRETO-LEI**

*Dispõe sobre o encaminhamento de águas de drenagem pluvial e/ou subterrânea coletada no lote dos novos empreendimentos.*

*....., Prefeito do Município de Capela do Alto, no uso das atribuições que me são conferidas por Lei,*

*Faço saber que a Câmara Municipal, em sua ..... Sessão ..... realizada em .....de .....de ....., Aprovou e Eu Sanciono e Promulgo a seguinte Lei Complementar.*

*Considerando que:*

*-- O aumento da impermeabilização, e o conseqüente aumento nos aportes de volumes e vazões no sistema público de drenagem, são responsáveis, em grande parte, pelo aumento da freqüência das inundações,*

*- os grandes empreendimentos imobiliários vêm lançando suas águas de drenagem diretamente nas sarjetas provocando inundações nas vias públicas, e ao não mitigar esse impacto, repassam seus custos para a sociedade, a qual acaba por pagar grandes quantias em obras que se tornam rapidamente obsoletas devido ao aumento da ocupação e desenvolvimento da bacia,*

*- da mesma forma se tem verificado o descarregamento de águas provenientes de bombeamentos do subsolo,*

*Artigo 1 - É vedado o lançamento de vazões de drenagem oriundas do bombeamento de águas subterrâneas do subsolo das edificações nas sarjetas das vias públicas. O encaminhamento destas águas deverá ser realizado da seguinte forma:*



*a) Existindo galeria de águas pluviais na via publica:*

*Deverá ser executada ligação adequada da edificação à galeria pluvial.*

*b) Inexistindo galeria de águas pluviais:*

*Deverá ser apresentado projeto de ligação do sistema predial ao dispositivo de drenagem mais próximo (boca-de-lobo, boca-de-leão ou galeria de água pluvial).*

*Artigo 2 - As águas pluviais coletadas no lote, deverão ser encaminhadas diretamente ao sistema público de drenagem pluvial, evitando-se o seu lançamento nas sarjetas, nos casos em que a área impermeabilizada do lote exceder 500 m<sup>2</sup>,*

*a) Existindo galeria de águas pluviais na via publica:*

*Deverá ser executada ligação adequada da edificação à galeria.*

*b) Inexistindo galeria de águas pluviais:*

*Deverá ser apresentado projeto de ligação do sistema predial ao dispositivo de drenagem mais próximo (boca-de-lobo, boca-de-leão ou galeria de água pluvial).*

*Artigo 3- Os projetos para o redirecionamento adequado destas águas, respeitando as determinações do presente decreto, serão objeto de análise e aprovação nesta Prefeitura e deverão seguir as diretrizes apresentadas no documento "Requisitos Técnicos para a Elaboração de Projetos de Drenagem de Águas Pluviais e Subterrânea" parte integrante deste decreto.*



## **MANUAL DE DRENAGEM**

Este manual visa orientar os técnicos da Prefeitura de Capela do Alto na avaliação de impactos na rede de drenagem local causados por novos empreendimentos e propor medidas de mitigação e sustentabilidade para estas intervenções.

A função deste manual é apresentar uma metodologia simplificada para a análise expedita dos impactos locais causados por novos empreendimentos, não sendo uma ferramenta definitiva e precisa para a valoração das vazões e volumes envolvidos.

Busca-se, com esse manual, introduzir o conceito de impacto zero, que propõe a manutenção ou diminuição dos volumes e vazões de picos gerados em escala local por novos empreendimentos, resultado da impermeabilização de novas áreas.

O aumento da impermeabilização, e o conseqüente aumento nos aportes de volumes e vazões no sistema público de drenagem, são responsáveis, em grande parte, pelo aumento da freqüência das inundações. Os novos empreendimentos, ao não mitigar esse impacto, repassam seus custos para a sociedade, a qual acaba por pagar grandes quantias em obras que se tornam rapidamente obsoletas devido ao aumento da ocupação e desenvolvimento da bacia.

Desta maneira, o empreendedor privado deve se responsabilizar pela geração de escoamento superficial em seu empreendimento investindo para a sua manutenção em níveis aceitáveis, não repassando este custo para a sociedade.



## 1. INTRODUÇÃO

Os princípios básicos do controle do escoamento pluvial tanto devido às enchentes naturais da várzea como à urbanização são os seguintes:

**A bacia como sistema:** Um Plano de Controle de águas pluviais de uma cidade ou Região deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve. As medidas não podem reduzir um impacto de uma área em detrimento de outra, ou seja, os impactos de quaisquer medidas não devem ser transferidos.

**As medidas de controle no conjunto da bacia:** O controle de enchentes envolve medidas estruturais e não-estruturais, que dificilmente estão desassociadas. As medidas estruturais envolvem custos que a maioria das cidades não possui recursos para enfrentar e devem ser minimizadas. A política de controle de enchentes certamente poderá chegar a soluções estruturais para alguns locais, mas dentro da visão de conjunto de toda a bacia, onde a mesma está racionalmente integrada com outras medidas preventivas (não-estruturais) e compatibilizadas com o desenvolvimento urbano.

As medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, em:

- **Distribuída ou na fonte:** é o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios;
- **Na microdrenagem:** é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos;
- **Na macrodrenagem:** é o controle sobre os principais riachos urbanos.

As principais medidas de controle localizado no lote, estacionamento, parques e passeios são denominados, normalmente, de controle na fonte (sourcecontrol). As principais medidas são as seguintes:

- Aumento de áreas de infiltração e percolação;
- Dispositivos de armazenamento temporário em reservatórios residenciais ou telhados.

As principais características do controle local do escoamento são as seguintes



(Urbonas e Stahre, 1993):

- Aumento da eficiência do sistema de drenagem de jusante dos locais controlados;
- Aumento da capacidade de controle de enchentes dos sistemas;
- Dificuldade de controlar, projetar e fazer manutenção de um grande número de sistemas;
- Os custos de operação e manutenção podem ser altos.



## **2. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS NOS SISTEMAS DE DRENAGEM**

A avaliação de impactos na drenagem de novos empreendimentos deve ser realizada a partir da comparação entre a situação anterior ao empreendimento e após a construção do mesmo.

Foram definidas 6 atividades para avaliação dos impactos gerados por novos empreendimentos.

### **2.1 Atividade 1 – Delimitação da Área de Contribuição**

Uma planta da área a ser analisada e de seu entorno dever ser elaborada evidenciando a área a ser ocupada ou modificada, assim como as declividades transversais e longitudinais do leito carroçável, presença de galerias na via, bocas-de-lobo, valetas ou qualquer outro elemento que desempenhe a função de drenar a área como pequenos cursos d'água e canais.

Primeiramente deverá ser realizada a delimitação das diversas áreas de contribuição (telhado, áreas externas, terrenos naturais e etc.) assim como a determinação do direcionamento dado ao escoamento por cada uma delas.

Os dispositivos de drenagem projetados e elementos de controle de escoamento na fonte previstos no anteprojeto (como as piscininhas) deverão estar presentes na planta assim como suas dimensões, vazões efluentes de projetos etc. Também devem estar presentes todas as ligações previstas com a microdrenagem e descargas diretas na via.

Na ausência de dispositivos de drenagem como bocas de lobo, grelhas e galerias nas proximidades do empreendimento, a planta da micro-bacia deverá ser utilizada para a verificação dos dispositivos, tubulações e galerias públicas mais próximas.

Deverão ser elaboradas plantas da micro-bacia em escala 1: 5000 e plantas do empreendimento 1: 2000.

### **2.2 Atividade 2 – Determinação das Vazões Efluentes e Volumes Gerados**

Para a determinação das vazões e volumes gerados em pequenos lotes recomenda-se a utilização do Método Racional. A equação do método é apresentada abaixo:



$$Q = 0,275.C.I_m.A$$

Onde:

Q = pico de vazão em m<sup>3</sup>/s;

I<sub>m</sub> = intensidade média em mm/h;

A = área drenada em km<sup>2</sup>;

C = coeficiente de deflúvio.

Este método não considera o armazenamento na bacia e as variações da intensidade da chuva e do coeficiente de deflúvio.

### 2.2.1 Intensidade da Precipitação

A intensidade média considerada é um valor médio no tempo e no espaço. As intensidades a serem consideradas são aquelas obtidas pelas equações I-D-F para o município de Tatuí para tempos de recorrência de 10 anos e duração de chuva igual ao tempo de concentração para avaliação das vazões de pico e de duração 1 hora para avaliação de volumes.

**Tabela 1 – Previsão de Máximas Intensidades de Chuva mm/h**

Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	77,8	103,1	119,8	129,3	135,9	141,0	156,7	172,3	187,8
20	62,0	82,3	95,8	103,4	108,7	112,8	125,4	137,9	150,4
30	52,0	69,2	80,5	86,9	91,4	94,9	105,5	116,1	126,6
60	35,9	47,9	55,8	60,3	63,4	65,9	73,3	80,7	88,1
120	23,1	30,9	36,1	39,0	41,1	42,7	47,5	52,4	57,2
180	17,4	23,4	27,4	29,6	31,2	32,4	36,1	39,7	43,4
360	10,5	14,2	16,6	18,0	18,9	19,7	21,9	24,2	26,4
720	6,2	8,4	9,9	10,7	11,3	11,7	13,1	14,5	15,8
1080	4,5	6,2	7,3	7,9	8,3	8,6	9,6	10,6	11,6
1440	3,6	5,0	5,8	6,3	6,7	6,9	7,7	8,6	9,4

**Tabela 2 – Previsão de Máximas Alturas de Chuva em mm**





Duração t (minutos)	Período de retorno T (anos)								
	2	5	10	15	20	25	50	100	200
10	13,0	17,2	20,0	21,5	22,7	23,5	26,1	28,7	31,3
20	20,7	27,4	31,9	34,5	36,2	37,6	41,8	46,0	50,1
30	26,0	34,6	40,3	43,5	45,7	47,4	52,7	58,0	63,3
60	35,9	47,9	55,8	60,3	63,4	65,9	73,3	80,7	88,1
120	46,2	61,9	72,2	78,1	82,2	85,3	95,1	104,7	114,3
180	52,3	70,2	82,1	88,8	93,5	97,1	108,2	119,2	130,2
360	63,0	85,0	99,6	107,8	113,6	118,0	131,6	145,2	158,7
720	74,5	101,0	118,6	128,5	135,4	140,7	157,2	173,5	189,7
1080	81,8	111,2	130,6	141,6	149,3	155,2	173,5	191,6	209,6
1440	87,2	118,8	139,7	151,5	159,8	166,2	185,8	205,2	224,6

### 2.2.2 Coeficiente de Deflúvio C

O coeficiente de deflúvio C visa exprimir a relação entre a intensidade da precipitação e a vazão máxima.

Os valores a serem utilizados para o coeficiente C, para chuvas com tempo de recorrência de 10 anos, seguem a equação abaixo:

$$C = 0,047 + 0,9.AI$$

Onde AI é a proporção de área impermeável em relação à área total do terreno.

### 2.2.3 Tempo de Concentração

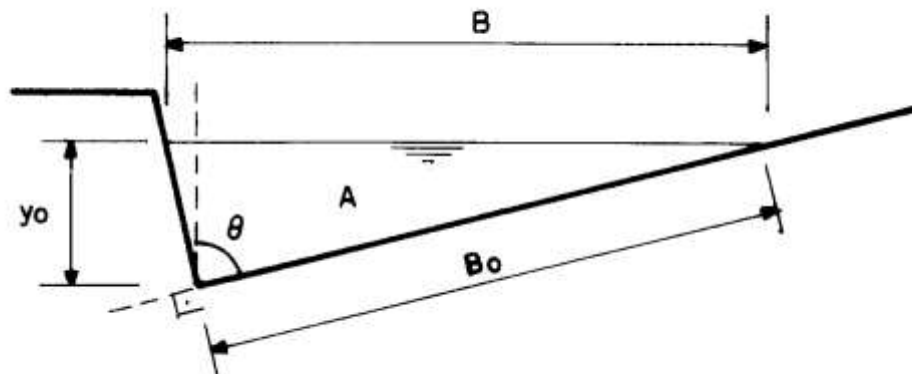
Devido às pequenas dimensões dos lotes urbanos o tempo de concentração adotado para os estudos de vazões de pico deve ser de 10 minutos. Para o estudo de volume deve ser considerada a chuva de 1 hora de duração.

## 2.3 Atividade 3 – Cálculo da Capacidade de Vazão da Via e de Bocas-de-Lobo

O cálculo para aferição da capacidade de vazão da rua deve respeitar a capacidade de condução da sarjeta.



**Figura 1 – Elementos da seção transversal de uma sarjeta**



Conhecendo-se a declividade transversal da via e a altura da sarjeta é possível encontrar todas as dimensões da figura 1. Para o cálculo da capacidade de condução da via sugere-se o uso da equação de Strickler-Manning abaixo.

$$Q = K.A. R^{2/3} . S^{1/2}$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

K = coeficiente de rugosidade, adotado igual a 60 para pavimentos comuns de vias públicas;

A = área em m<sup>2</sup>;

R = raio hidráulico = A/P em m, onde P é o perímetro molhado em m;

S = declividade longitudinal da via em m/m;

B = largura superficial do escoamento em m;

B<sub>0</sub> = largura da sarjeta em m;

y<sub>0</sub> = profundidade em m.

O cálculo da capacidade das bocas de lobo pode ser calculado com auxílio das equações abaixo.



- Quando a água se acumula sobre a boca de lobo, gera uma lâmina de água com altura menor que a do que a abertura na guia, a boca de lobo pode ser considerada um vertedor com capacidade de engolimento igual a:

$$Q = 1,7. L. y^{2/3}$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

L = comprimento da soleira em m;

y = altura d'água próximo à abertura na guia em m.

Para alturas de lâmina superiores à duas vezes a altura da abertura na guia:

$$Q = 3,101. L.h^{3/2}(y_1/h)^{1/2}$$

Onde:

h = altura da guia em m;

y<sub>1</sub> = y-h/2 em m.

- As bocas de lobo com grelha funcionam como um vertedor de soleira livre para lâminas de até 12 cm. Se um dos lados da grelha for adjacente à guia o mesmo deve ser descontado do perímetro P.

$$Q = 1,7. P. y^{2/3}$$

Onde:

Q = vazão em m<sup>3</sup>/s;

P = perímetro da grelha em m;

y = altura d'água próximo à abertura na guia em m.

Para profundidades de lâmina maiores que 42 cm, a vazão é calculada por:

$$Q = 2,91. A. y^{1/2}$$



#### **2.4 Atividade 4 – Definição dos Cenários Objetivos**

Os cenários objetivos visam criar as condições de contorno que devem ser respeitadas em cada estudo. Foram criados dois cenários simplificados para orientar o cálculo da vazão efluente máxima de um novo empreendimento, e verificar sua viabilidade. Considerando as Atividades 1, 2 e 3 descritas anteriormente, o cálculo para enquadramento no cenário objetivo deverá seguir as seguintes etapas:

- Determinação da capacidade de engolimento dos dispositivos de drenagem e da capacidade de vazão da via, valendo entre eles sempre o menor valor para os estudos comparativos;
- Delimitação dos lotes contribuintes ao dispositivo de drenagem mais próximo;
- Determinação da vazão específica dos lotes contribuintes;
- Determinação da vazão efluente para a situação anterior e posterior;
- Comparação da situação anterior com a vazão efluente máxima;
- Enquadramento no Cenário Objetivo sendo:
  - a) Caso a condição atual (pré-empreendimento) respeite a capacidade da via o novo empreendimento deve ter vazão efluente igual ou menor que situação anterior.
  - b) Caso a condição atual não respeite a capacidade da via, o novo empreendimento deve ter vazão efluente igual ou menor que a capacidade da via, de acordo com a distância dos dispositivos de drenagem.

Exemplo:

Capacidade da via: 200 l/s;

Capacidade das bocas-de-lobo: 250 l/s;

A Vazão de restrição neste caso será de 200 l/s.



Entre as bocas-de-lobo mais próxima à montante do local do futuro empreendimento e a bocas-de-lobo mais próxima de jusante, contribuem 3 lotes de 200 m<sup>2</sup> além do local do empreendimento de 400 m<sup>2</sup> (Área contribuinte total de 1000 m<sup>2</sup>). A vazão específica máxima neste caso será de 0,2 l/s.m<sup>2</sup>. Para o terreno onde será erguido o empreendimento a vazão efluente máxima será de 80 l/s.

Se a vazão da situação pré-empreendimento é de 60 l/s, esta mesma vazão (ou menor) deverá ser verificada após a construção do empreendimento (Situação A).

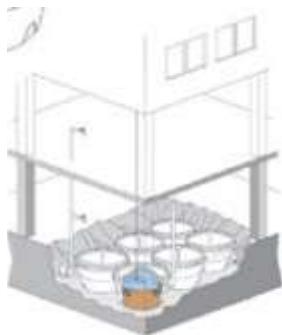
Se a vazão da situação pré-empreendimento for 100 l/s, a vazão a ser verificada após a construção do empreendimento deverá ser menor ou igual a 80 l/s (Situação B).

## 2.5 Atividade 5 – Estudo de Alternativa

Caso as vazões efluentes não respeitem as condições “a” e “b” deverá ser elaborado um estudo com 3 alternativas visando a adequação do empreendimento às situações “a” e “b”. As alternativas devem privilegiar o uso de dispositivos de reservação, infiltração, associando, se necessário, tubulações de ligação direta entre o empreendimento e as galerias públicas e combinação de diferentes dispositivos.

Exemplos de estruturas que podem ser utilizadas para o controle do escoamento local:

- Piscininhas e Pavimento Poroso;



- Valetas de Infiltração e Bacia de Sedimentação;



- Bacia de Retenção e Detenção Locais.



## 2.6 Atividade 6 – Drenagem de Águas Subterrâneas

As águas de drenagem subterrâneas são usualmente originárias das garagens e pavimentos no subsolo. A descarga das águas subterrâneas nas ruas não deve ocorrer, de modo a impedir que o excesso de água na via por longo tempo venha a deteriorar o asfalto e as sarjetas, além de incomodar os transeuntes e submetê-los a riscos sanitários. O empreendedor deverá adequar o descarte destas águas construindo uma tubulação de ligação entre o empreendimento e a galeria pública. A tubulação a ser construída deverá ser visitável com diâmetro mínimo de 0,20 m.

A construção de reservatórios deverá ser encorajada para o armazenamento parcial dessas águas de forma a criar futuras alternativas de aproveitamento não potáveis.



## **2.7 Atividade 7 – Elaboração do Projeto**

Caso haja necessidade de adequação do empreendimento, deverá ser elaborado o projeto da alternativa escolhida assim como da galeria de drenagem de águas subterrâneas em escala 1 /500.



### **3. ROTEIRO DE APLICAÇÃO**

Para a aprovação do projeto deverão ser elaborados os seguintes documentos:

- 1) Planta da bacia em escala de no máximo 1:5000, onde devem constar os elementos apresentados na Atividade 1 deste Manual.
- 2) Relatório de Estudos Hidrológicos constando:
- 3) Estudo de vazões e volumes para as situações anterior e posterior ao empreendimento, conforme descrito na Atividade 2;
- 4) Cálculo da capacidade de vazão da via e dos dispositivos de drenagem presentes, conforme descrito na Atividade 3;
- 5) Definição do cenário de enquadramento e das condições de contorno, conforme Atividade 4;
- 6) Elaboração do estudo de alternativas, conforme apresentado na Atividade 5;
- 7) Determinação do escoamento oriundo da drenagem das águas subterrâneas e adequação do empreendimento conforme descrito na Atividade 6;
- 8) Elaboração e apresentação do projeto em escala 1/500.