

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Engenharia de Bauru

RODOLFO DIAS DA SILVA

A DINÂMICA DO USO DA TERRA E SEU EFEITO NAS
ENCHENTES NA BACIA DO CÓRREGO DO PARQUE,
AMERICANA (SP)

Dissertação apresentada como
requisito para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil e
Ambiental da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Área de Concentração Saneamento.

Rio Claro - SP

2016

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE RODOLFO DIAS DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA.

Aos 25 dias do mês de julho do ano de 2016, às 14:00 horas, no(a) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento - UNESP - Rio Claro, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. FABIANO TOMAZINI DA CONCEIÇÃO - Orientador(a) do(a) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento / UNESP/Rio Claro/IGCE, Profa. Dra. CENIRA MARIA LUPINACCI do(a) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento / UNESP/Rio Claro (SP), Prof. Dr. EDER PAULO SPATTI JUNIOR do(a) Autonomo, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de RODOLFO DIAS DA SILVA, intitulada **A DINÂMICA DO USO DA TERRA E SEU EFEITO NAS ENCHENTES NA BACIA DO CÓRREGO DO PARQUE, AMERICANA (SP)**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

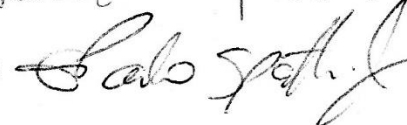
Prof. Dr. FABIANO TOMAZINI DA CONCEIÇÃO



Profa. Dra. CENIRA MARIA LUPINACCI



Prof. Dr. EDER PAULO SPATTI JUNIOR



Silva, Rodolfo Dias da.

A dinâmica do uso da terra e seu efeito nas
enchentes da bacia do Córrego do Parque (SP) /
Rodolfo Dias da Silva, 2016

96 f. :il.

Orientador: Fabiano Tomazini da Conceição

Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Fabiano Tomazini da Conceição pelos anos de orientação, apoio e paciência. Ao Prof Dr. Rodrigo Braga Moruzzi pelas importantes observações na qualificação. Ao Dr Eder Paulo Spatti Junior pelas contribuições na defesa. À professora Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha pela presença constante desde que cheguei em Rio Claro e pelas valiosas observações nos meus trabalhos.

Ao pessoal do grupo de estudos, Antônio e Alexandre pela companhia nas horas de trabalho.

Agradeço aos meus amigos que perto ou longe sempre estão comigo. A todos os companheiros da casa 12. A Priscila, companheira das melhores viagens da minha vida. Rodolfo, meu xará e grande amigo. Nuts, amigo e truta de trampos e tretas. Pedro, Nathy que com certeza serão amizades eternas.

Ao Leandro Ferreira que eu nem tenho como agradecer por fazer parte da minha vida.

Aos meus mais que amados primos Rafael e Ilana, e também tia Bibi que sempre me apoiaram em tudo.

Especial agradecimento à minha irmã, pela força e apoio constante, esse trabalho só se realizou com sua ajuda. E por fim e com certeza a mais importante, minha mãe que me deu a constituição que me faz seguir em frente.

“As letras e a ciência só tomarão o seu verdadeiro lugar na obra do desenvolvimento humano no dia em que, livres de toda a servidão mercenária, forem exclusivamente cultivadas pelos que as amam e para os que as amam”.

Piotr Kropotkin

RESUMO

A avaliação e dimensionamento das inundações é de grande importância para o planejamento dentro de bacias urbanas. No Brasil inundações representam quase 60% dos desastres registrados, seu crescimento deu-se fundamentalmente ao aumento do desenvolvimento urbano na segunda metade do século XX. Este processo pode ser observado em Americana (SP), que experimentou uma intensa urbanização a partir da década de 1970. Os efeitos do adensamento urbano (mapeados nos cenários de 1962, 1977, 1996, 2008 e 2016) podem ser observados no aumento do volume de escoamento superficial e no tempo e pico da descarga do Córrego do Parque, área central de Americana. No processo de investigação utilizou-se dados da caracterização granulométrica dos solos, uso da terra, precipitação, áreas de concentração de escoamento superficial dentre outros elementos que foram modelados através do *software* denominado IPHS1 que possui algoritmos que possibilitam a transformação chuva-vazão, por meio do modelo hidrológico Curva Número (CN). Os dados foram projetados em diversos tempos de retorno (5, 10, 20 e 50 anos), o que nos permitiu ter uma visão mais ampla dos fenômenos. Os resultados obtidos apontam que o incremento da impermeabilização entre o período de 1962 e 2016 promoveu o aumento do escoamento superficial e sobrecarga no sistema de escoamento, aumentando a intensidade de enchentes e inundações.

Palavras-chave: Enchentes; SCS; Uso e ocupação da terra.

Abstract

Evaluating and dimensioning floods have great importance for planning urban hydrographic basins. In Brazil, floods represent around 60% of all registered disasters, and it has grown essentially due to the increased urban development in the second half of the 20th century. This process can be verified in Americana (SP), which has experienced an intense urbanization since the 70's. The urban densification effects (which were mapped in the 1962, 1977, 1996, 2008 and 2016 scenarios) can be verified on the increasing of the runoff volume and on time and peak of discharge of the Parque stream, central area of Americana. Information about the size of soil particles, land use, rainfall and runoff concentration areas were used in the research process, as well as other elements that were modeled using the software IPHS1, which has algorithms that provides the transformation of rainfall-flow rate, through the hydrological model Curve Number (CN). Data were estimated on several return times (5, 10, 20 and 50 years), what allows a wider view of the floods process. The results indicate that the increasing of soil sealing between 1962 and 2016 raised the runoff and the overload on the drainage system, increasing floods and flooding intensity.

Key-words: Flooding; SCS; Soil use and occupation.

Sumário

1. Introdução.....	12
2. Objetivos.....	15
3. Revisão bibliográfica.....	15
3.1 Desastres no Mundo e no Brasil.....	15
3.2 Bacia hidrográfica e impactos da urbanização.....	19
3.2. Drenagem urbana.....	24
3.3. Modelagem hidrológica e planejamento urbano.....	27
3.4. Resiliência urbana, Medidas estruturais e não estruturais.....	28
4. Caracterização da área de estudo.....	31
4.1. Caracterização da área de estudo.....	35
4.2 Desenvolvimento urbano de Americana, SP.....	41
5. Materiais e métodos.....	44
5.1. Materiais.....	45
5.2. Mapeamento de uso e ocupação da terra.....	45
5.3. Mapeamento de fluxo acumulado e discretização da bacia hidrográfica.....	49
5.4. Caracterização hidrológica dos solos.....	52
5.5. O método Soil Conservation Service.....	58
5.6. Estimativa da Curva Número.....	58
5.7. Modelagem hidrológica para verificação de inundações.....	59
6. Resultados e discussões.....	61
6.1. Caracterização dos grupos hidrológicos de solo.....	61
6.2. Caracterização do uso e ocupação da terra.....	62
6.3. Discretização da bacia do Córrego do parque.....	65
6.4. Curva Número.....	67
6.5. Modelagem hidrológica.....	71
7. Considerações finais.....	79
8. Referências bibliográficas.....	81
Anexo 1: Mapas de uso da terra.....	86
Anexo 2: Imagens Bacia do Córrego do Parque.....	87
Anexo 3: Módulo bacia.....	88
Anexo 4: Módulo trecho.....	89
Anexo 5: Entrada de dados.....	89
Anexo 6: Valores da lamina desagregada para TR de 5, 10, 20 e 50 anos.....	93
Anexo 7: Organização do módulo trecho e bacia.....	93

Lista de Figuras

Figura 1:Desastres naturais ocorridos no mundo e principais prejuízos.....	16
Figura 2:Desastres causados por enchentes no estado de São Paulo.....	18
Figura 3: Diferenças no amortecimento do hidrograma de enchente.....	20
Figura 4: Hidrogramas de áreas urbanizadas e não urbanizadas.....	21
Figura 5: Típica evolução da drenagem	22
Figura 6: Localização da Bacia do Córrego Parque, área urbana de Americana (SP).....	32
Figura 7: Obras de canalização do Córrego Parque, Americana (SP).....	33
Figura 8: Obras de recanalização do Córrego Parque, Americana (SP), 2011.	34
Figura 9: Acidente após as obras de recanalização do Córrego Parque.....	34
Figura 10: Chuvas de 25 de março de 2013.....	35
Figura 11: Alturas mensais de precipitação (mm) para o período de 1936 a 2015.....	41
Figura 12: Crescimento demográfico de Americana, 1940 – 2015.	44
Figura 13: Classes de uso da terra.	48
Figura 14:: Sugestão, de cores para mapeamento de classes de uso da terra.....	49
Figura 15: Parâmetros para elaboração do MDE.....	51
Figura 16: Ppontos de inundação conhecidos, utilizados para discretização da bacia.	52
Figura 17: Localização dos pontos de coleta das amostras de solo.....	55
Figura 18: Tradagens de amostras de solos.....	56
Figura 19: Amostras em proveta.....	57
Figura 20: Áreas de tendência de concentração de escoamento superficial	65
Figura 21: Discretização da bacia do Córrego do Parque, Americana (SP).....	67
Figura 22: Valores de CN para situação intermediária (umidade moderada.....	70
Figura 23: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 5 anos.	73
Figura 24: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 10 anos.	74
Figura 25: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 20 anos.	75
Figura 26: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 50 anos.	76
Figura 27: Organização do módulo trecho e bacia.	95

Lista de Tabelas

Tabela 1: Inundações e enchentes no Brasil, 1940 a 2008.	19
Tabela 2: Unidade dos materiais inconsolidados do município de Americana, SP	37
Tabela 3: Temperatura do Ar em °C.	40
Tabela 4: Alturas mensais de precipitação (mm) para o período de 1936 a 2015.	41
Tabela 5: Indústrias Têxteis em Americana, SP (1940 a 2005)	43
Tabela 6: Ocupação urbana em Americana, SP (< 1940 a 2000)	44
Tabela 7: Valores de CN para diferentes uso e ocupação do solo (SCS, 2004).	59
Tabela 8: Ensaio granulométrico e identificação dos grupos hidrológicos.	62
Tabela 9: Parâmetros de entrada para o módulo bacia no IPHS1	67
Tabela 10: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 1962..	68
Tabela 11: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 1977.	68
Tabela 12: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 1996.	68
Tabela 13: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 2008.	69
Tabela 14: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 2016.	69
Tabela 15: Valores de CN para cada sub-área.	70

Lista de Siglas

ABC6 – Análise de Bacias Complexas 6

APA – Área de Proteção Ambiental

APP – Área de Preservação Permanente

BMT – Diretoria de Bacia do Médio Tiete

CEDEC-SP - Coordenadoria de Defesa Civil Estadual do Estado de São Paulo

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Metrológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura

CEPAL - A Comissão Econômica para a América Latina

CETESB - Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo

CN – Curva Numero

CRED - *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*

DAEE – Departamento de Aguas e Energia Elétrica

DEPLAN - Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento

DWG - *Autodesk's Design Web Format*

EM-Dat – *Emergency Disasters Data Base*

EUA – Estados Unidos da América

GIS – *Geographic Information System*

GPS – Global Position System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDF – Intensidade-Duração-Frequencia

IG – Instituto Geológico

IGC – Instituto Geográfico Cartográfico

IPHS – Instituto e Pesquisas Hidráulicas *Software*

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LAGEA - Laboratório de Geoquímica Ambiental

MC – Muskingum Cunge

MCL – Muskingum Cunge Linear

MCNL – Muskingum Cunge Não Linear

MDE – Modelo Digital de Elevação

MDT – Modelo Digital de Terreno

OECD – *Organisation for Economic Co-operation and Development*

OFDA - *Office of Foreign Disaster Assistance*

ONU – Organização das Nações Unidas

RGB – *Red, Green, Blue*

RMC – Região Metropolitana de Campinas

SCS – *Soil Conservation Service*

SIG – Sistema de informação Geográfica

SIGHR – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SP – São Paulo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UGRHI - Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

UNISDR - *United Nations International Strategy for Disasters Reduction*

UTM – Universal Transversor de Mercator

IDNDR - International Decade for Natural Disaster Reduction

SE – Situação de Emergencia

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

1. Introdução

Ao discutir a história e o papel das cidades Amartya Sen (1981), as descreve como um lugar de refúgio das intempéries do ambiente e de oportunidades de desenvolvimento, o que para Vale e Campanella (2005), justifica a preocupação com a segurança nas cidades e o investimento em pesquisa e obras para o incremento da capacidade de resiliência urbana, ainda que sua complexidade intrínseca torne isso uma tarefa bastante difícil.

Por outro lado, para Peelling (2007), hoje as cidades poderiam ser melhor descritas como *hotspots* de desastres. Conforme o autor os riscos são construídos a partir de um cenário de aumento da pobreza, desigualdade, alta densidade populacional, áreas residenciais próximas de indústrias perigosas ou expostas a riscos naturais. Nesse sentido Casseti (1991) destaca o efeitos e caráter predatório da relação homem-meio evidenciado pela forma como o homem promove o uso da terra.

Segundo Kandel (1992) os riscos são mais elevados em função da dificuldade dos governos em lidarem com este cenário de grande adversidade. Conforme Goerl e Kobiyama (2013) a globalização da informação tornou a ocorrência de eventos extremos mais visível que nunca, ao passo que a divulgação de tragédias tem alcançado um número cada vez maior de pessoas, a preocupação com seus efeitos tem levado a uma maior cobrança por soluções.

Para Birkman (2007), as soluções normalmente adotadas, que incluem grandes planos e obras de engenharia podem fornecer segurança para alguns, mas exclui tantos outros. Se por um lado a cidade tem sido um gerador de problemas que culminam na ocorrência de desastres, por outro lado, ela também é capaz de solucionar estes problemas. Peeling (2007) ressalta o potencial do aproveitamento dos recursos humanos, intelectuais, financeiros e materiais desenvolvidos nas cidades que possuem o potencial de trazer a segurança para o ambiente em que vivem.

Hadoy (2011) destaca que é no ambiente urbano que se materializa de forma mais intensa os impactos dos desastres. Para o autor, o vertiginoso crescimento

das cidades no último século tornou as cidades um ambiente especialmente vulnerável aos mais diversos tipos de risco.

Para a Organização das Nações Unidas, o planeta pode ser considerado essencialmente urbano desde 2008 (OJIMA e MARANDOLA, 2013), este processo de urbanização foi francamente impulsionado pelo desenvolvimento industrial nos chamados países em desenvolvimento, em especial na Ásia e América Latina.

A transição para uma matriz estruturalmente urbana no Brasil ocorreu precocemente em relação aos demais países em desenvolvimento que em grande parte passaram por este marco apenas no final do século XX (MONTGOMERY, 2007).

Em pouco mais de uma geração a partir dos meados do século XX, o Brasil, um país predominantemente agrário, transformou-se em um país virtualmente urbanizado, pois se não está inteiramente urbanizado, tem seguramente caráter predominantemente urbano (DEÁK e SCHIFFER, 1999).

Por outro lado, a exemplo dos demais países que passaram por este processo, no Brasil, o desenvolvimento industrial das cidades resultou em um inchaço populacional nos espaços urbanos, desencadeando um processo de urbanização desordenada que exerce grande pressão sobre a capacidade de suporte do meio, conforme Nobre (2010).

Segundo Braga (2003) a taxa de urbanização no Brasil chegou a 81% em 2000, com 34% da população, 55 milhões de pessoas, vivendo em áreas metropolitanas (em 1991 eram apenas 29,9%). Desta forma, as características da urbanização brasileira fazem com que esse processo seja não só um fator gerador de problemas ambientais, mas um problema ambiental em si.

Nesse sentido, o poder público deve atuar identificando as áreas de risco e por meio do planejamento estratégico e integrado atuar na prevenção, mitigação e adaptação às novas condições impostas (GANOULIS, 1994). Nas últimas décadas, o aprimoramento tecnológico permitiu o desenvolvimento de diversas técnicas de análise de risco dotadas de grande confiabilidade no processo de dimensionamento e prevenção de eventos extremos (AHMAD; SIMONOVIC, 2001). Por meio dessas técnicas é possível identificar a vulnerabilidade das populações afetadas e prevenir o risco de curto a longo prazo a que essas populações estão suscetíveis (BIRKMAN, 2007).

A escala do problema da suscetibilidade de populações e vulnerabilidade das cidades é global e atribui-se o aumento de sua ocorrência a diversas causas (BUENO, 2008). Este trabalho não pretende entrar no mérito da problemática das mudanças climáticas *versus* variações climáticas, por outro lado é tido como domínio público a ideia de que há uma tendência vertiginosa no incremento da frequência e intensidade de desastres, como inundações e enchentes, assim como o aumento do impacto e do risco associados a este tipo de evento (SCHOLZ; YANG, 2010).

Conforme apontado por Tucci (2007) ações integradas entre os diversos setores da sociedade, gestores, técnicos, comunidade e universidade são fundamentais para que os efeitos dos desastres naturais sejam minimizados. Nesse sentido, concordando com Kobiyama (2004), a universidade deve contribuir na compreensão dos mecanismos dos desastres naturais através do monitoramento, diagnóstico e modelagem, estas informações devem ser repassadas à sociedade de modo a subsidiar a elaboração de planos diretores, de drenagem urbana, de zoneamento e demais ferramentas que auxiliem na contenção e minimização dos impactos. É sob esta perspectiva que este trabalho se desenvolve.

Este estudo parte da premissa de que o aumento populacional, o adensamento urbano e a consequente impermeabilização do solo são elementos que contribuem para o aumento da vazão nos canais que tendem a gerar um aumento no excedente hídrico afetando a população do entorno. São estas preocupações que delimitam o escopo desta pesquisa, que consiste no estudo da dinâmica da drenagem da bacia do Córrego do Parque, localizada na área urbana da cidade de Americana, São Paulo.

Nesse contexto, o intenso processo de desenvolvimento urbano ocorrido na cidade de Americana/SP, devido principalmente ao desenvolvimento da indústria têxtil local na década de 1970, resultou, concomitantemente, com a ocupação da margem de rios, córregos e a impermeabilização do solo, que aumentou o nível de escoamento superficial. Este processo desencadeou mudanças significativas no equilíbrio do balanço energético impondo ao sistema da bacia do Córrego do Parque uma nova dinâmica.

No decorrer deste trabalho buscou-se analisar as características dos cursos hídricos e a relação da urbanização no comportamento do escoamento superficial, em especial em função da canalização, retinilização dos canais de drenagem e

desenvolvimento do uso e ocupação da bacia. No processo de avaliação das variações da vazão do canal considerou-se a intensidade, duração e frequência dos eventos chuvosos. Este trabalho pretende somar esforços para a construção de um plano de drenagem urbana para o município de Americana, que integre questões relacionadas a dinâmica hidrológica dos canais, planejamento e regulamentação do uso da terra.

2. Objetivos

O objetivo do presente trabalho consiste em analisar a relação entre o uso da terra e o aumento na vazão no Córrego do Parque, localizado no município de Americana (SP). Buscou-se avaliar os efeitos desencadeados pela ocupação urbana em oito diferentes cenários temporais: 2 cenários de pré-ocupação (simulados considerando a situação natural do córrego e o córrego antes da ocupação urbana); 5 cenários mapeados através de aerogramas e imagens de satélite (1962, 1977, 1996 e 2016) e uma projeção para o ano de 2020.

Como ferramenta para estimar as vazões utilizou-se um *software* de modelagem hidrográfica, IPHS1, que transforma chuva em vazão de acordo com as características de uso da terra e do canal.

Pretende-se que os resultados deste trabalho ajudem a somar para a construção de um plano de drenagem urbana que considere a importância da regulação do uso da terra sobre a dinâmica da bacia hidrográfica.

3. Revisão bibliográfica

3.1 Desastres no Mundo e no Brasil

Antes do aparecimento do Homo Sapiens na Terra sistemas puramente naturais governavam a dinâmica do planeta, eventos geofísicos como terremotos, erupções vulcânicas, inundações e escorregamentos não constituíam um problema, todavia o aparecimento relativamente recente do homem na Terra transformou esses fenômenos em desastres naturais (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

A história da humanidade é relativamente recente, entretanto desde os primeiros escritos existem registros de grandes catástrofes naturais (MARCELINO, *et al.*, 2006). Considerando eventos que vitimaram milhares de pessoas, destacam-se os terremotos registrados no Japão (1923), URSS (1948), China (1976) e Irã (1990); as inundações na China (1931), Guatemala (1949), Bangladesh (1974) e Venezuela (1999); e os ciclones tropicais na Índia (1935), Japão (1959), Bangladesh (1979) e Honduras (1998) (TOBIN e MONTZ, 1997; EM-DAT, 2005 apud MARCELINO, *et al.*, 2006).

A partir da segunda metade do século XX tem se observado um aumento significativo na frequência e intensidade dos desastres naturais em todo o globo (EM-DAT, 2005). Duas linhas de pensamento buscam explicar este fenômeno, a primeira hipótese defende que esse aumento está associado a maior exposição e vulnerabilidade da sociedade contemporânea que sofreu em um curto espaço de tempo um intenso processo de industrialização e vive fundamentalmente em aglomerações em grandes centros urbanos (NICHOLLS, 2001; PIELKE, 2005; PIELKE *et al.*, 2005). Por outro lado, autores como Houghton (2003), acreditam que o principal propulsor tem sido as mudanças globais, principalmente através da intensificação das instabilidades atmosféricas, como furacões, vendavais e tornados, que causam grandes danos socioeconômicos.

Na figura 1 é possível observar o número de desastres ocorridos ao longo do último século e o prejuízo em milhões de dólares. É possível notar que houve um aumento substancial no número de desastres ocorridos na segunda metade do século, em especial após a década de 1970.

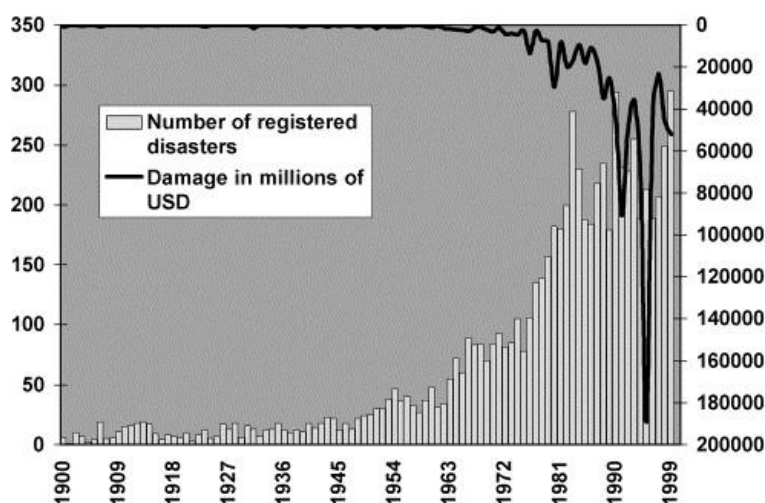


Figura 1: Desastres naturais ocorridos no mundo e principais prejuízos.
Fonte: Alcántara-Ayala (2002).

Ainda que a ocorrência de desastres naturais seja uma questão global, sua ocorrência, frequência e impacto depende de uma infinidade de questões de ordem espacial, política, econômica e social. Conforme Alexander (1993) embora países como Japão, EUA, França ou Suíça possam sofrer impactos consideráveis o impacto de desastres em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento é exponencialmente maior. Ainda segundo o autor o número de mortes nesses países pode ser 95% maior.

De acordo com EM-DAT (2006)., Ásia e América Latina apresentam os maiores níveis de ocorrência de inundações, enchentes, tempestades tropicais e furacões (CEPAL, 1999). Ainda segundo Alcántara-Ayala (2002) a distribuição espacial dos desastres e o impacto econômico mostram que há uma tendência em países em desenvolvimento comprometerem uma maior porcentagem do seu PIB e despenderem mais tempo no processo de recuperação dos desastres.

No Brasil a situação não é diferente, as ocorrências de desastres no Brasil seguem um padrão similar aos observados em escala global. Conforme ressaltado por Kobiyama (2006) no Brasil, os desastres naturais têm sido tratados de forma segmentada entre os diversos setores da sociedade. Nos últimos anos vem ocorrendo uma intensificação dos prejuízos causados por estes fenômenos devido a um planejamento urbano que não consegue dar conta do problema (Tucci 2007).

No Brasil os tipos de desastres mais frequentes são inundações (representadas pelos tipos graduais e bruscos, com 59% dos registros), seguidas pelos escorregamentos (14%). A maioria dos desastres no Brasil (mais de 80%) está associada às instabilidades atmosféricas severas, que são responsáveis pelo desencadeamento de inundações, vendavais, tornados, granizos e escorregamentos (MARCELINO, 2008).

Conforme análise de Parisi (2014), em um país com dimensões continentais como o Brasil (8,5 milhões km², 7.367 km de litoral e uma população de 182 milhões de habitantes), a ocorrência dos desastres no Brasil apresenta uma forte condicionante regional.

Segundo a Defesa Civil (2013) a região Norte apresenta maior ocorrência de incêndios florestais e inundações, na região Nordeste ocorrem mais problemas relacionados a secas e inundações, o Centro-Oeste é mais suscetível a incêndios florestais, no Sudeste deslizamentos e inundações são mais recorrentes, por fim,

no Sul do Brasil as inundações, vendavais e chuvas intensas de granizo são os desastres mais comuns.

De acordo com IPT (2007), inundações são responsáveis por 60% dos desastres naturais no Brasil no último século. Dentre os casos de inundações ocorridos no país 40% estão localizados na Região Sudeste. Cerca de 60% dos atendimentos realizados pela Coordenadoria de Defesa Civil (CEDEC) relacionados a inundações e enchentes ocorreram no Estado de São Paulo, de acordo com pesquisa realizada pelo Instituto Geológico (2012).

Segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2012), inundações e enchentes são observadas em todas as mesorregiões do estado de São Paulo no período que compreende 1991 e 2010. Ao total 452 municípios apresentaram registros oficiais de inundação brusca e 104 de inundações graduais.

Como pode ser observado na Figura 2, em algumas mesorregiões os eventos são mais recorrentes como Mesorregião do Litoral Sul Paulista, Mesorregião de Araçatuba, Mesorregião de Campinas e Mesorregião de São Paulo.

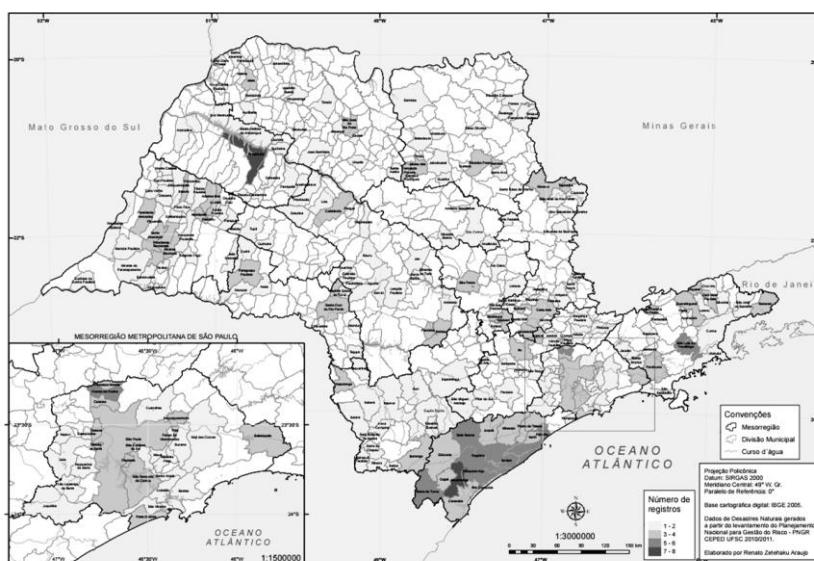


Figura 2: Desastres causados por enchentes no estado de São Paulo no período de 1991 a 2010. Fonte: Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010

Quanto aos impactos econômicos dos desastres naturais causados no Brasil, este ocupa a sétima posição no ranking da OFDA/CRED, arcando com o prejuízo de US\$ 1bilhão no ano de 2008 (Instituto Geológico, 2012).

Em 2008, o relatório anual de estatísticas de desastres da OFDA/CRED aponta o Brasil em 10º lugar entre os países com maior número de vítimas

relacionados a desastres naturais no mundo. (OFDA/CRED, 2009, apud Instituto Geológico, 2012). A tabela 1 exibe uma série histórica de desastres desencadeados por enchentes e inundações no Brasil, no período de 1940 até 2008.

Tabela 1: Inundações e enchentes no Brasil, 1940 a 2008.

Período	Nº de Eventos	Nº de Mortes	Nº de afetados diretos
2000 - 2008	27	776	2.466.592
1990 - 1999	20	386	317.793
1980 - 1989	23	1598	8.789.613
1970 - 1979	11	1142	2.902.371
1960 - 1969	13	1818	825.986
1950 - 1959	2	212	
1940 - 1949	1	200	

Fonte: Ministério das cidades/IPT, 2007.

Entretanto, como ressaltado por Marcelino *et al* (2006), no que concerne aos dados normalmente publicados pelos bancos de dados sobre desastres naturais como EM-DAT e Defesa Civil, os desastres devem forçar os municípios a decretarem Situação de Emergência (SE) ou de Estado de Calamidade Pública (ECP), caso contrário dificilmente contabilizarão nas estatísticas, ainda que hajam muitos afetados, ou até mesmo mortes, dificilmente contabilizarão nestes bancos de dados

Conforme Castro (2003), a SE é uma situação anormal provocada por desastre, dando origem a prejuízos vultosos (10% a 30% do PIB-Municipal) e causando danos suportáveis ou superáveis pela comunidade afetada (Desastre Nível III). Já o ECP é uma situação anormal provocada por desastre, dando origem a prejuízos muito vultosos (>30% do PIB-Municipal) e causando danos dificilmente suportáveis ou superáveis sem ajuda externa (Desastre Nível IV). (MARCELINO *et al.*, 2006)

3.2 Bacia hidrográfica e impactos da urbanização

A história da sedentarização do homem está diretamente ligada a ocupação da margem dos rios, devido à necessidade de água para sobrevivência das comunidades nômades e, em segunda instância, por conta da fertilidade dos solos

nas margens dos rios. Segundo Berraud (2005), a água, em especial os rios, possuíam um importante papel estratégico na defesa militar das cidades da Antiguidade até a Idade Média, devido à dificuldade em transpor cursos d'água de grande porte.

Ao longo da história do desenvolvimento das cidades as ocupações das margens dos cursos d'água foram incorporadas à dinâmica de desenvolvimento urbano e com isso os rios sofreram processos de retificação, canalização e perderam suas áreas de várzea. O processo de inundação das margens dos rios em períodos de chuvas faz parte da dinâmica natural do sistema hidrológico. Enchentes naturais de variadas proporções ocorrem muito antes da ocupação do leito maior dos rios. A ocupação da área de várzea afeta não só a dinâmica natural dos rios, mas também as populações que se estabelecem nestas áreas.

O problema das enchentes ganha novas dimensões a partir de meados do século XX, quando estes eventos passam a ocorrer em função da influência da intensa urbanização na drenagem urbana. Para tornar o espaço urbano mais funcional as cidades começaram a canalizar seus rios. Como aponta Tucci e Bertoni (2003), o problema das enchentes é agravado com a canalização e retinilização de córregos e rios urbanos. A Figura 3 demonstra os efeitos da retinilização e seus hidrogramas de enchentes, segundo as diferenças de hidrogramas a montante e a jusante em situações de pré-retinilização e pós-retinilização.

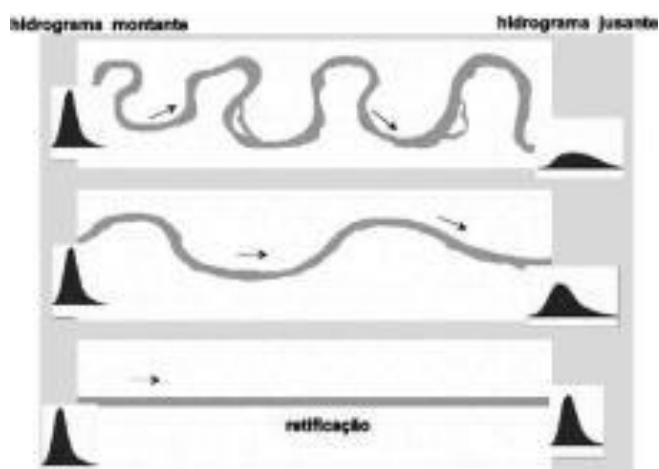


Figura 3: Diferenças no amortecimento do hidrograma de enchente
Fonte: SEMADS, 2001, in UFMH, 2008.

No Brasil, a situação não é diferente; já na década de 1960, a intensificação da urbanização provoca intensa alteração na cobertura vegetal, a impermeabilização da cobertura da terra altera significativamente os elementos do ciclo hidrológico natural.

Segundo Tucci (2001), a urbanização altera a produção de água em uma bacia hidrográfica, interferindo também no abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos, de modo que a humanidade se torna cada vez mais dependente do represamento de cursos d'água para abastecimento de água e energia para as cidades.

O modelo de ocupação desenvolvido no Brasil, que em linhas gerais não é muito diferente do observado na maioria dos países em desenvolvimento, é pautado no aproveitamento máximo do espaço urbano do ponto de vista comercial. Deste modo, não há destinação de espaços para reposição de águas subterrâneas nem manutenção de áreas permeáveis.

Sobre os problemas desencadeados pelo aumento da ocupação urbana, em termos gerais, verifica-se aumento das vazões máximas devido ao aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies à medida que a cidade se urbaniza. Ocorrem ainda aumentos de produção de resíduos sólidos, bem como de sedimentos, o último devido à desproteção das superfícies; e à deterioração da qualidade da água, devido à lavagem das ruas, ao transporte de material sólido e às ligações clandestinas de esgotos (TUCCI, 2006).

Desta forma, observou-se que as enchentes urbanas estão ligadas a diversos elementos relacionados ao estilo de vida urbano (impermeabilização da cobertura da terra, ocupação de áreas de várzea, descarte incorreto de resíduos sólidos, dentre outros) que alteram a dinâmica própria dos sistemas hídricos. Na figura 4 observa-se o impacto destes elementos no sistema de drenagem, aumentando de maneira significativa a vazão da drenagem urbana.

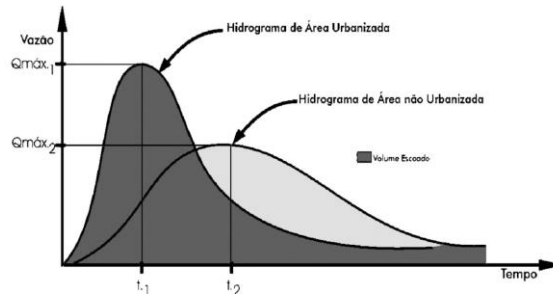


Figura 4: Hidrogramas de áreas urbanizadas e não urbanizadas
 Fonte: Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 2008.

Na Figura 5 são representados os estágios de evolução da drenagem urbana. No primeiro estágio, onde a urbanização é incipiente a vazão da drenagem é bem inferior em relação aos próximos estágios, onde a urbanização é intensa e a drenagem já passou por processos de canalização e as áreas de inundações são maiores. Urbanização e o aumento das canalizações implicam em maiores vazões iniciais de escoamento seguidas de queda abrupta na capacidade de drenagem da bacia, como pode ser observado no hidrograma da saída da bacia.

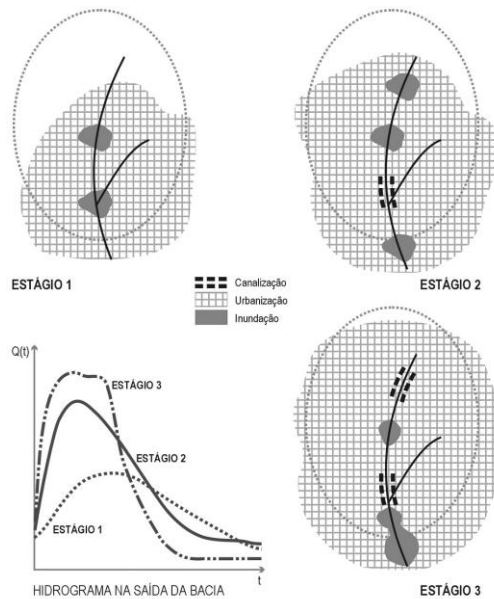


Figura 5: Típica evolução da drenagem
 Fonte: Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 2008.

A ocorrência de eventos de inundações e enchentes está condicionada por uma infinidade de fatores de ordem natural e antrópica. O estudo dos elementos condicionantes nos permite compreender as relações da dinâmica de escoamento superficial da água. O Ministério das Cidades/IPT, 2007 elenca os principais

elementos naturais e antrópicos responsáveis pela ocorrência de inundações e enchentes.

Dentre os elementos de cunho natural pode-se citar:

- A morfologia do relevo;
- Características da bacia e da rede de drenagem;
- Características pluviográficas (distribuição, quantidade e frequência);
- Propriedades do solo e seu teor de umidade;
- Configuração da cobertura do solo (tipologia da vegetação, afloramentos rochosos e etc.);

Quanto às características antrópicas destaca-se:

- Uso e ocupação da terra na bacia;
- Gerenciamento dos resíduos sólidos, principalmente descarte irregular próximo aos canais;
- Alterações nas características naturais da bacia e dos cursos hídricos (retificação, canalização, impermeabilização do solo e etc.);
- Erosão e assoreamento dos canais;

A relação entre os elementos acima expostos com regiões densamente ocupadas nas áreas de planícies de inundação pode resultar que, em um único evento de inundação, os impactos sejam catastróficos. Em situações de inundações e enchentes podem ocorrer efeitos diretos e indiretos. Os efeitos diretos estão relacionados às mortes e perdas de bens (moradias, carros, infraestrutura básica da área e demais danos materiais). Dos efeitos indiretos chama atenção principalmente a proliferação de doenças transmitidas pela água.

A gestão dos impactos associados aos desastres naturais merece especial atenção, pois apenas uma política sólida de ações bem estabelecidas pode diminuir os impactos destes eventos catastróficos.

Para Ahmad e Simonovic (2006), o gerenciamento de risco contempla etapas antes, durante e depois das inundações: planejamento, gerenciamento de emergência e recuperação após a inundação.

Os primeiros passos das medidas preventivas se iniciam antes das inundações, começando por determinar quais locais são suscetíveis a estes eventos. Assim, é possível determinar estas áreas como ambientes de risco e

impedir sua ocupação. Neste momento a fiscalização deve ocorrer pelos órgãos competentes, como a Defesa Civil (IPT, 2007).

O planejamento constitui um conjunto de medidas que preparar a comunidade para os eventos afim de se minimizar os impactos. Conforme Rotava (2014) fazem parte das ações de planejamento:

- Análise e comparação de medidas estruturais e não estruturais para redução dos impactos,

- Planejamento de sistemas de alerta;
- Construção de reservatórios;
- Simulação de futuras atividades de uso da terra;
- Planejamento urbano;
- Planos de contingenciamento e de evacuação.

Nesse sentido o gerenciamento de emergência visa ações durante o evento para mobilizar a sociedade em prol da segurança coletiva:

- Avaliação periódica da inundação;
- Controle das respostas reativas;
- Identificação de danos materiais;
- Evacuação;
- Ações humanitárias.

Após os eventos inicia-se início as etapas de recuperação, que consistem em medidas para a recuperação das atividades afetadas na região:

- Avaliação dos danos estruturais e não estruturais;
- Recuperação das propriedades afetadas;
- Análise dos impactos ambientais, econômicos e sócias;
- Planos de mitigação.

A legislação brasileira não permite a construção em áreas de planícies de inundação, pois são consideradas APPs, Áreas de Preservação Permanente, e estão sujeitas às inundações periodicamente, em função da dinâmica natural dos cursos hídricos. Caso seja identificada ocupação em áreas sujeitas às inundações onde não seja possível a devolução destas áreas ao leito natural do rio, deve-se criar um sistema de alerta e contingência, para que em casos de possível alagamento a população seja imediatamente avisada e evacuada em tempo hábil, Kobiyama et. al. (2006).

Ainda segundo Kobiyama et. al. (2006) a educação ambiental exerce um papel fundamental na mitigação dos impactos decorrentes destes eventos, pois através dela pode-se criar uma cultura onde diversos elementos ligados a causas antrópicas de desastres sejam evitados, como preservar áreas de infiltração de água e o descarte correto de resíduos sólidos que podem causar problemas no sistema de drenagem e na vazão dos rios. A educação ambiental também pode ajudar as populações atingidas como agirem em caso de inundações e enchentes. Durante esses eventos é desaconselhável, por exemplo, o deslocamento nas regiões alagadas. Deve-se também evitar qualquer tipo de contato com a água, seja contato corporal direto ou através do consumo de alimentos que entraram em contato com esta água.

É preciso considerar, sobretudo, que as ações relacionadas à gestão e gerenciamento de problemas de desastres naturais demandam intenso processo de planejamento ambiental e territorial.

3.2. Drenagem urbana

A história da drenagem urbana remonta a Antiguidade. Os primeiros registros de obras de drenagem datam de 450 a.C., quando várias civilizações já utilizavam o sistema de drenagem para irrigação e para recuperação de terrenos alvos de inundação destinados à construção (TUCCI *et al.* 1995).

No Brasil, destaca-se o ano 1910 com a obra do engenheiro sanitarista Saturnino de Brito, que projetou os primeiros canais de drenagem de terrenos alagados, perto do centro da cidade de Santos, projetados com o objetivo de drenar áreas alagadas no centro da cidade para evitar endemias (BURGER, 2008).

Ao longo do século XX, desenvolveram-se novas técnicas de engenharia, empregando novos materiais e técnicas de construção, em especial tubos de concretos. Em 1934 instituiu-se o Código das Águas, um marco no gerenciamento dos recursos hídricos em todo território nacional, cujas premissas ainda são utilizadas até hoje.

Neste trabalho, foi adotado o conceito de drenagem urbana estabelecida pelo DAEE/CETESB (1980), em que se define drenagem urbana como parte do conjunto de melhoramentos públicos existentes em uma área urbana, sejam redes

de água, de esgotos sanitários, de cabos elétricos e telefônicos, além da iluminação pública, pavimentação de ruas, guias e passeios, parques, áreas de recreação e lazer, entre outros (GALVÃO, 2010).

O crescimento sistemático das populações urbanas aumenta a demanda dos sistemas de saneamento. Paralelamente diversas situações são apresentadas, como a ineficiência dos Planos Diretores em delimitar as áreas de expansão urbana, evitando locais impróprios ou sujeitos a riscos. Conforme Carvalho e Braga (2003) a incapacidade das gestões públicas em coibir ocupações irregulares, com a multiplicação de loteamentos cada vez menores intensificam a intensa impermeabilização do solo urbano.

Esses fatores aumentam o escoamento superficial com redução do amortecimento das águas, o que ocasiona aumento nas vazões máximas e, por consequência, aumentam os riscos de desastres (BRITO, 2006).

Conforme Cruz *et al.* (2007), a gestão integrada da drenagem urbana ainda não é tratada com a devida importância pelos gestores públicos, em parte devido à falta de capacitação técnica dos gestores e em parte pela ausência de planejamento a longo prazo para o setor. Segundo o autor, historicamente no Brasil impera a cultura de transferência dos problemas de drenagem urbana para jusante, em especial os relacionados às inundações e enchentes.

A drenagem urbana integra um conjunto de sistemas de saneamento que devem trabalhar de forma integrada. Este sistema é composto por sistemas de: tratamento e abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo e drenagem de águas pluviais.

Os sistemas de drenagem urbana podem ser divididos entre sistemas de macro e micro drenagem. A macrodrenagem da área urbana corresponde à rede de drenagem natural, pré-existente à urbanização e é constituída por rios, córregos, lagos e planícies naturais de alagamentos, que estão localizados nos talwegues dos vales, e que podem receber obras que a modifiquem e que se complementam, como canalizações, barramentos, reservatórios de amortecimento de cheias, desassoreamento, dentre outros (INOUE *et al.* 2006). No funcionamento do sistema de macrodrenagem deve-se observar a existência de pontos de alagamentos que podem ocorrer por travessias subdimensionadas que impedem a vazão e dificultam o escoamento e pelo assoreamento devido ao carreamento de material de vias públicas, detritos, lixo e outros, além de processos erosivos em

áreas no entorno dos cursos d'água (TRAVASSOS, 2010). Esse processo interfere na topografia do manancial, promovendo o assoreamento e reduzindo a capacidade de comportar água (BORJA, 2005)

O bom funcionamento deste sistema está diretamente relacionado à segurança pública. Seu dimensionamento deve atender não apenas as características da população atual, mas serem projetadas para servirem à população por longos períodos, o que evidencia a necessidade do planejamento em longo prazo.

Se a área urbana não se desenvolver de forma coerente com essas condições de projeto das obras de drenagem urbana, são grandes os riscos de prejuízos materiais, e mesmo de perdas de vidas humanas. Neste sentido o Plano Diretor deve atuar regulando o espaço afim de não sobrecarregar os sistemas de infraestrutura urbano, como a drenagem urbana.

A ocupação das áreas de fundo de vale, próximas aos cursos d'água deve ser feita com muita atenção e com o devido projeto de drenagem bem dimensionado, pois a sociedade será onerada no futuro, por altos custos decorrentes de manutenção, correção e mitigação do sistema de drenagem inadequado (INOUYE *et al.* 2006).

Devido a densidade populacional os leitos dos cursos d'água se tonam ineficazes para o escoamento das águas pluviais, causando danos à população e ao meio ambiente.

O sistema de microdrenagem tem a função de captar as águas pluviais escoadas superficialmente através de estruturas como guia, sarjeta, boca de lobo, poços de visitas, tubulações de galerias, muro, escada hidráulica, conduto forçado e estação de bombeamento. (KAWATOKO, 2012). O objetivo é captar a água superficial e conduzi-la até o destino final na macrodrenagem dos rios, córregos e lagoas. Esse sistema deve ser projetado tendo em vista o tempo de retorno de 100 anos (CANHOLI, 2015). Seu bom funcionamento depende da execução das obras conforme o projeto, manutenção, limpeza e desobstrução das bocas de lobos e galerias antes dos períodos chuvosos.

3.3. Modelagem hidrológica e planejamento urbano

Segundo Tucci (1998), a modelagem hidrológica é uma ferramenta utilizada para identificar os processos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, por meio da equacionalização dos elementos atuantes, que permite simular representações do comportamento desta bacia. A modelagem hidrológica constitui uma importante ferramenta de aproximação da realidade, entretanto, é importante observar que a competência dos modelos está diretamente ligada à escolha de um método confiável e de uma sólida base de dados. Os modelos hidrológicos desenvolvidos nas últimas décadas baseiam-se em uma série de elementos do ciclo hidrológico, como a infiltração de água no solo (Horton, 1993), processo de evaporação (Pennan, 1948) e hidrograma unitário (Sherman, 1992).

Conforme Paiva (2009), estes modelos foram inicialmente aplicados em estudos de impacto de mudanças climáticas e de alteração no uso e ocupação da terra, para fins de gestão de recursos hídricos. O autor destaca os seguintes modelos hidrológicos: Hidrograma da *Soil Conservation Service* SCS (1986), SHE (ABBOTT *et al.* 1986), o modelo Sacramento, modelo *Tank Model*, Stanford, TOPMODEL (Beven, 1997), SWAT (SANTHI *et al.*, 2006), 27 DHSVM (WIGMOSTA *et al.*, 2002) entre outros; e modelos nacionais: SMAP (Lopes *et al.* 1981), CABC (FCTH, 1998) e IPH-II (Tucci, 2005), (PAIVA, 2009, p.6).

Neste estudo adotou-se o modelo IPHS 1 devido à sua capacidade de receber dados compatíveis com as características espaciais e temporais da bacia estudada. A escolha deste *software* também se deve a compatibilidade com o método de separação de escoamento Curva Número. De acordo com Tucci *et al.* (1989) este *software* determina hidrogramas pela combinação de diversos algoritmos elaborados para fins de estudos específicos em hidrologia, os módulos de entrada e de manipulação dos dados são construídos em função das melhores possibilidades de representação das reais características da bacia.

3.4. Resiliência urbana, Medidas estruturais e não estruturais

Conforme Reed (2013), o termo resiliência urbana tem sido amplamente utilizada nas pesquisas relacionadas a mudanças climáticas. De fato, como ressalta o autor, este conceito tem embasado os trabalhos visando soluções técnicas para

o problema de desastres em ambientes urbanos de diversos governos e de organizações supranacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU).

O termo resiliência tem origem na Teoria de Sistemas Ecológicos, que observa que os ecossistemas são sistemas adaptativos que possuem a capacidade de manter a preservação de seu funcionamento na presença de uma mudança imprevista (HOLLING, 1973).

O conceito sofreu uma gradual expansão e uma simplificação, tanto do seu significado como em sua aplicação, principalmente pela dificuldade em se operacionalizar a metáfora de resistência no contexto de cidades (CHELLERI, 2012). Muitas vezes resiliência de cidades é visto como o oposto a vulnerabilidade das cidades, entretanto esta ideia não abrange sua totalidade e complexidade do conceito.

A United Nations International Strategy for Disasters Reduction – UNISDR (2012), define resiliência como a habilidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a uma ameaça resistir, absorver, acomodar e se recuperar de seus efeitos. A eficiência ou eficácia da capacidade do sistema de restaurar sua estrutura e funcionalidade depende de suas características intrínsecas que podem ser incrementadas.

Resiliência urbana consiste na capacidade da cidade em se recuperar frente a uma grande variedade de circunstâncias (MULLER, 2007). Considerando um contexto urbano, em que inundações e enchentes afetam a dinâmica de funcionamento das cidades, causando mortes, propagação de doenças, dificuldades de locomoção e paralisação de serviços essenciais, dentre outros problemas, a resiliência consiste no investimento do aumento da habilidade geral da cidade para suportar estes impactos, resguardar sua população, manter a economia saudável e as funções urbanas em sua normalidade (ROTAVA, 2014).

Chelleri (2015), chama a atenção para a possibilidade de incremento da resiliência das cidades para a redução da vulnerabilidade das populações.

Neste sentido De Bruijn (2004), entende que existem dois tipos de estratégias para lidar com a questão das inundações em ambientes urbanos: a estratégia resistente foca em prevenir a inundação, enquanto que a estratégia resiliente consiste em minimizar e aperfeiçoar a recuperação dos impactos.

Segundo Rotava (2014), usualmente o gerenciamento de risco de inundação é focado na prevenção das inundações, direcionando esforços em

determinar a probabilidade de descarga e construir estruturas de defesa. Entretanto, o risco de inundação consiste de dois elementos: ameaça na forma dos picos de descarga, e nas consequências que resultam nos danos e problemas sociais. As estratégias tradicionais focadas apenas na prevenção de inundação, podem ser consideradas como resistentes.

Por outro lado, estratégias resilientes focam em lidar com as inundações ao invés de prevenir sua ocorrência, assim minimizar seus impactos. Esta abordagem visa diminuir os custos de uma inundação, ao invés de diminuir a inundação (DE BRUIJN, 2004).

As estratégias para construção de um ambiente resiliente envolvem uma série de medidas adaptativas que por vezes são de difícil implementação. Estas medidas podem ser divididas entre estruturais e não estruturais.

Os problemas de drenagem urbana sempre estiveram relacionados a medidas estruturais, como obras de intervenção de pequeno, médio e grande porte. Estas obras normalmente demandam alto emprego tecnológico e capital, inviabilizando sua aplicação em algumas áreas.

Dentre as soluções estruturais, Tucci (1993), determina dois tipos de medidas:

- As medidas extensivas atuam na bacia modificando a relação entre precipitação e vazão, através de alteração na cobertura do solo, retardando os picos de enchentes e controlando a erosão da bacia (COLOMBO, 2002).
- As medidas intensivas agem acelerando ou retardando a velocidade do escoamento dos rios, por meio de retificação ou canalização, (TUCCI, 1993).

Medidas não estruturais são aquelas que atuam no âmbito institucional e que visam atenuar os efeitos das enchentes. Segundo Kawatoko (2012), medidas não estruturais são frequentemente aplicadas associadas às ações paliativas, pois não fornecem uma proteção completa contra o problema das enchentes; as medidas não estruturais devem ser conciliadas com intervenções estruturais para minimizar significativamente os impactos destes eventos.

Segundo Colombo (2002), as medidas não estruturais partem do princípio em que não é possível a solução integral dos problemas das enchentes ou de devolução do leito de inundação maior. Portanto, estas medidas atuam no controle de riscos e minimização de perdas provocadas por estes eventos, disciplinando o uso e ocupação da terra. Conforme Decina e Brandão (2016), estas medidas

possuem fundamentalmente caráter preventivo, aplicável à áreas em processo de urbanização ou de reurbanização e tem importância fundamental para que um fenômeno natural não se transforme em tragédia.

No quadro 1 são elencadas as principais medidas estruturais empregadas em sistemas de drenagem, bem como medidas de ordem não estrutural que podem se consolidar como uma alternativa viável à intervenção direta nos sistemas de drenagem.

Quadro 1: Medidas para Gestão de Drenagem Urbana

MEDIDAS ESTRUTURAIS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Ampliação, modificação, retificação, revestimento, canalização dos cursos d'água naturais ou execução de galerias.	Reserva de área para lazer e atividades compatíveis para os espaços abertos, margens e entorno de lagos e rios
Armazenamento ou desvio das águas a montante da região sujeita a inundações	Controle do uso da terra fora da área de inundação
Diques e muros de contenção	Securitização da área de risco de inundação
Construção e alterações em pontes e travessias	Estruturas a prova de inundação e restrições de aproveitamento
Bacias de retenção e de amortecimento	Sistema de Previsão, antecipação e alerta
Bacias de sedimentação, decantação, retenção de resíduos	Tratamento das populações em encostas e áreas baixas
Áreas de depuração <i>in situ</i>	Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem
Parques lineares	Programa de ação emergencial
Permeabilização artificial do solo	Manual de Drenagem e de gestão da drenagem
Realocação e demolição de estruturas	Educação Ambiental
Detenção em lotes, quadras, empreendimentos, jardins de chuva, telhado verde...	Institucionalização da drenagem urbana como serviço do estado

Fonte: Adaptado de DAEE, 2010

Sob uma perspectiva não apenas estrutural, os autores Collischonn (2001), Tucci (2009), Porto (2009), e Canholi (2005), se destacam nos estudos de drenagem urbana. Dentre as possibilidades de otimização do sistema de

drenagem, Moraes (2011), destaca medidas que busquem incrementar o processo de infiltração, reter o escoamento em reservatórios, retardar o fluxo dos rios e reduzir os picos de vazão. Dentre as medidas não estruturais destaca-se a criação de áreas de infiltração como parques e jardins; recomenda-se também a destinação de uma percentagem dos loteamentos urbanos para a infiltração.

4. Caracterização da área de estudo

Americana (figura 6), está localizada na porção centro-leste do Estado de São Paulo, cujo ponto central está situado nas coordenadas geográficas 22°42'47''S de latitude e 47°15'02''W de longitude.

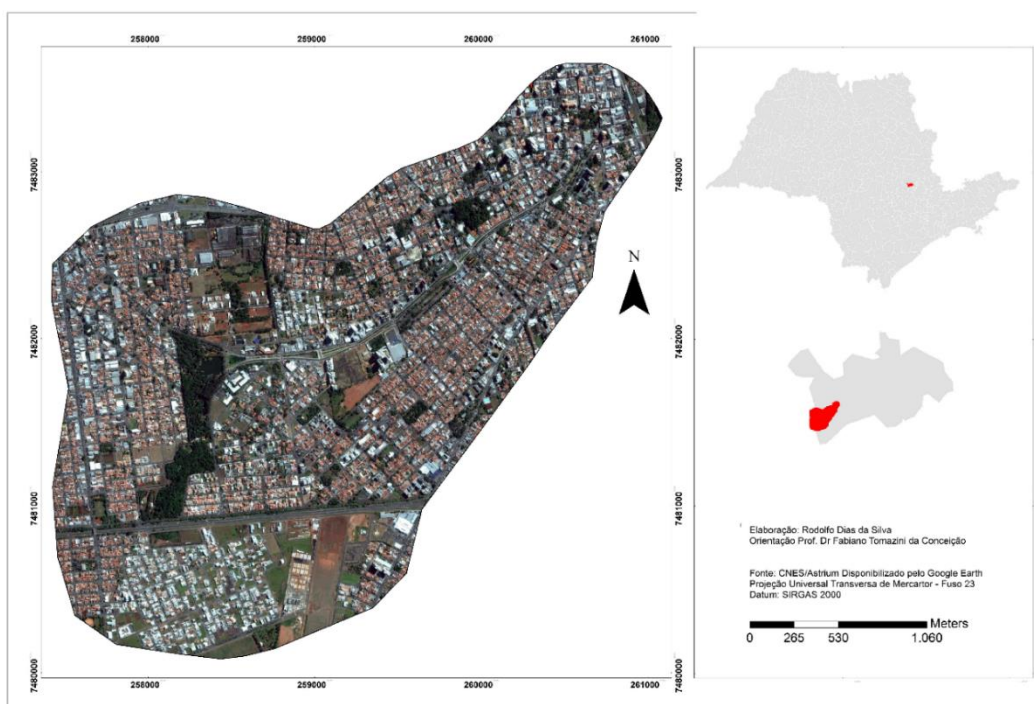


Figura 6:

Localização da Baía do Córrego Parque, área urbana de Americana (SP).

Fonte: Prefeitura municipal de Americana, adaptado pelo autor.

O município integra a Região Metropolitana de Campinas (RMC), faz divisa com o município de Limeira, ao Norte; Cosmópolis, a Nordeste; Santa Bárbara d'Oeste, a Oeste; Nova Odessa, ao Sul e Paulínia, a Leste. As principais vias de acesso ao município são as rodovias Anhanguera (SP-330) e Luiz de Queiroz (SP-304)

Segundo estimativas do IBGE (2015), o município de Americana hoje aproximadamente 229,323 mil habitantes. Faz parte da região metropolitana de Campinas, sendo a terceira cidade mais habitada da região metropolitana, com

uma extensão territorial de 133.912 km² e densidade demográfica de 1,71264 hab/km². Americana é a terceira mais populosa, perdendo apenas para Sumaré e Hortolândia.

Aproximadamente 92 Km² de seu território é ocupado pela mancha urbana e 32,3 Km² de área rural concentrada na região conhecida como pós-represa, 9,3 Km² são ocupados pela represa Salto Grande.

Este estudo dedica-se especificamente à bacia hidrográfica do Córrego do Parque, afluente do Ribeirão Quilombo, que pertence à bacia hidrográfica do rio Piracicaba, à Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI) e à Diretoria de Bacia do Médio Tiete (BMT) do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE-SP).

A bacia está localizada na porção sudoeste do município, e se estende por uma área de aproximadamente 7,52 Km²; seu eixo principal de drenagem corre no sentido sudoeste-nordeste, ao longo de um canal de 3,781 Km, onde se localizam os maiores adensamentos urbanos de Americana e onde também começaram os primeiros núcleos de povoamento do município.

A bacia do Córrego do Parque possui duas nascentes que deságuam em um lago artificial localizado dentro do parque ecológico do município. Devido às obras de retilinização e canalização (figura 7) iniciadas no final da década de 1950 e findadas em meados da década de 1970 o córrego do parque sofreu bruscas mudanças de sentido.



Figura 7: Obras de canalização do Córrego Parque, Americana (SP).

Fonte: Acervo Prefeitura municipal de Americana.

Em 2011 a gestão municipal implementou uma nova obra de recanalização e revitalização no Córrego do Parque com o objetivo de conter as inundações e

enchentes (figura 8). Nessa obra todo o material do canal foi mudado, o gabião foi trocado por concreto, em alguns trechos o canal foi aprofundado e em alguns trechos o canal se tornou mais estreito para dar lugar a calçadas laterais.



Figura 8: Obras de recanalização do Córrego Parque, Americana (SP), 2011.
Fonte: Jornal O Liberal, 2011.

As obras, entretanto, não conseguiram conter as inundações e logo nos primeiros episódios de chuva continua. Em 5 de dezembro de 2011 um jovem morreu após cair em uma cratera aberta na Avenida Brasil, avenida que margeia o Córrego do Parque, pela força da enxurrada (figura 9).



Figura 9: Acidente fatal após as obras de recanalização do Córrego Parque, Americana (SP), 2011.
Fonte: EPTV Campinas, 2011.

Em 25 de março de 2013, logo após o termino das obras no Córrego, parte das obras cederam (figura 10).



Figura 10: Resultado das chuvas de 25 de março de 2013 nas obras de recanalização do Córrego Parque, Americana (SP), 2011.
Fonte: Jornal O Liberal, 2011.

4.1. Caracterização da área de estudo

Conforme Lima (1997), a cidade de Americana está localizada geologicamente na borda da Bacia Sedimentar do Paraná, dentro da Depressão Periférica do Estado de São Paulo. As tipologias litológicas observadas são principalmente do Subgrupo Itararé (permo-carbonífero), depósitos cenozoicos e diabásios mesozoicos.

Conforme Souza Filho (1986) os tipos litológicos oriundos do Permo-Carbonífero (conforme mapeamento do Instituto Geológico, 1995) são:

- Lamitos com seixos (Ils): composta de lamitos, com granulação de 50 - 75% de argila e silte e 25 - 50% de areia com granulometria fina a grossa. Apresenta também arenitos pelíticos, com 25 - 50% de argila e silte e 50 - 75% de areia, ambos maciços, contendo grânulos e seixos esparsos, alguns blocos e matações, este último raro.

- Ritmitos e arenitos finos (Ira): está estratigraficamente situada acima dos lamitos e abaixo dos arenitos. É composta pelas seguintes fácies:

A – Pacotes métricos de ritmitos, intercalados por argilitos e arenitos muito finos;

B – Arenitos argilosos, micáceos e maciços, em camadas centimétricas;

C – Argilitos laminados, em camadas decimétricas a métricas;

D – Arenitos muito finos, com laminação pararela;

E – Argilitos e siltitos, com laminação incipiente;

F – Ocasionais e raros limitos, com grânulos e seixos esparsos.

- Arenitos finos laminados (laf): formada por arenitos finos silto-argilosos, de coloração esbranquiçada a bege, com variadas laminações: ondulada, acanalada, plano paralela ou cruzada de baixo ângulo, climbing ripple e hummocky.

- Arenitos médios a grossos (lam): composta por arenitos com granulometria de média a grossa, bem selecionados, subarcoseanos, com estratificação cruzada de médio a grande porte e plano paralelo.

Segundo Araújo (1999), as intrusões (sills ou diques) são oriundas do magmatismo Serra Geral, comumente diabásicas, possuem corpos alongados e recobrem uma parte significativa da área urbana, grande parte dessas formações aparecem na forma de soleira dos principais rios da região. Em superfície, produzem solos com coloração vermelha escura, o que indica um alto teor de ferro e argila (FERNANDES E FERREIRA, 1994).

Os depósitos cenozoicos são de grandes extensões constituídos por areias, cascalho, silte, argila e, localmente, turfa, correlacionados à Formação Rio Claro (Landim & Soares 1979), recobrem as unidades geológicas citadas anteriormente.

Para Araújo (1999), os depósitos Cenozoicos são subdivididos em duas unidades. A primeira, mais antiga, é caracterizada por depósitos fluviais do tipo meandrante, enquanto a segunda corresponde a depósitos coluvionares que as recobrem.

Ávilla (2008), destaca a importância dos depósitos, oriundos do quaternário que estão relacionados a drenagem recente. O IG-SMA (1995), divide estes depósitos em dois grupos:

- Coberturas Cenozoicas de Topo e Meia Encosta:

- Siltitos Laminados, Argilitos e Arenitos Grossos (Csl): depósitos de planície de inundação, com lagoas formadas em meandros abandonados, depósitos de canais com idade Plio-Pleistocena;

- Lamitos e Arenitos Pelíticos (Cla): superior ao Subgrupo Itararé, cujo contato é marcado por um pavimento de clastos, formado por seixos de quartzo arredondados até angulosos, arenitos grossos, conglomerados ferruginosos e siltitos laminados e ferruginosos.

- Coberturas Arenosas (Cca) e Aluviões (Ca):

- As coberturas arenosas são constituídas por arenitos médios a grossos e em menor quantidade por arenitos finos, com estratificação plano-paralela, cruzada e cascalheiras, ocupando pedimentos e terraços antigos do Rio Piracicaba.

- Os depósitos aluvionares correspondem a areias finas até grossas, sedimentos silto-argilosos, com lentes de areia fina a muito fina, argilas siltes, geralmente associados à planície aluvial do Ribeirão Quilombo.

Apesar da relativa pequena extensão territorial Americana possui uma grande diversidade no material que cobre sua superfície. O IG-SMA (1995), mapeou 16 unidades de materiais inconsolidados na porção média da bacia do Rio Piracicaba, dos quais 9 são observados no município de Americana (tabela 2).

Tabela 2: Unidade dos materiais inconsolidados do município de Americana, SP

Unidade	Solo Superficial - SS	Relevo Associado	Litologia - L
	Solo Residual - SR		Espessura - E
	Saprolito - SP		Solo - S
I	SS - textura argilosa a arenosa SR - textura argilosa SP - textura argilosa	Colinas Amplas, Amplas e Médias Amplas com topo horizontalizados, Médias e Pequenas, Pequenas.	L: Diabásio E: 2 a 5m. S: Latossolo Húmico, vermelho escuro e roxo.
II	SS - textura areno-argilosa SR - textura areno-argilosa SP - textura areno-argilosa	Colinas Amplas, Amplas e Médias Amplas com topo horizontalizados.	L: Lamitos (Itararé e Cenozóico) E: 5 a 10m e >10m S: Latossolo roxo, vermelho escuro, húmico, vermelho amarelo, podzólico vermelho amarelo.
III	SS - textura areno-argilosa SR - textura argilosa SP - textura silto-argilosa	Colinas Amplas, Amplas e Médias Amplas com topo horizontalizados.	L: Argilitos, siltitos e arenito cenozóicos E: 5 a 10m e >10m S: Latossolo vermelho amarelo, vermelho escuro, húmico e podzólico vermelho amarelo.
IV	SS - textura areno-argilosa SR - textura areno-argilosa SP - textura areno-argilosa	Colinas Amplas, Amplas e Médias Amplas com topo horizontalizados.	L: Arenitos (Itararé e Cenozóico) E: 10m e >10m S: Podzólico vermelho amarelo, latossolo vermelho amarelo, vermelho escuro, húmico e roxo.
V	SS - não observado SR - textura areno-argilosa SP - textura argilosa pouco arenosa	Colinas Amplas, Amplas e Médias.	L: Ritmitos (Itararé) E: 0 a 2m e 2 a 5m S: Podzólico vermelho amarelo, latossolo vermelho escuro e vermelho amarelo.
VI	SS - não observado SR - não observado SP - textura arenosa	Colinas Médias e Amplas e Médias.	L: Arenitos (Itararé) E: 5 a 10m S: Podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho amarelo.
VII	SS - textura areno-argilosa SR - textura areno-argilosa SP - textura arenosa	Colinas Médias e Pequenas e Pequenas.	L: Arenitos (Itararé) E: 0 a 2m e 5 a 10m S: Podzólico vermelho amarelo e latossolo vermelho escuro, vermelho amarelo e roxo, cambissolo e litólico.
VIII	SS - textura arenosa a argilosa SR - textura areno-argilosa a argilosa SP - textura areno-argilosa a argilosa	Colinas Médias e Pequenas, Médias e Pequenas.	L: Lamitos (Itararé e Cenozóico) E: 0 a 2m S: Podzólico vermelho amarelo, latossolo vermelho amarelo, cambissolo e litólico.
IX	Nível T1 - areias finas a argilosa Nível T2 - areias finas a argilosa Nível T3 - areais médias a grossas	Planícies Fluviais	L: Aluvião E: 0 a 2m, 2 a 5m e 5 a 10m S: Hidromórfico

Fonte: ARAÚJO, 1999, modificado de IG-SMA, 1995.

Segundo mapeamento elaborado pelo IAC (1977), o município apresenta manchas de Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo, Latossolo Vermelho Amarelo Húmico, Argissolo Vermelho Amarelo, Nitossolo, Neossolo Litólico e Gleissolos.

A bacia do Córrego do Parque é recoberta em sua maior parte por solos denominados Terra Roxa Estruturada ou Nitossolo; são solos espessos, barrentos a argilosos em superfície e argilosos a muito argilosos nas camadas subsuperficiais e ocorrem em relevo suave ondulado a ondulado, (MEDEIROS, 2003).

Este tipo de solo comumente apresenta horizonte B textural, com estrutura em blocos e brilho ceroso; por vezes não há grandes diferenças texturais entre os horizontes A e B. Conforme Laranjeira (2003), a textura varia de argilosa a muito argilosa e são bastante porosos. Devido a todas essas características esses solos apresentam de médio a elevado potencial agrícola (OLIVEIRA 1999).

Defontaines (1935), divide a Depressão Periférica em três zonas, Zona do Médio Tiete, Zona do Mogi-Guaçu e Zona do Paranapanema. Americana está localizada na Zona do Médio Tietê, na Depressão Periférica Paulista, para Laranjeira (2003). Conforme Almeida (1964), esta região apresenta topografia suave, predominando colinas amplas e médias, separadas por vales “jovens” sem planícies aluviais importantes. O relevo também é composto, em menor proporção, por planícies fluviais, que são desenvolvidas ao longo dos canais de drenagem mais significativos. São caracterizadas por apresentar pouca variação topográfica, condicionada a processos acumulativos e associando-se a agentes transportadores de materiais dendríticos (LIMA, 1997). Em algumas áreas são encontrados relevos de Morrotes Alongados e Espigões (IPT, 1981)

Para Penteado (1975), estas formas de relevo correspondem a superfície Rio Claro que provavelmente se refere à Formação Rio Claro (BJORNBERG e LANDIM, 1966), ou ainda, à frente de dissecação da superfície de aplainamento neogênica regional (Pdi) (BIGARELLA *et al.*, 1965).

O Instituto Geológico (1995) identifica oito feições de relevo no município de Americana: Colinas Amplas (Ca), Colinas Amplas com topos horizontalizados (Cath), Colinas Médias (Cm), Colinas Médias e Pequenas (Cmp), Colinas Pequenas (Cp), Rampas Pedimentares (P), Depósitos Coluviais, Planícies Colúvio Aluviais e Planícies Fluviais.

Para Laranjeira (2003), as feições de maior representatividade são as colinas amplas e colinas médias amplas. Conforme ressaltado pelo autor o mapeamento realizado por IG-SMA (1995), possui um maior detalhamento das unidades geomorfológicas da região do município de Americana em relação ao mapeamento elaborado por Ponçano *et al.* (1981), como pode ser observado no quadro (2) organizado por Laranjeiras (2003).

Quadro 2: Unidades de relevo mapeadas no município de Americana.

PONÇANO <i>et al.</i> (1981)	IG – SMA (1995)
Morrotes Alongados Paralelos	Morros e Morrotes (MMT) Colinas e Morrotes (CMT)
Colinas Amplas	Colinas Amplas (Ca) Colinas Amplas e Subhorizontalizadas (Cath) Colinas Amplas e Médias (Cam)
Colinas Médias	Colinas Médias e Amplas (Cma) Colinas Médias (Cm) Colinas Médias e Pequenas (Cmp) Colinas Pequenas (Cp)
Planícies Aluviais	Rampas Pedimentares (P) Planícies Fluviais de Inundação Terraços

Fonte: Laranjeiras, 2003.

No que concerne ao clima do Estado de São Paulo, este é caracterizado pelo tipo climático Cwa (classificação Köppen), correspondendo, portanto, a um clima tropical úmido, de acordo com os estudos desenvolvidos por José Setzer, (Ab'Saber, 1956). Em 1973, Monteiro caracteriza o clima da região como sendo de precipitação moderada, sob a influência das correntes de circulação: tropical atlântica, tropicais continentais e polares atlânticas.

Monteiro (1976) também destaca a influência das correntes extratropicais advindas do Sul no clima do estado de São Paulo, em que mecanismos frontais estabilizadores e produtores de chuvas, e as anticlonais polares (50 a 25%) alternam-se com as correntes tropicais marítimas (50 a 25%). Associadas às correntes frontais, estas características respondem pelos aquecimentos pré-frontais altamente instabilizadores e agravantes da descarga pluvial.

Dentre as pesquisas de clima sobre a caracterização da região, destacam-se os estudos realizados por Tavares (1974), que identificou o sistema Frontal Polar como de participação importante na gênese das precipitações na região de Campinas (RMC). Entre os episódios mais intensos ocorridos nos municípios da RMC, entre as décadas de 1960 e 1990, a maior parte está associada à passagem

de frentes frias no verão. Também sob o domínio do sistema Tropical Atlântico acontece chuvas localizadas e de grande intensidade.

De acordo com o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura, CEPAGRI (2011), Americana apresenta invernos secos e amenos e verões chuvosos quando as temperaturas são moderadamente altas. De acordo com os dados levantados (tabela 3), o mês mais quente do ano no município é fevereiro, com temperatura média de 24,6°C, a média máxima de 30,3°C e a mínima de 19,0°C. E o mês mais frio, julho, com média de 18,0°C, sendo 25,2°C e 10,9°C a média máxima e mínima, respectivamente. Outono e primavera são considerados como estações de transição, não apresentando variações abruptas.

Tabela 3: Temperatura do Ar em °C.

TEMPERATURA DO AR (C)			
	Mínima média	Máxima média	Média
JAN	18.8	30.2	24.5
FEV	19.0	30.3	24.6
MAR	18.3	29.9	24.1
ABR	15.6	28.1	21.9
MAI	12.9	26.1	19.5
JUN	11.4	25.0	18.2
JUL	10.9	25.2	18.0
AGO	12.2	27.3	19.8
SET	14.2	28.3	21.2
OUT	15.9	28.9	22.4
NOV	16.8	29.4	23.1
DEZ	18.1	29.4	23.8

Fonte: CPTEC, INPE, 2013

Quanto à distribuição das chuvas no município de Americana, nos meses próximos ao verão, entre dezembro e fevereiro, as alturas mensais de precipitação passam dos 180 mm por mês. Os meses mais secos concentram-se entre junho e agosto quando a precipitação no mês não passa de 45 mm. As somas das alturas mensais de precipitação atribuem um valor superior a 1200 mm de chuva ao ano, de acordo com a série histórica de 1936 a 2015.

A partir dos dados do posto pluviométrico D4-0004, obteve-se dados de alturas mensais de precipitação. As alturas mensais de precipitação, em mm, se encontram na tabela 4 e o gráfico de precipitação média mensal na figura 11, assim determinou-se a caracterização da distribuição das chuvas no município de Americana no período de 79 anos.

Tabela 4: Alturas mensais de precipitação (mm) para o período de 1936 a 2015.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
237,8	187,7	145,0	63,8	59,7	43,8	28,3	27,9	57,4	119,0	138,0	188,6

Fonte: Estação DAEE D4-0004 (Americana), prefixo ANA 02247037 e Estação Bayer - Unicamp (Paulínia) de 2003 a 2015.

Organizado pelo autor.

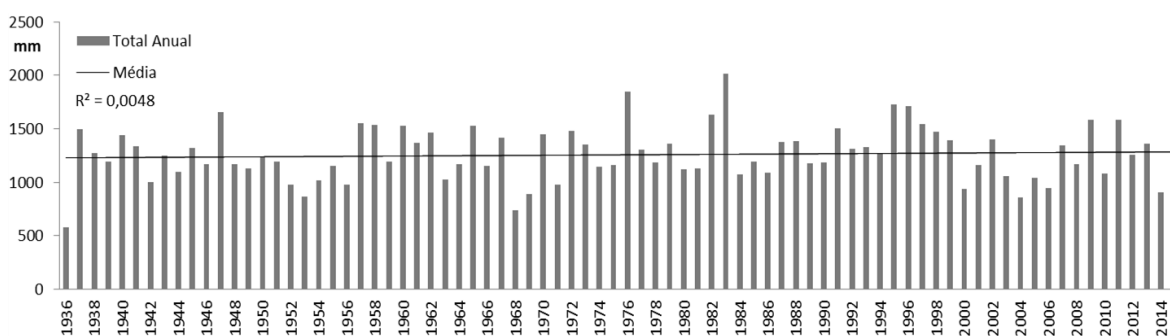


Figura 11: Alturas mensais de precipitação (mm) para o período de 1936 a 2015.

Fonte: Estação DAEE D4-0004 (Americana), prefixo ANA 02247037 e Estação Bayer - Unicamp (Paulínia) de 2003 a 2015.

Organizado pelo autor.

Analisando os dados das alturas médias mensais de precipitação da série histórica, em Americana os meses que apresentam mais chuva estão concentrados entre dezembro e fevereiro, quando as alturas ultrapassam os 185 mm. Este período demanda especial atenção, pois são nestes meses onde se encontra a maior probabilidade de ocorrência de eventos de inundações e enchentes.

4.2 Desenvolvimento urbano de Americana, SP

No ano de 1885 foi inaugurada, a aproximadamente 10 km do núcleo urbano de Santa Barbara (e a margem direita do Ribeirão Quilombo), a estação ferroviária do município, que impulsionou o crescimento da região. A construção da Estação Ferroviária de Santa Bárbara do Oeste também contribuiu para a chegada de imigrantes, em especial estadunidenses fugindo da Guerra da Secessão e em

busca de novas terras para a produção de algodão e que se estabeleceram nas proximidades da estação. Tal frequência de imigrantes norte-americanos à estação destacava-se pela sua linguagem, o que resultou na denominação de “Vila dos Americanos”, denominação bem aceita e oficializada em 1900 como Vila Americana (RODRIGUES, 1978) e posteriormente como Município de Americana.

No início da década de 1940 começou a se desenvolver fortemente no município a atividade industrial, principalmente atividades ligadas à produção têxtil, antes restrita a Fazenda Carioba (IAOCHITE, 2005). A tendência pela indústria têxtil em especial ocorreu em função do grande número de imigrantes norte-americanos estabelecidos no município, pois em grande parte estes já dominavam técnicas de manufatura têxtil e já vinham desenvolvendo a cultura de algodão no município, Medeiros (2002).

De acordo com Trentin (2008), em função de modificações nas importações advindas do primeiro pós-guerra, a produção nacional e o desenvolvimento industrial brasileiro foram favorecidos. Também se iniciou nesse período a fabricação de máquinas de teares nacionais, especialmente na cidade de São Paulo, conseqüentemente, a partir da década de 1940, se tornou muito fácil a aquisição de novos teares, dando início a um processo de fezonismo na cidade (LIMA, 2002).

Boa parte dos trabalhadores industriais começaram a mostrar interesse pelo trabalho em casa, iniciando um processo de aquisição de pequenas indústrias para montagem de pequenas produções dentro de suas próprias casas aproveitando as horas de folga e o auxílio da família para obter um complemento na renda (RODRIGUES, 1978).

Em meados do século XX, a fama de cidade industrial e próspera de Americana já havia se espalhado, o processo migratório mostrou-se um forte elemento de expansão demográfica no município. Destaca-se um grande aumento populacional na década de 60, quando a população da cidade quase duplicou. Os períodos que mais houve incrementos populacionais na área referem-se às décadas de 50, 60 e 70. (COSTA, 2005).

O pungente desenvolvimento experimentado por Americana somado a pressões demográficas impulsionou a urbanização e deu força para que a especulação imobiliária na cidade exercesse grande poder nos novos padrões de ocupação do território.

Devido ao padrão de ocupação radiocêntrico, tendo como núcleo a Estação Ferroviária, ocorreu a conexão dos dispersos núcleos de ocupação através de corredores viários, formados pelo que ainda hoje são as principais vias de conexão das áreas periféricas do município ao centro da cidade. Destacam-se: Avenida Pascoal Ardito; Avenida Campos Salles; Avenida Brasil; Avenida Cillos e a Rua Presidente Vargas, que margeia o Córrego do Parque.

Em 26 dezembro de 1968, o então prefeito João Baptista de Oliveira, aprovou a Lei 786, que dispunha sobre as normas urbanísticas e fazia o primeiro zoneamento urbano do município e tinha como base o Código Sanitário. Segundo esta lei, o território do município seria dividido em: zonas residenciais especiais, zonas residenciais restritas, zonas comerciais, zonas industriais e zonas industriais restritas. A nova legislação não previa questões relacionadas à delimitação de áreas de expansão urbana ou áreas de preservação ambiental, por outro lado, conforme ressaltado por Medeiros (2002), o descumprimento da lei de zoneamento municipal permitiu que a distribuição espacial dos estabelecimentos industriais ocorresse de forma difusa pelo município.

A tabela 5 representa o aumento do número de indústrias têxteis e de áreas correlatas no município ao longo das últimas décadas. Como observado, o aumento mais significativo ocorreu entre as décadas de 1970 e 1990.

Tabela 5: Indústrias Têxteis em Americana, SP (1940 a 2005)

Décadas	Antes de 1960	1960	1970	1980	1990	2000
Nº de Indústrias	21	116	238	362	582	653

Fonte: Pancher (2005)
Organizado pelo autor.

Todavia, conforme pontuado por Rolim (2013), a crise econômica desencadeada no início da década de 1990 levou o desaquecimento da indústria e da economia local devido à abertura do mercado interno para o capital externo e conseqüente, uma enxurrada de produtos estrangeiros a preços mais competitivos. Muitas empresas faliram e devido à grande dependência da indústria têxtil no município, o impacto da abertura do mercado interno em Americana foi bastante significativo. Atualmente, verifica-se um desaquecimento da indústria têxtil local e um grande conflito relacionado com a entrada de tecidos importados (TRENTIN, 2008).

Com a desaceleração da indústria têxtil local a cidade passou a receber diversas sedes de empresas multinacionais em busca da qualificação da mão de obra outrora gerada pela indústria têxtil local. Como alternativa ao crescimento econômico a cidade também se voltou para o setor de serviços, criando os elementos de construção do que é hoje um dos principais centros comerciais da região (SUGAHARA, 2001).

Através de mapeamentos da evolução da ocupação urbana no município, Pancher (2006), elaborou uma tabela (6) em que expressa em m² a área da expansão urbana até o ano de 2000. Nela observou-se que os maiores crescimentos da população ocorreram nas décadas de 1950 e 1970, momento em que a indústria têxtil apresentava grande desenvolvimento e demandava novas áreas para sua expansão.

Tabela 6: Ocupação urbana em Americana, SP (< 1940 a 2000)

Período	Área (m ²)
Antes de 1940	2.065.191,00
1940	698.368,80
1950	9.361.099,50
1960	4.437.597,90
1970	8.720.958,8
1980	5.656.235,20
1990	4.182.583,40
2000	3.391.650,10

Fonte: Pancher (2005)
Organizado pelo autor.

O crescimento demográfico de Americana (figura 12), apresenta vertiginoso crescimento ao longo do século XX. Entre as décadas de 1940 e 1960 especialmente, a população crescia a taxas bastante elevadas, desacelerando em 1965 e novamente em 1980.

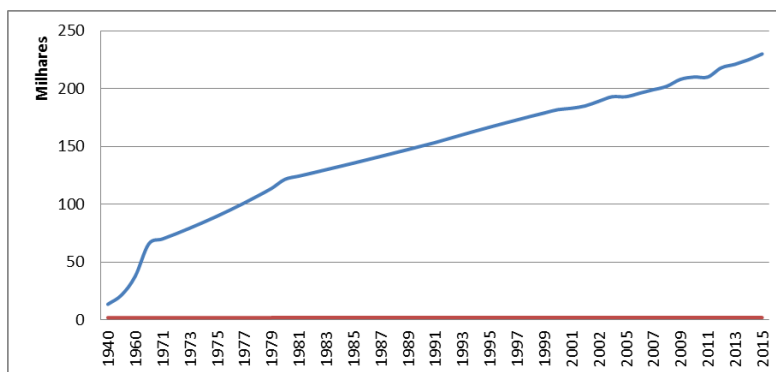


Figura 12: Crescimento demográfico de Americana, 1940 – 2015.

Fonte: Dados do SEADE, 2013. Organizado pelo autor

5. Materiais e métodos

Para cumprir os objetivos propostos no presente trabalho e faz-se necessário uma serie de materiais e métodos, aqui descritos. No primeiro plano são elencados os materiais utilizados e posteriormente os métodos adotados no mapeamento da área de estudo, na caracterização hidrológica dos solos, o método da *Soil Conservation Service* (SCS), o procedimento para obtenção da estimativa Curva-Número (CN) e em maior detalhe o método de modelagem adotado.

5.1. Materiais

Para identificar os movimentos de ocupação urbana foram mapeados os cenários de 1962, 1977, 1996, 2008 e 2016. Para elaborar estes mapeamentos foram utilizados os seguintes materiais (entre *softwares* e base de dados):

- *Softwares*;
 - ArcGis 10.2;
 - AutocadMap 2014;
 - IPHS1;
- Sistema de Posicionamento Global – GPS;
- Planta Cadastral Digital Geral do município de Americana/SP (2004), elaborada pelo setor de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal;
- Mapa Temático da Expansão Urbana de Americana, no período de 1940 a 2000, (2004), elaborada pelo setor de Geoprocessamento da Prefeitura Municipal;
- Cartas Topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico-IGC, primeira edição de 1979. Escala 1:10.000, projeção UTM, Datum Horizontal: Córrego Alegre (MG);
- Imagens aerofotogramétricas - aerolevantamentos de 1962, 1977, 1996 e 2008;
- Imagens do sistema de satélites Rapideye de 2014 com resolução espacial de 5 metros. As imagens Rapideye possuem Datum Horizontal WGS84;

5.2. Mapeamento de uso e ocupação da terra

O mapeamento de uso e ocupação da terra é um importante elemento de análise das condições de urbanização e da evolução da ocupação da terra, estes por sua vez são imprescindíveis no estudo da drenagem urbana.

Para elaboração dos mapas temáticos de uso e ocupação da terra foram utilizados aerofotogramas dos anos de 1962, 1977, 1996 e 2008. O aerofotograma de 1962 foi obtido através do Instituto Agrônomo de Campinas e os demais junto à prefeitura municipal de Americana e já estavam em formato digital. Para o mapeamento de 2016 utilizou-se imagens rapideye que foram obtidas por meio da plataforma digital do Ministério do Meio ambiente. As referências das imagens são respectivamente 2328605 e 2328604, ambas de 26 de março de 2014, com resolução espacial de 5 metros e 5 bandas espectrais (quadro 3).

Quadro 3: Resolução espectral, espacial, radiométrica e temporal das Imagens do Rapideye.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica	Faixa Imageada
Reis (Rapideye Earth Imaging System)	Azul	440-510 nm	6,5 m (nadir) e 5 m ortoimagens	24 horas (off-nadir) e 5,5 dias (nadir)	12 bits	77,25 km
	Verde	520-590 nm				
	Vermelho	630-690 nm				
	Red-edge	690-730 nm				
	Infrared prox	760-880 nm				

Fonte: FELIX, KAZMIERCZAK e ESPINDOLA (2009), organizado pelo autor.

As imagens rapideye são disponibilizadas em formato Geotiff com as coordenadas em Datum Horizontal WGS84.

Após georreferenciamento de todo material com base nas cartas topográficas do IGC (projeção UTM, Datum Horizontal: Córrego Alegre, MG), foi necessária sua conversão para o sistema SIRGAS 2000.


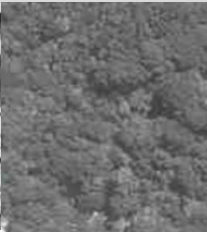
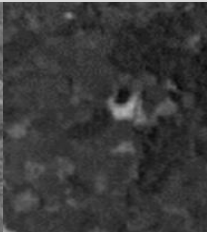


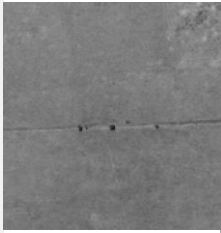






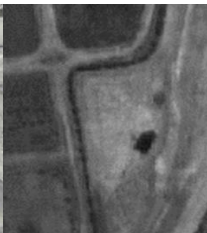











A escala afixada de mapeamento foi de 1:5000 devido a qualidade dos aerofotogramas e de imagens orbitais e em função do detalhamento das feições em áreas urbanas, optou-se pela classificação manual das imagens aerofotogramétricas.

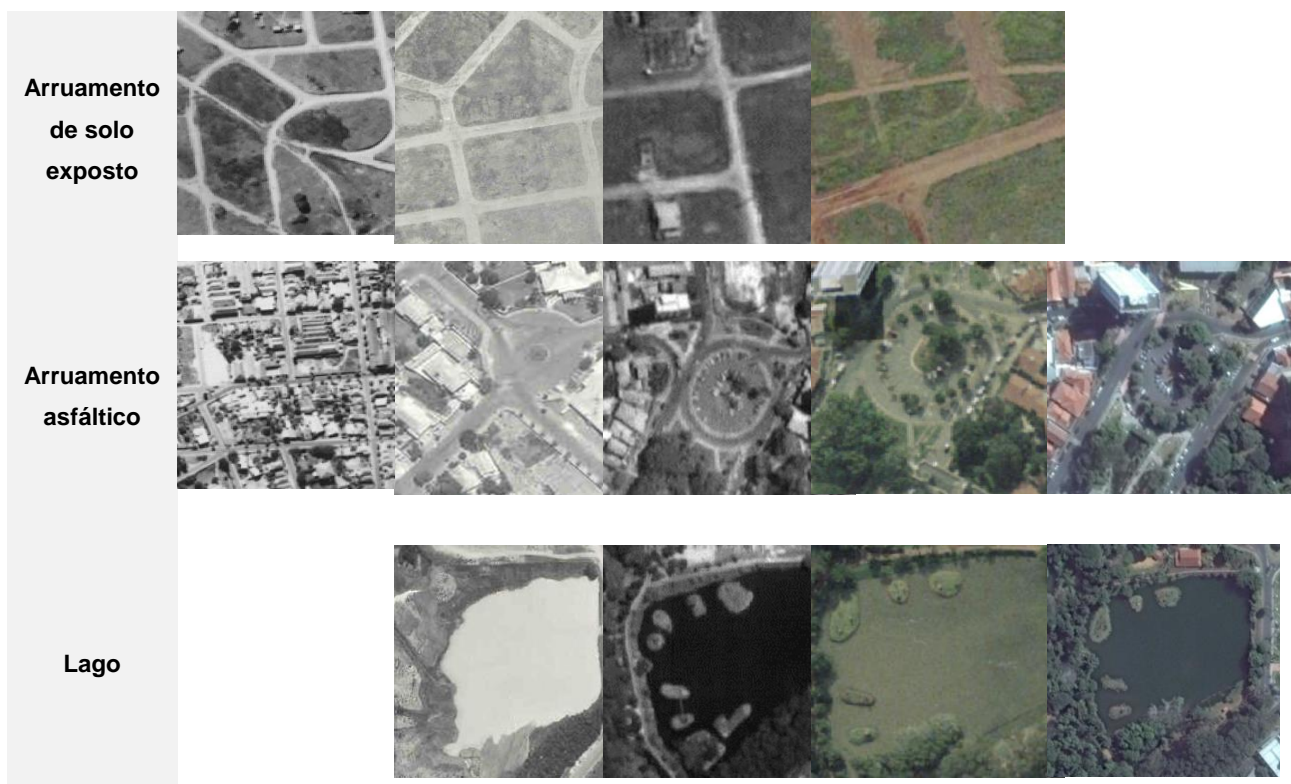
A base cartográfica utilizada como apoio para o mapeamento consiste nas Cartas Topográficas do IGC em escala de 1:10.000. As cartas foram obtidas em formato DWG, assim os mapeamentos dos cenários de 1977, 1996 e 2008 foram elaborados no *software* Autocad Map 2014, por meio de ferramentas de edição vetorial e então convertidos para SHP, plataforma utilizada pelo ArcGis. Os cenários de 1962 e 2016 já foram elaborados no ArcGis. O cenário de uso da terra de 2016 foi elaborado a partir da imagem rapideye de 2014 e posterior atualização em campo.

Os elementos de fotointerpretação considerados estavam relacionados à evolução do uso e ocupação da terra, portanto foram desconsiderados elementos como tipos de cultivos agrícolas ou sazonalidades. A partir da interpretação de elementos como forma, tamanho, cor e textura, identificaram e classificaram os alvos em classes. Com base em parâmetros de infiltração, as classes de uso e ocupação da terra foram relacionadas às características de escoamento superficial semelhante (MORAES, 2011).

As classes de uso utilizadas foram (quadro 4):

Quadro 4: Definição de padrões de reconhecimento de alvos de cobertura vegetal e intra-urbanos por meio de imagens aerofotogramétricas.

Classes	1992	1977	1996	2008	2016
Arbórea					
Gramínea					
Gramínea com solo exposto					
Solo exposto					
Edificação					



Fonte: Organizado pelo autor

A representação das tipologias de uso da terra obedeceu à organização proposta pelo IBGE (2013), em que a organização coroplética está associada a um modelo teórico de cobertura terrestre (HEYMANN, 1994), que abrange quatro níveis hierárquicos, em que os três primeiros níveis são de categorização das classes de uso e o quarto aos tipos de uso em si (figura 13).

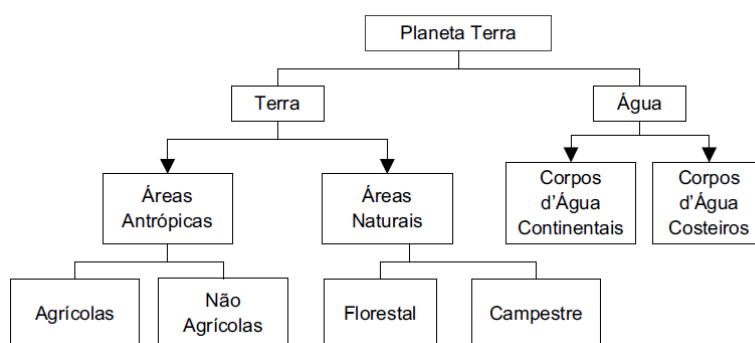


Figura 13: Classes de uso da terra.

Fonte: IBGE (2013)

As classes de uso propostas pela SCS (2004), foram adaptadas no esquema teórico de Heymann (1994). Cada polígono foi preenchido com cores usando as sugestões de cores do IBGE (2013) em que as cores estão no sistema internacional de padronização coroplética RGB (figura 14), de modo que é possível reproduzir as combinações em qualquer *software* que utilize este sistema.

1 Áreas Antrópicas Não Agrícolas	Edificação	Ar. solo exposto	Ar. solo exposto
	1.1 C = 0 M = 344 R = 255 M = 34 S = 34 G = 168 Y = 25 V = 100 B = 192 K = 0	1.2 C = 8 M = 108 R = 153 M = 0 S = 8 G = 194 Y = 0 V = 100 B = 230 K = 0	1.3 C = 8 M = 116 R = 150 M = 0 S = 15 G = 172 Y = 0 V = 90 B = 180 K = 0
2 Áreas de Vegetação	Gramínea	Gr. solo exposto	Arboreo
	2.1 C = 20 M = 41 R = 205 M = 46 S = 100 G = 137 Y = 100 V = 80 B = 0 K = 0	2.2 C = 20 M = 51 R = 205 M = 32 S = 100 G = 173 Y = 100 V = 80 B = 0 K = 0	2.3 C = 55 M = 79 R = 115 M = 34 S = 100 G = 168 Y = 100 V = 66 B = 0 K = 0
4 Água	Drenagem		
	4.1 C = 40 M = 208 R = 153 M = 24 S = 33 G = 194 Y = 10 V = 90 B = 230 K = 0		
5 Outras Áreas	Solo Exposto		
	5.1 C = 0 M = 0 R = 178 M = 0 S = 0 G = 178 Y = 0 V = 70 B = 178 K = 30		

Figura 14:: Sugestão do IBGE (2013), de cores para mapeamento de classes de uso da terra
Fonte: Adaptado de IBGE (2013).

5.3. Mapeamento de fluxo acumulado e discretização da bacia hidrográfica

A realização de estudos hidrológicos em bacias hidrográficas vem da necessidade de se compreender o funcionamento dos processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudança do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água (WHITEHEAD e ROBINSON, 1993).

Conforme Moraes (2011), a necessidade de analisar a resposta em diferentes pontos da bacia em função da heterogeneidade dos processos físicos e a disponibilidade de informações sobre a superfície terrestre são etapas essenciais no desenvolvimento da modelagem hidrológica.

Estes mapeamentos podem ser utilizados modelos de base física que comportam as especificidades hidrogeomorfológicas e consideram a heterogeneidade espacial das bacias (MORAES *et al.*, 2014).

A fim de melhor representar as reais características da bacia hidrográfica pode se optar pela subdivisão da bacia em subáreas e aplicação de modelos hidrológicos em cada uma delas. Este processo é chamado de discretização da bacia hidrográfica.

A grande vantagem da discretização baseada em curvas de nível é a simplificação das relações topológicas entre elementos, conservando a

naturalidade destas relações. Conceitualmente, o percurso da água se dá sempre no sentido do declive e trocas entre elementos de mesma cota são desconsideradas (RENNÓ E VIANEI, 2011).

As subáreas foram definidas a partir da análise do comportamento do escoamento superficial e da concentração de fluxos que constitui em uma ferramenta orientadora na identificação de áreas de forte contribuição na propagação das ondas de cheias. Após a identificação do mapeamento do percurso preferencial do escoamento superficial, as sub-bacias que apresentam comportamento semelhante quanto ao percurso preferencial do escoamento superficial foram definidas e agrupadas.

Para elaboração do mapeamento de percurso preferencial dos fluxos utilizou-se o método “fluxo múltiplo” (multiple flow), também chamado de “transferência de fluxo distribuída” ou “fluxo distribuído” (FONTES, 2009). Este método calcula áreas de contribuição ou áreas drenadas a montante de uma bacia hidrográfica com base no parâmetro declividade, que é uma das principais variáveis-controle na determinação de zonas de saturação (RAMOS et.al., 2003).

O método de fluxo múltiplo baseia-se no modelo de Schäuble (2004), e Tarboton (1997; 2008), incorporado no algoritmo do *software* Arcview 3.2. Optou-se por este modelo por apresentar o escoamento de forma mais dispersa, este modelo também responde de maneira mais adequada à realidade de ambientes quentes e úmidos, de muita água e relevo com concavidades de vertentes, que concentram os fluxos, e convexidades, que dispersam o fluxo, como é o caso do Brasil (FONTES, 2009).

A qualidade do mapa de fluxos obtido por meio de um modelo hidrológico depende fundamentalmente do método escolhido e da qualidade do Modelo digital de Elevação (MDE). Deve-se tomar especial cuidado com a base de dados e com a elaboração do MDE, pois muitas das incongruências do resultado final de uma modelagem hidrológica são decorrentes de imperfeições nos modelos de terreno (FONTES, 2009; RAMOS et.al., 2003; SCHÄUBLE, 2004; TARBOTON, 2008).

Para elaboração do referido mapeamento é necessário a obtenção de um Modelo Digital de Elevação (MDE), elaborado com resolução em escala de detalhe (TOLEDO, 2011), para tanto utilizou-se a ferramenta Topo do raster, componente do *Spatial Analyst* do ArcGis 10.3. Esta ferramenta elabora um MDE com base na interpolação de múltiplos dados como curvas e nível, pontos cotados, hidrografia,

limite da bacia, reservatórios, dentre outros elementos que podem ser necessários (FIGURA 15).

O escoamento superficial é fortemente influenciado pela malha urbana que pode ajudar a concentrar ou dispersar o fluxo do escoamento. As ruas dos bairros dentro da bacia do Córrego do Parque, a exemplo da maior parte do município, foram construídas no sentido do declive da vertente, direcionando as águas pluviais diretamente para o canal principal.

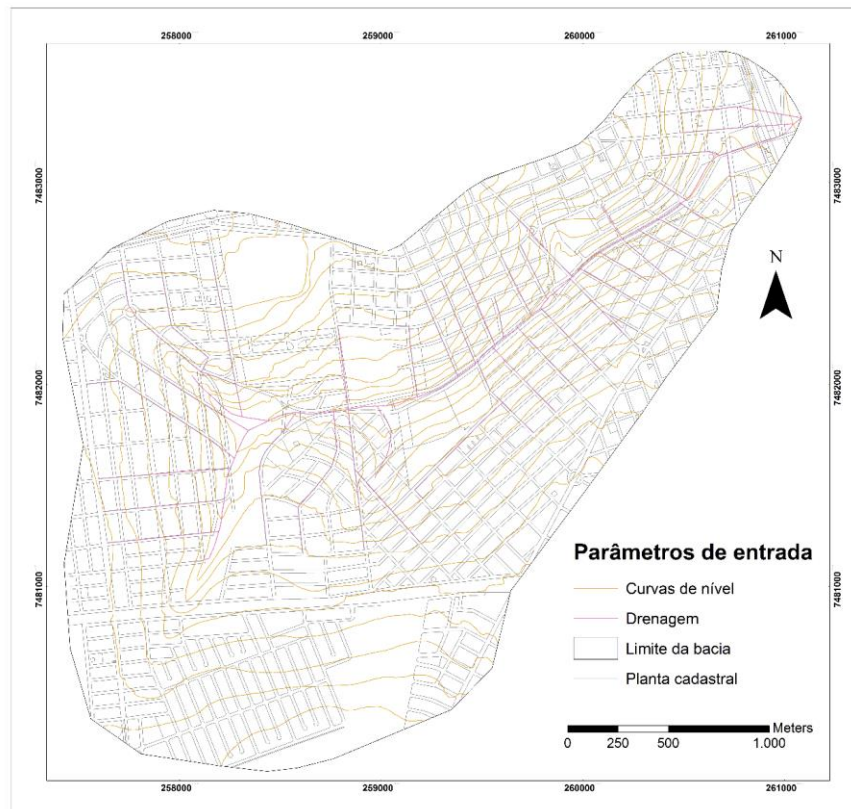


Figura 15: Parâmetros para elaboração do MDE.

Fonte: Elaborado pelo autor

O arruamento asfáltico contribui para a impermeabilização do solo e aumento da velocidade do escoamento superficial, deste modo foram acrescentadas ao MDE as principais ruas que concentram fluxo para o canal.

Após alguns testes obteve-se o melhor resultado com o MDE gerado a partir de célula de 2X2m. Comumente os MDEs apresentam vazios que aparecem como feições de depressão que se comportam como barreiras para a fluidez do escoamento superficial; neste caso utiliza-se a ferramenta *Filling Sinks, Hydro Tools* do ArcGis, afim de se obter uma matriz do terreno adequada (FONTES, 2009).

A partir do arquivo corrigido, elabora-se o modelo de direção dos fluxos de escoamento, por meio da ferramenta *Flow Direction*, também do *Hydro Tools* do ArcGis.

Por fim, para a elaboração do mapa que expresse a tendência de acumulação dos fluxos, utilizou-se a ferramenta *Flow Accumulation* em *Hydro Tools 1.0/Hydrology*, no software ArcView 3.2.

A ferramenta *Hydrology* do ArcView apresenta três opções de algoritmos para obtenção do fluxo acumulado: D8, MD e MDD8. A exemplo de Moraes (2014), após testes entre as metodologias, observou-se que o parâmetro MDD8, que representa a ferramenta combinada entre fluxo simples e múltiplo, apresentou percursos preferenciais do fluxo menos marcantes, e por isso não contribui como o MD para a definição de sub-bacias. (MORAES *et al.*, 2014).

Após a obtenção da carta de fluxo acumulado procedeu-se com a discretização da bacia do Córrego do parque, que consistiu na subdivisão da bacia em áreas que apresentam semelhanças em termos de direção e acúmulo de escoamento superficial. Considerou-se também as áreas onde, sabe-se, através de levantamento de dados de campos e documentais, que ocorrem inundações (figura 16).



Figura 16: Exemplos de pontos de inundação conhecidos (2013), utilizados para discretização da bacia.

Fonte: Jornal O Liberal.

5.4. Caracterização hidrológica dos solos

De acordo com o método da SCS (1986), os solos são divididos em grupos hidrológicos em função da pluviosidade, escoamento superficial e infiltração. Para classificação dos solos em grupos hidrológicos adotou-se como princípio a semelhança entre solos localizados a curtas distâncias e em regiões climáticas parecidas, também levando em consideração a semelhança entre a estrutura do solo, em termos de profundidade e distribuição dos horizontes (NEARING1996).

Os grupos hidrológicos classificados pela SCS são A, B, C e D. os grupos são definidos a partir das características do solo, como condutividade hidráulica, saturação do solo, textura, profundidade entre as camadas impermeáveis e profundidade do lençol freático.

No Brasil alguns estudos foram realizados no sentido de adaptar ou compreender a classificação hidrológica do solo, com o objetivo de contribuir nesse sentido, Lombardi Neto *et al.* (1989), elaborou uma proposta de adaptação dos grupos hidrológicos da SCS (1986) para os solos brasileiros, posteriormente complementada por Sartori (2004). Em 2005 Sartori, Neto e Genovez elaboraram uma nova complementação desta em soma das anteriores, pois, conforme os autores ressaltam existem algumas classes de solos argilosos e arenosos que não pertencem aos grupos hidrológicos do solo de alto e baixo potencial de escoamento superficial, respectivamente. A síntese da proposta de Neto (1989) e Sartori, Neto e Genovez (2005), pode ser observada no quadro 5.

Quadro 5: Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras.

<p>Grupo A –</p> <ul style="list-style-type: none">- Solos muito profundos (prof. > 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm);- Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão;□□ Solos porosos com baixo gradiente textural (< 1,20);- Solos de textura média;- Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil;- Solos bem drenados ou excessivamente drenados;- Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;- A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/ argilosa e muito argilosa/muito argilosa. <p>Enquadra-se neste grupo o:</p> <p>LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.</p>

Grupo B –

- Solos profundos (100 a 200 cm);
- Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;
- Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50;
- Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;
- Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil;
- Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;
- A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/ média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.

Enquadra-se neste grupo o:

LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMA-RELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.

Grupo C –

- Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm);
- Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão;
- São solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta;
- Solos associados a argila de atividade baixa (Tb);
- A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/média e média/ argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.

Enquadra-se neste grupo o:

ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.

Grupo D –

- Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a Erosão;
- Solos rasos (prof. < 50 cm);
- Solos pouco profundos associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1;
- Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta);
- Solos orgânicos.

Enquadra-se neste grupo o:

NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Sartori, Neto e Genovez, 2005.

Organizado pelo autor

Para identificação dos grupos hidrológicos foi necessária obtenção de amostras de solo da bacia do Córrego do Parque. Para tanto se procedeu com

identificação de terrenos não ocupados através de imagens aerofotogramétricas do ano de 2008.

Foram realizadas 10 tradagens em duas vertentes distintas, a figura 19 pode-se observar a disposição dos pontos de coleta. Em cada ponto de coleta foi retirada duas amostras de solo, uma em superfície em aproximadamente entre 30 a 50 cm e outra amostra em profundidade de aproximadamente 150 cm (Figura 17).

As análises granulométricas foram realizadas no LAGEA, Laboratório de Geoquímica Ambiental - do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento (DEPLAN) da UNESP de Rio Claro. Foi utilizado o método do densímetro (BOUYOUCOS, 1927), adaptado pelo Instituto Agrônomo de Campinas e descrito por Camargo *et al.* (2009).

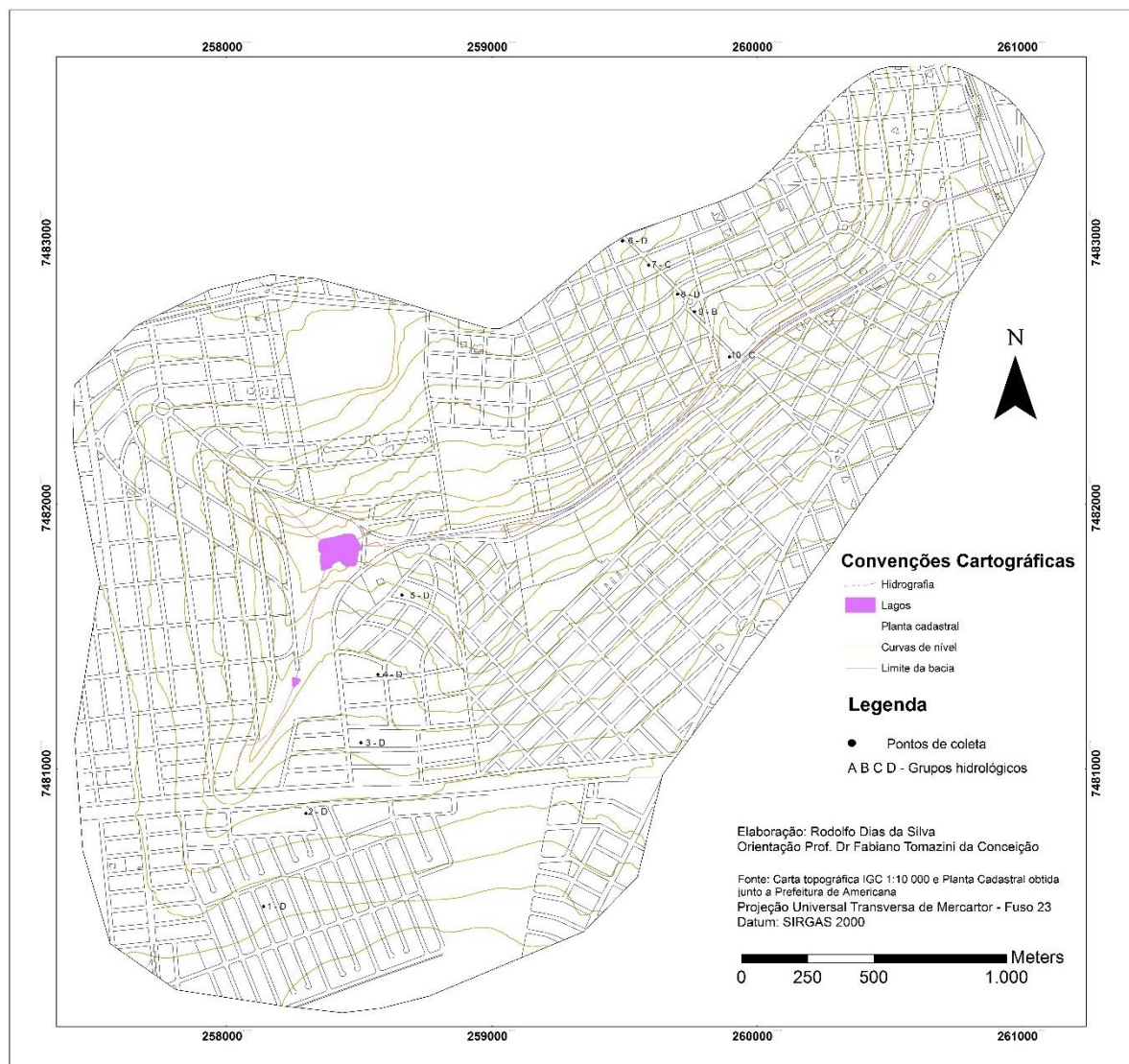


Figura 17: Localização dos pontos de coleta das amostras de solo e seus respectivos grupos hidrológicos segundo a SCS (2004).
Fonte: Elaborado pelo autor.

O método do densímetro baseia-se no princípio da desagregação mecânica das amostras de solo; os resultados se pautam na análise das proporções relativas às partículas primárias por sedimentação em meio aquoso. Este método ainda que não seja tão preciso quanto o método da pipeta, apresenta, no entanto, resultados que satisfazem os parâmetros texturais proposto pela SCS, como salienta Moraes (2011).



Figura 18: Tradagens de amostras de solos
Fonte: O autor.

No procedimento de granulometria foi utilizado 2 L de solução dispersante. Para o preparo da solução dispersante foi necessário 10 g de hexametáfosfato de sódio puríssimo diluído em 500 ml de água destilada e deionizada e agitada em mesa agitadora magnética por aproximadamente duas horas em velocidade de 15 rpm. Separadamente pesou-se 4 g de hidróxido de sódio dissolvido em 150 ml de água destilada e deionizada. Posteriormente agregou-se as duas soluções e completou-se com água destilada e deionizada até a marca de 1 L.

O método de granulometria utiliza amostras de solo secas ao ar; para tanto todas as amostras de solos foram identificadas e secas ao ar livre, sem auxílio de estufa até estarem completamente secas.

Posteriormente todas as amostras secas foram piladas em pistilo de cerâmica e peneiradas em peneira de 2 mm para separar o esqueleto das amostras e materiais exóticos ao solo. Após este procedimento dividiu-se a amostra em quatro partes, procedimento denominado quarteamento, e separadas 50 gr de amostras.

Às 50 gr de solo foram adicionados 250 ml de solução dispersante e postos para agitar em mesa agitadora orbital por aproximadamente 17 horas com rotação de 170rpm.

Paralelamente a este procedimento foi preparada a amostra branca, constituída apenas de 250 ml de solução dispersante e 750 ml de água destilada e deionizada.

Após a agitação a solução foi transferida para proveta de 1000 ml e seu volume foi completado com água destilada e deionizada (Figura 19). A solução foi agitada com ajuda de um êmbolo para que esta fosse homogeneizada. Após a agitação o densímetro foi inserido e, depois de 35 segundos, foi realizada sua primeira leitura. Ao final da leitura das amostras seguiu-se a leitura da amostra branca.



Figura 19: Amostras em proveta.
Fonte: Registrada pelo autor.

O resultado de densidade da amostra branca obtido foi 3. É preciso estabelecer o fator F que corresponde a umidade presente na amostra. Bouyoucos (1927), o define como 1, pois neste método as amostras são secas em ambiente aberto.

Para calcular as frações de argila, silte e areia foram utilizadas as seguintes equações:

$$\% \text{ de Argila} = \frac{(2^{\text{a}} \text{ Leitura} - \text{Leitura Branca})}{50.F} \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ de Silte} = \frac{(1^{\text{a}} \text{ Leitura} - \text{Leitura Branca}) - (2^{\text{a}} \text{ Leitura} - \text{Leitura Branca})}{50.F} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ de Areia} = \frac{(50.F) - (1^{\text{a}} \text{ Leitura} - \text{Leitura Branca})}{50.F} \times 100 \quad (3)$$

5.5. O método Soil Conservation Service

Em 1972 o *Soil Conservation Service*, SCS, sugeriu um modelo para estimar a chuva excedente a partir do potencial de absorção de umidade do solo. Por meio da análise de mais de 3 mil tipos de solo e coberturas de vegetação e plantações, foi estabelecida uma relação empírica que correlaciona a capacidade de armazenamento das precipitações na bacia a um índice denominado curva número ou número de curva – CN (CANHOLI, 2005, p.89).

O índice curva número é uma estimativa baseada nas características de infiltração do solo, em função das relações de uso e ocupação da terra com a capacidade de saturação desta, o parâmetro curva número relaciona o tipo de solo com as características de sua superfície. A relação entre o armazenamento Máximo (S) e o CN é expressa pela seguinte equação:

$$S = 25.400 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (4)$$

Após uma série de testes a SCS (1972) estabeleceu valores para CN que variam de 30, superfícies em boas condições de drenagem, até 98, para solos expostos com péssimas condições de drenagens, ou seja, impermeáveis. Os grupos hidrológicos para solos permeáveis são estimados em função de quatro grupos hidrológicos, A, B, C e D (variando do mais permeável, A ao menos permeável, D).

Sob as mesmas condições de precipitação, baixos valores de CN significam que a superfície tem um alto potencial de retenção de água. Valores de CN mais

altos significam potencial de retenção mais baixo (SCHAFER, NOGUEIRA, SLUTER, 2011).

5.6. Estimativa da Curva Número

O cálculo dos parâmetros CN para áreas urbanas consideram diversos fatores como porcentagem das áreas impermeáveis e o percurso do escoamento superficial. De acordo com a SCS (2004), os valores CN devem ser estimados considerando que áreas urbanas apresentam o mesmo nível de permeabilidade que pastagens em boas condições do ponto de vista hidrológico. Áreas impermeáveis apresentam valores de CN de 98 e são diretamente conectadas ao sistema de drenagem; e os tipos de ocupação a serem tratados assumem porcentagem de área impermeável (SCS, 2004).

Na tabela 7 é demonstrada a estimativa CN para áreas urbanas a partir dos parâmetros expostos, percentual de área impermeável e grupo hidrológico dos solos.

Tabela 7: Valores de CN para diferentes uso e ocupação do solo (SCS, 2004).

Descrição do uso do solo	Tipo de solo			
	A	B	C	D
Espaços abertos				
Matos ou gramas cobrem 75% da área	39	61	74	80
Matos cobrem 50 a 75% da área	49	69	79	77
Áreas Comerciais (85% impermeáveis)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% impermeáveis)	81	88	91	93
Áreas residenciais				
65% impermeável	77	85	90	92
38% impermeável	61	75	83	87
30% impermeável	57	72	81	86
25% impermeável	54	70	80	85
20% impermeável	51	68	79	84
Parques e estacionamentos, telhados, viadutos	98	98	98	98
Arruamentos e estradas				
Asfaltadas e com drenagem pluvial	98	98	98	98
Paralelepípedos	76	85	89	91
Terra	72	82	87	89

Fonte: Tucci (1998).

Os grupos hidrológicos da SCS baseiam-se em uma média ponderada dos valores de CN de acordo com as características da área. Este método realiza um balanceamento entre o tamanho da área com as classes de uso e os grupos hidrológicos. Estes são os principais parâmetros para o desenvolvimento do modelo hidrológico adotado.

5.7. Modelagem hidrológica para verificação de inundações

No processo de planejamento da drenagem urbana municipal é necessário profundo conhecimento da dinâmica das bacias hidrográficas. Ainda que em alguns casos enchentes e inundações ocorram em bacias sem predisposição para tal (em função de boas condições de escoamento superficial e de permeabilidade do solo), devido ocorrência de eventos chuvosos excepcionais, grande parte dos eventos de enchentes e inundações ocorrem em função das alterações no uso e ocupação da terra ou de obras de drenagem mal dimensionadas.

Este é o caso da bacia do Córrego do Parque. Devido ao intenso processo de ocupação da bacia o percentual de áreas impermeáveis teve um grande aumento. A impermeabilização do solo alterou não apenas a velocidade do escoamento superficial como também criou novos vetores de escoamento em função do padrão construtivo urbano ser muito diferente da cobertura natural.

Neste sentido é imperativo o estudo das alterações da dinâmica de escoamento neste complexo sistema urbano, para tanto avaliou-se as condições em diversos estágios de ocupação da bacia do Córrego do Parque e seus respectivos hidrogramas de cheias.

Para tanto o presente estudo pautou-se nos modelos hidráulicos e hidrológicos, combinados com base na Metodologia de Modelagem Orientada a Objetos aplicada a Sistemas de Recursos Hídricos, apresentada por Viegas filho em 1999. Empregou-se no processo de modelagem hidrológica o *software* IPHS1, apresentado por Tucci et. al. (1999).

Conforme explicitado por Ohnuma Júnior (2005), os algoritmos do IPHS 1 baseiam-se em modelos de precipitação, precipitação efetiva e escoamento superficial. O IPHS 1 demanda a entrada de dados de propagação da vazão da chuva excedente por meio de equações de difusão. Os sistemas de propagação da vazão adotadas pelo programa usam o modelo Muskingum para canais e Puls para reservatórios.

Conforme Porto (2003), o Método de Muskingum tem como objetivo a propagação de cheias em rios, o cálculo deriva das equações gerais de Saint-Venant, mas devido à dificuldade na calibração do modelo de Saint-Venant o método de Muskingum se tornou um dos modelos mais utilizados para determinar o escoamento em rios. O modelo foi proposto por McCarthy em 1993 e aplicado no rio Muskingum, nos Estados Unidos (PONTES, 2011). Em 1969 Cunge modificou o modelo original, que ficou conhecida como Munkingum-Cunge Linear (MCL). O

IPHS1 também permite a entrada de parâmetros de propagação utilizando Muskingum, Muskingum-Cunge linear ou não-linear, Muskingum-Cunge não-linear com planície de inundação e Muskingum-Cunge não-linear adaptado para condutos fechados, que consistem em variações não lineares e para condutos abertos, fechados e com ou sem planície de inundação.

Abaixo os algoritmos empregados para a obtenção dos parâmetros:

Precipitação efetiva

$$P_{ef} = \frac{(P-0,2.S)^2}{(P+0,8.S)} \quad (5)$$

Onde:

P = precipitação acumulada em *mm*;

S = potencial máximo de armazenamento do solo para perda inicial correspondente a 20% da capacidade de armazenamento.

Relação Chuva - Vazão

$$Q = \frac{0,208 \cdot A}{ta} \quad (6)$$

Onde:

Q = vazão unitária (m/m), para $P_{ef} = 1\text{mm}$;

A = área da bacia (Km²);

t a = tempo de ascensão (horas).

Equação do Modelo Muskingum - Cunge

$$\frac{dS}{dT} = i - O \quad (7)$$

$$S = K [X \cdot I + (1 - X) \cdot O] \quad (8)$$

Onde:

I_i = vazões de entrada;

O_i = vazões de saída;

S_i = acumulação;

K e X são denominados parâmetros de ajuste do canal, representativos do tempo de deslocamento e da influência das vazões de entrada e saída do trecho nas funções de armazenamento.

6. Resultados e discussões

6.1. Caracterização dos grupos hidrológicos de solo

A partir da análise granulométrica das amostras obtidas identificamos os grupos hidrológicos dos solos segundo o método da SCS. Este método relaciona características como textura e presença de camadas argilosas em superfície e sub-superfície para identificar o grau de permeabilidade do solo.

A identificação dos grupos hidrológicos foi obtida através da relação entre os percentuais de argila, silte e areia em cada uma das amostras. Na tabela 8 estão relacionados os pontos de coleta, profundidade das amostras, localização em coordenadas geográficas, resultado dos ensaios granulométricos e os grupos hidrológicos classificados. Observa-se uma grande predominância de solos com baixa condutividade hidráulica, a maioria dos solos encontra-se no grupo D, 13 das 20 amostras.

Tabela 8: Resultados dos ensaios granulométricos e identificação dos grupos hidrológicos.

Pontos de Coleta	Amostra	Profundidade	Lat	Long	Areia	Silte	Argila	Grupo Hidrológico
1	1	Superfície	22°46'00"	47°21'19"	39	16	45	D
	2	1,00 m			33	12	55	D
2	3	Superfície	22°45'54"	47°21'21"	24	16	60	D
	4	0,90 m			28	17	55	D
3	5	Superfície	22°45'48"	47°21'25"	21	19	60	D
	6	1,00 m			31	16	53	D
4	7	Superfície	22°45'43"	47°21'15"	27	15	58	D
	8	0,80 m			28	17	55	D
5	9	Superfície	22°45'36"	47°21'10"	32	18	50	D
	10	0,90 m			35	17	48	D
6	11	Superfície	22°45'32"	47°21'08"	47	13	40	D
	12	1,00 m			46	4	50	D
7	13	Superfície	22°44'35"	47°20'26"	67	11	22	C
	14	0,90 m			67	10	23	C
8	15	Superfície	22°44'37"	47°20'24"	36	12	53	D
	16	0,80 m			56	9	35	C
9	17	Superfície	22°44'39"	47°20'22"	71	24	5	B
	18	0,90 m			71	9	20	B
10	19	Superfície	22°44'43"	47°20'18"	52	16	33	C
	20	1,00 m			71	12	18	B

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre a coleta do material é importante destacar a dificuldade em coletar amostras em áreas intensamente urbanizadas devido à pouca quantidade de áreas não edificadas que permitam a coleta. Mesmo nas poucas áreas onde foi possível realizar a coleta, a grande quantidade de resíduos de construção civil dificulta bastante o procedimento de coleta de amostras.

6.2. Caracterização do uso e ocupação da terra

O mapeamento do uso da terra a partir das imagens de sensores remotos, nos permite avaliar a evolução da ocupação urbana na bacia do Córrego do Parque em diversas situações.

No primeiro cenário, 1962 (Anexo 1), a bacia encontra-se parcialmente ocupada, os setores norte e nordeste da bacia já se encontram bastante ocupados, as quadras definidas e arruamento asfáltico ou paralelepípedos em boa parte da área, esta região já pode ser considerada essencialmente urbana. A porção oeste já está totalmente loteada, ainda apresenta arruamentos com solo exposto, mas já se consolida como área residencial. Os setores em sentido sul e sudoeste por outro lado se apresentam usos mais diversificados, parcialmente dedicados a pastagem, alguns trechos em início de urbanização, alguns resquícios de mata ciliar do córrego do parque. Os primeiros 2200 metros do Córrego do Parque ainda apresentam suas características naturais, entretanto do seu médio curso até sua foz ele já se encontra canalizado.

O mapa de uso e ocupação da terra no cenário de 1977 (Anexo 1), nos mostra como a urbanização em Americana já era bastante adiantada, principalmente no setor nordeste da bacia, onde se iniciou o processo de formação do município. Neste momento em grande parte da bacia já existiam arruamentos, construídos principalmente de paralelepípedos e asfalto. Por outro lado, a região Sudoeste da bacia, ao sul da rodovia SP 304, ainda apresentava grandes áreas não construídas, representada basicamente por espécies gramíneas.

Ainda neste cenário é interessante observar que ainda que o percentual de áreas permeáveis sejam os maiores dentre os cenários subsequentes (principalmente em função do menor grau de urbanização), a participação da classe

arbórea ainda é bastante inferior aos demais anos. Isto se deve basicamente a dois fatores: a quase total extirpação dos resquícios de vegetação natural para dedicação das terras à pastagens e citricultura, algodão e em segunda instância em função do modelo de urbanização desenvolvido no município, pois o crescimento da cidade foi acompanhado pelo desmatamento sistemático da vegetação preexistente à ocupação urbana, em especial em torno do Córrego do Parque, para dar lugar a avenidas e loteamentos.

Observa-se neste cenário o represamento de um lago, próximo a nascente do Córrego do Parque. Este lago a princípio tem como objetivo a pesca esportiva e a criação de um espaço de lazer público.

No ano de 1996 (Anexo 1) aumentou ligeiramente a participação de arbóreos na área da bacia. Este aumento deve-se basicamente a criação do Parque Ecológico Municipal que promoveu o replantio de dezenas de espécies arbóreas originárias da região (também ocorreu o plantio de espécies exóticas).

Neste cenário (1996) é marcante a evolução da área urbana em relação ao ano de 1977. Cabe destaque a grande quantidade de arruamentos de solo exposto localizados na porção sudoeste da bacia que antigamente era ocupada pelo cultivo da cana-de-açúcar e agora cede espaço a novos loteamentos. A urbanização já dominava toda a margem do Córrego do Parque, as porções nordeste, norte e sudeste da bacia, com esparsos terrenos baldios.

Cabe destaque a criação do Parque Ecológico Municipal, criado no final da década de 1970 para preservar as duas nascentes existentes na cabeceira do Córrego do Parque. O parque foi o responsável pelo pequeno aumento de áreas arborizadas na bacia.

Em 2008 (Anexo 1) observa-se um intenso quadro de ocupação do território da bacia. Este cenário é marcado pela grande quantidade de edificações e grande diminuição de terrenos vazios. A porção sudoeste agora é quase toda incorporada pela urbanização, que avança em sentido sul. Inexistem resquícios de qualquer tipo de cultura, sendo toda área ocupada por gramíneas rasteiras, em grande parte correspondem a áreas de expansão urbana como loteamentos. Manchas esparsas de solo exposto são observadas nesta região em função do preparo do terreno para novas edificações.

Neste ano também é notado o aumento da participação da categoria arbórea devido à criação do Jardim Botânico no ano de 2008, como a continuação do Parque Ecológico destinada a atividades recreativas e prática de esportes.

Em síntese a análise dos mapas de uso e ocupação da terra mostra como ocorreu significativa impermeabilização da área da bacia. Se nos cenários de 1962 e 1977 era possível encontrar grandes extensões de áreas permeáveis, seja por gramíneas ou pelas ruas de paralelepípedos, nos anos de 1996, 2008 e 2016 isto já é quase impossível.

A criação do Parque Ecológico e do Jardim Botânico atende principalmente uma demanda da população por áreas de lazer e de amenidades climáticas, portanto não foram concebidas pensando no contexto da drenagem urbana, de modo que não é suficiente para resolver o problema de inundações a jusante.

Em 2016 a bacia já se encontra com 64% de sua área edificada. Este cenário assemelha-se bastante ao de 2008, as maiores diferenças decorrem do grande número de empreendimentos verticais que se instalaram na cidade no decorrer da última década, em especial na região sul e central da bacia. Estes tipos de condomínios estão normalmente associados subsídios estatais para moradias de classe média e baixa e são caracterizados por ocupar extensas áreas construídas e quase nenhuma área verde destinada à infiltração. Destaca-se também o aumento de edificações na porção sul da bacia,

6.3. Discretização da bacia do Córrego do parque

A bacia hidrográfica é a mais importante unidade espacial dos estudos hidrológicos, em função da heterogeneidade em sua área é necessária sua compartimentação em sub-áreas para maior confiabilidade dos modelos hidrológicos.

A divisão de uma bacia em sub-áreas teve como objetivo a aplicação de modelos hidrológicos e geração dos hidrogramas com maior detalhe, considerando as características hidrogeomorfológicas de cada subárea da bacia. No processo de discretização da bacia foi considerado: a hidrografia, curvas de nível, desenho das ruas, percurso do escoamento superficial (a partir do mapa de fluxo acumulado, figura 20).

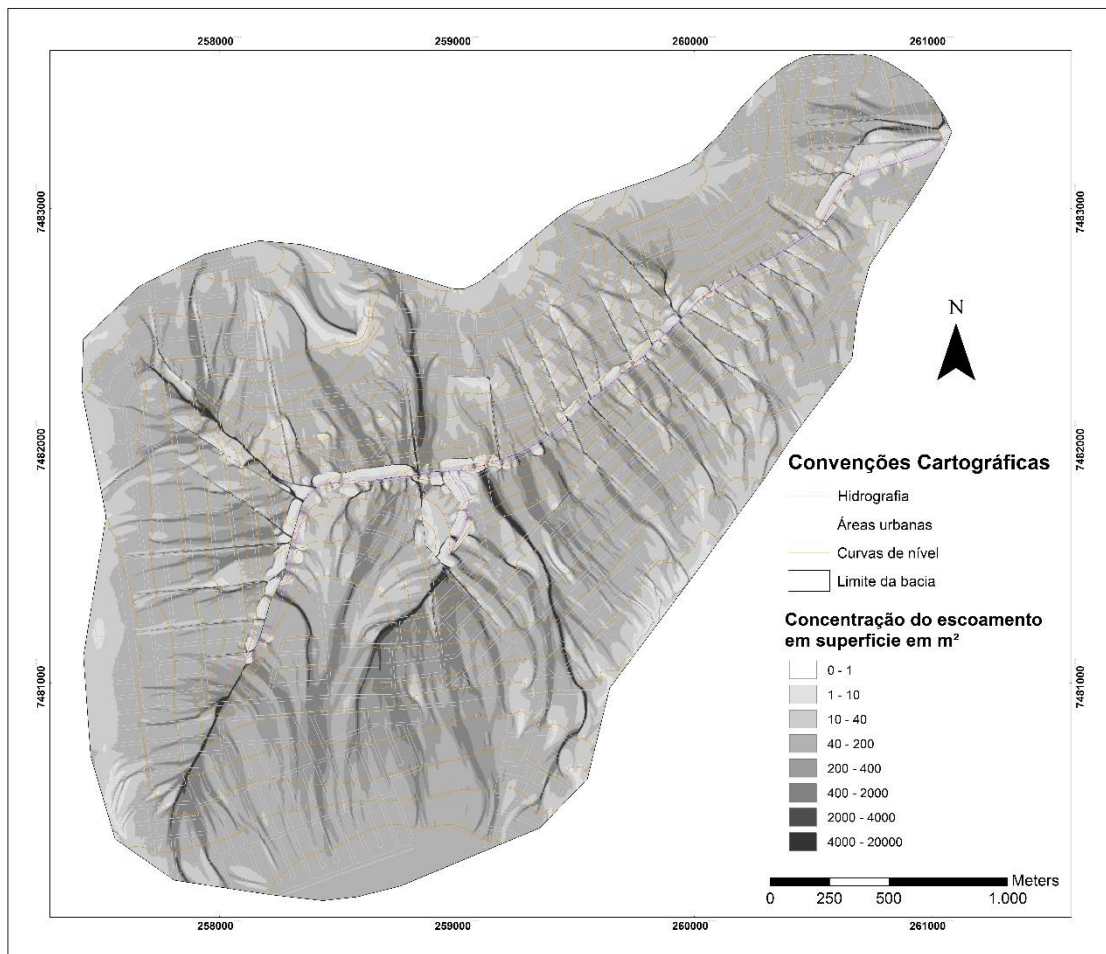


Figura 20: Áreas de tendência de concentração de escoamento superficial
 Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise do mapa de fluxo acumulado nos permite identificar os principais setores de acumulação de escoamento superficial. O mapa é representado por meio da variação de tons da mesma cor. Os setores que apresentam maior concentração de fluxo acumulado em função da contribuição de grandes áreas apresentam cores mais escura, enquanto que áreas que apresentam menor contribuição são representadas em cores mais claras.

Os melhores resultados de representação obtiveram-se com oito classes variando de 1 a 20 m² de contribuição.

Por fim, a subdivisão da bacia do Córrego do Parque em quatro sub-áreas (figura 21), permitiu a geração dos modelos hidrológicos de maneira mais precisa, analisando o comportamento da drenagem em cada um dos quatro setores, e não apenas a vazão final do exutório. Conforme Moraes (2011), a discretização da bacia

é importante para se obter melhor detalhamento ao identificar as zonas de maior risco de inundações, sob uma perspectiva integrada.

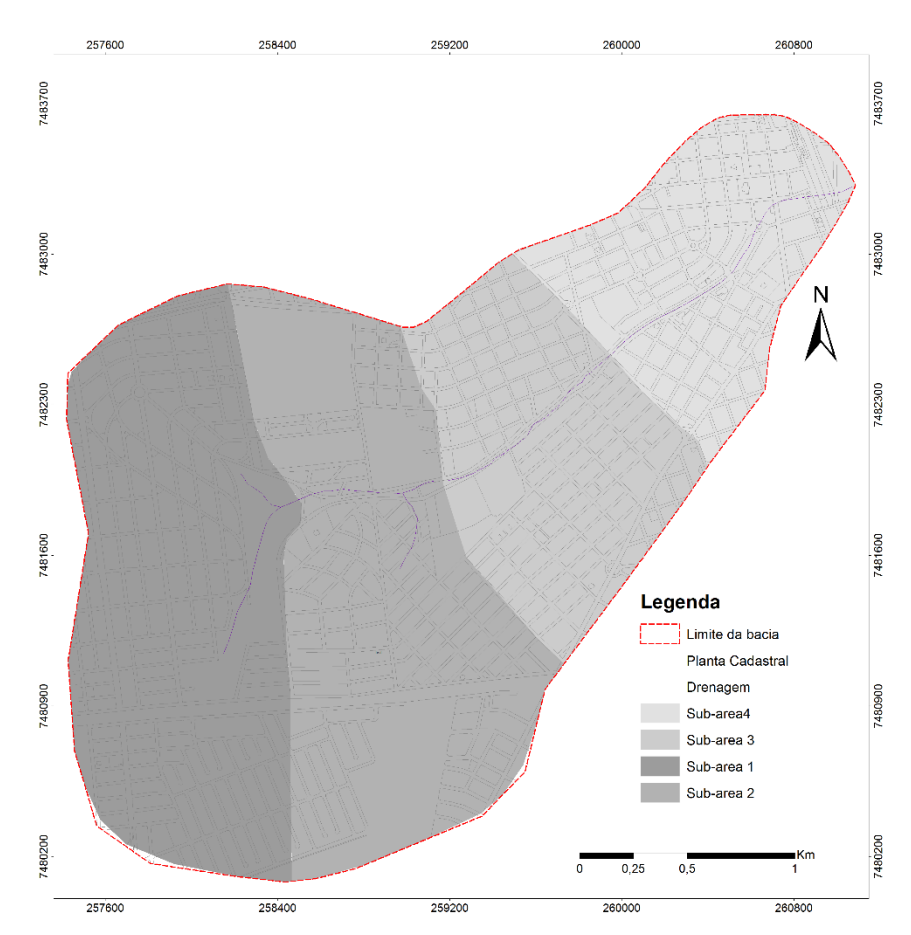


Figura 21: Discretização da bacia do Córrego do Parque, Americana (SP).

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 9 apresenta os dados de entrada para o módulo bacia no *software* IPHS1, que constituem as principais características de cada uma das sub-areas da bacia.

Tabela 9: Parâmetros de entrada para o modulo bacia no IPHS1

Dados de entrada para o módulo bacia						
Sub - Bacias	Tempo de Concentração	Area (m ²)	Desnivel (m)	Grupos Hidrologicos	Declividade	Comprimento canal
1	22,01	2,37	20	D	5,07	1191
2	17,64	2,38	7	D	6,08	693
3	28,46	1,45	6	C	6,4	996
4	27,73	1,01	19	D	6,49	1430

6.4. Curva Número

Por meio do *software* de modelagem matemática IPHS 1, obteve-se os valores de Curva Número para cada uma das sub-áreas, através de um algoritmo que constrói uma média ponderada entre a percentagem de cada tipologia de uso em uma determinada área com os tipos de solo.

Nas tabelas 10, 11, 12, 13 e 14 são expressos o percentual de participação das classes mapeadas em cada uma das sub-áreas discretizadas.

Tabela 10: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 1962

1962					
Sub-Areas	1	2	3	4	Total
Classes de uso da terra	%	%	%	%	%
Arbóreo	2,57	5,88	3,52	8,40	5,09
Gramínea	81,84	69,66	50,39	11,96	53,46
Gramínea com solo exposto	12,91	16,97	10,06	6,93	11,72
Solo exposto	0,50	3,36	2,29	1,35	1,88
Edificação	1,24	1,74	19,25	44,49	16,68
Arruamento de Asfalto	0,00	1,36	14,44	26,74	10,64
Arruamento de Solo Exposto	0,94	1,03	0,05	0,13	0,54
Lago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 1977.

1977					
Sub-Areas	1	2	3	4	Total
Classes de uso da terra	%	%	%	%	%
Arbóreo	0,95	1,53	5,50	10,12	4,53
Gramínea	64,34	75,45	21,13	8,43	42,34
Gramínea com solo exposto	1,37	6,43	0,00	0,00	1,95
Solo exposto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edificação	29,37	9,12	49,23	57,92	36,41
Arruamento de Asfalto	1,75	4,36	23,99	22,86	13,24
Arruamento de Solo Exposto	1,50	3,10	0,14	0,00	1,19
Lago	0,72	0,00	0,00	0,00	0,18

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 1996.

1996					
Sub-Areas	1	2	3	4	Total
Classes de uso da terra	%	%	%	%	%
Arbóreo	2,89	6,40	7,74	11,98	7,25
Gramínea	51,78	59,20	12,82	5,81	32,40
Gramínea com solo exposto	4,32	0,99	0,73	0,00	1,51
Solo exposto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edificação	35,29	20,39	57,39	59,28	43,09
Arruamento de Asfalto	5,01	9,28	21,32	22,93	14,63
Arruamento de Solo Exposto	0,00	3,74	0,00	0,00	0,93

Lago	0,72	0,00	0,00	0,00	0,18
------	------	------	------	------	------

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 2008.

2008					
Sub-Areas	1	2	3	4	Total
Classes de uso da terra	%	%	%	%	%
Arbóreo	9,18	6,69	2,65	10,17	7,17
Gramínea	17,07	45,00	11,17	4,04	19,32
Gramínea com solo exposto	1,44	2,34	0,00	0,00	0,95
Solo exposto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Edificação	43,16	33,53	63,75	59,84	50,07
Arruamento de Asfalto	16,91	11,17	22,43	25,96	19,12
Arruamento de Solo Exposto	4,01	1,27	0,00	0,00	1,32
Lago	8,02	0,00	0,00	0,00	2,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14: Porcentagem de uso e ocupação de cada sub-área para o cenário de 2016.

2016					
Sub-Areas	1	2	3	4	Total
Classes de uso da terra	%	%	%	%	%
Arboreo	8.69	6.41	3.48	8.47	6.76
Gramínea	13.58	28.70	4.34	3.68	12.57
Gramínea com solo exposto	0.01	0.00	0.00	0.19	0.05
Solo exposto	0.00	0.00	2.78	0.00	0.69
Edificação	51.35	49.21	66.83	62.05	57.36
Arruamento de Asfalto	17.97	0.00	22.57	25.62	16.54
Arruamento de Solo Exposto	0.37	18.71	0.00	0.00	4.77
Lago	8.02	0.00	0.00	0.00	2.00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para determinar o valor CN o *software* permite a escolha de três situações:

- Solos secos, onde há baixa precipitação acumulada nos dias anteriores;
- Solos moderadamente úmidos, quando se supõe não haver alteração da capacidade de infiltração em função da umidade;
- Solos úmidos, quando a capacidade de infiltração do solo é comprometida devida ocorrência de precipitação intensa nos dias anteriores.

Para proceder com o cálculo do CN baseado nas classes de uso da terra indicadas pela SCS (2004), estas foram adaptadas segundo os parâmetros de entrada do IPHS 1 para que houvesse correspondência entre ambos (Quadro 6)

Quadro 6: Correspondência das classes de uso e ocupação do solo da SCS para o IPHS 1.

Classes de Mapeamento	Classes da SCS
Arbórea	Bosques ou zonas florestais em condições de cobertura boa
Gramínea	Prado em boas condições
Gramínea com solo exposto	Baldios em boas condições
Solo exposto	Pastagens ou terrenos em más condições
Edificação	Zonas residências com lotes <500m ² (em média 65% impermeável)
Arruamento de asfalto	(em média 65% impermeável)
Arruamento de solo exposto	Arruamentos e estradas, com superfície de asfaltada e com drenagem de água pluvial.
Lago	Considerada como arbórea, adaptando o modelo à classe mais próxima do pondo de vista hidrológico.

Fonte: SCS (2004), apud Moraes (2011).

Abaixo os valores de CN para as 4 sub-áreas, nas três situações possíveis e nos cinco cenários temporais mapeados (Tabela 15), no gráfico a seguir (figura 22), estão relacionadas as estimativas CN considerando o segundo cenário, ou seja, uma situação intermediária, em que os solos estão moderadamente úmidos.

Tabela 15: Valores de CN para cada sub-áreas nas três situações oferecidas pelo IPHS 1.

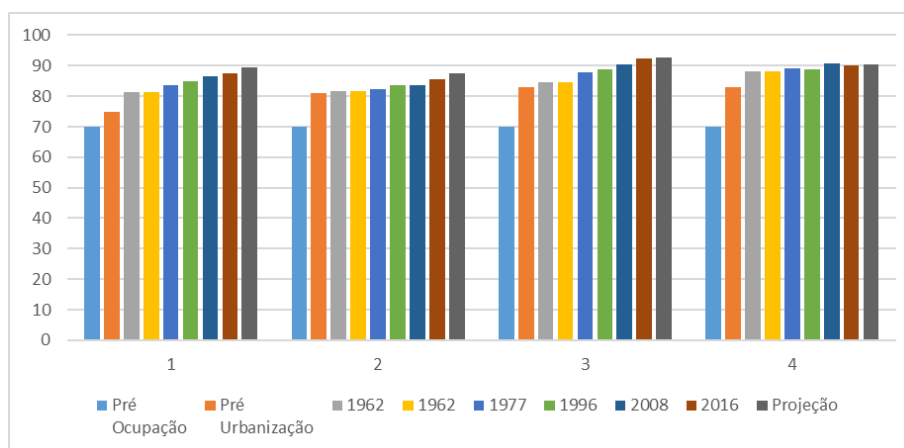


Figura 22: Valores de CN para situação intermediária (umidade moderada).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cenário	Situação	Sub areas			
		1	2	3	4
Pré Ocupação	1	51	51	51	51
	2	70	70	70	70
	3	85	85	85	85
Pré Urbanização	1	57	74,53	68,35	68,35
	2	75	81	83	83
	3	88	91,73	91,79	91,79
1962	1	67	67,25	69,69	76,48
	2	81,36	81,69	84,62	88,25
	3	89,98	90,31	93,58	94,13
1977	1	68,95	67,77	76,19	77,32
	2	83,72	82,29	87,91	89,21
	3	92,59	91	93,77	95,16
1996	1	69,84	68,78	76,82	76,98
	2	84,81	83,52	88,64	88,82
	3	93,79	92,36	94,55	94,74
2008	1	74,92	68,74	84,65	82,95
	2	86,45	83,46	90,44	90,58
	3	92,21	92,3	95,36	93,44
2016	1	75,69	74,06	82,6	82,44
	2	87,34	85,45	92,2	90,02
	3	93,16	92,45	93,05	92,87
Projeção	1	77,6	75,89	82,96	82,69
	2	89,54	87,53	92,59	90,29
	3	95,51	93,37	93,45	93,14

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.5. Modelagem hidrológica

Devido a mudanças no uso e ocupação da terra com o passar dos anos, bacias que não apresentavam predisposição a enchentes podem passar a sofrer com estes fenômenos em função da impermeabilização do solo e ocorrências de eventos de chuvas extremas.

Eventos extraordinários de precipitação elevam os picos de vazão ao máximo e de acordo com Tucci (2009), a precipitação crítica só pode ser identificada a partir da análise de longas series temporais de chuva, de forma que o estudo das precipitações máximas se torna fundamental na determinação da vazão em cheias.

Devido à inexistência de equação de chuvas intensas para o município de Americana, adotou-se a equação de chuvas intensas de Campinas em função da

proximidade da bacia com o município de Campinas. A equação proposta por Vieira (1981), baseia-se em uma análise de dados de precipitação de 33 anos, (1946 a 1978) de chuva.

Apesar de não ser recente a equação de Vieira (1981), ainda é utilizada em diversos trabalhos como Colombo, (2002), Zuffo (2004), e também é a equação disponível na publicação do DAEE de equações de chuvas intensas para o Estado de São Paulo (1999).

Equação de chuvas intensas para o município de Campinas em mm/h:

Equação de Chuvas intensas.

$$I = \frac{2542.9 * T r^{0.136}}{(t+20)^{0.948} * T r^{0.007}} \quad (11)$$

Após a inserção da equação de chuvas intensas no *software* IPHS 1, foi possível obter as curvas de intensidade/duração/frequência. Estes dados definem a chuva do projeto. Os hidrogramas foram gerados em 6 intervalos de 600s, a partir altura da lamina desagregada, como salienta Moraes (2011), a simulação da cheia de projeto está associada a um tempo de retorno (TR), ou seja, a probabilidade de ocorrência do evento ou o tempo médio em anos em que o evento é igualado ou superado. Foram adotados para este projeto os tempos de retorno de 5, 10, 20 e 50 anos.

Os hidrogramas foram gerados a partir da verificação de alteração no uso da terra nos cenários mapeados de 1977, 1996, 2008 e 2016. Foram gerados hidrogramas para cada uma das 4 sub bacias delimitadas e seus respectivos tempos de retorno, a fim de melhor verificar o comportamento da rede de drenagem por setores. Portanto os hidrogramas foram gerados nos quatro tempos de retorno nos quatro cenários mapeados. Nos pontos de encontros entre as sub-áreas são gerados hidrogramas que representam a vazão de saída de cada setor, que também representam a vazão de entrada para o trecho seguinte (Figuras 23, 24, 25 e 26).

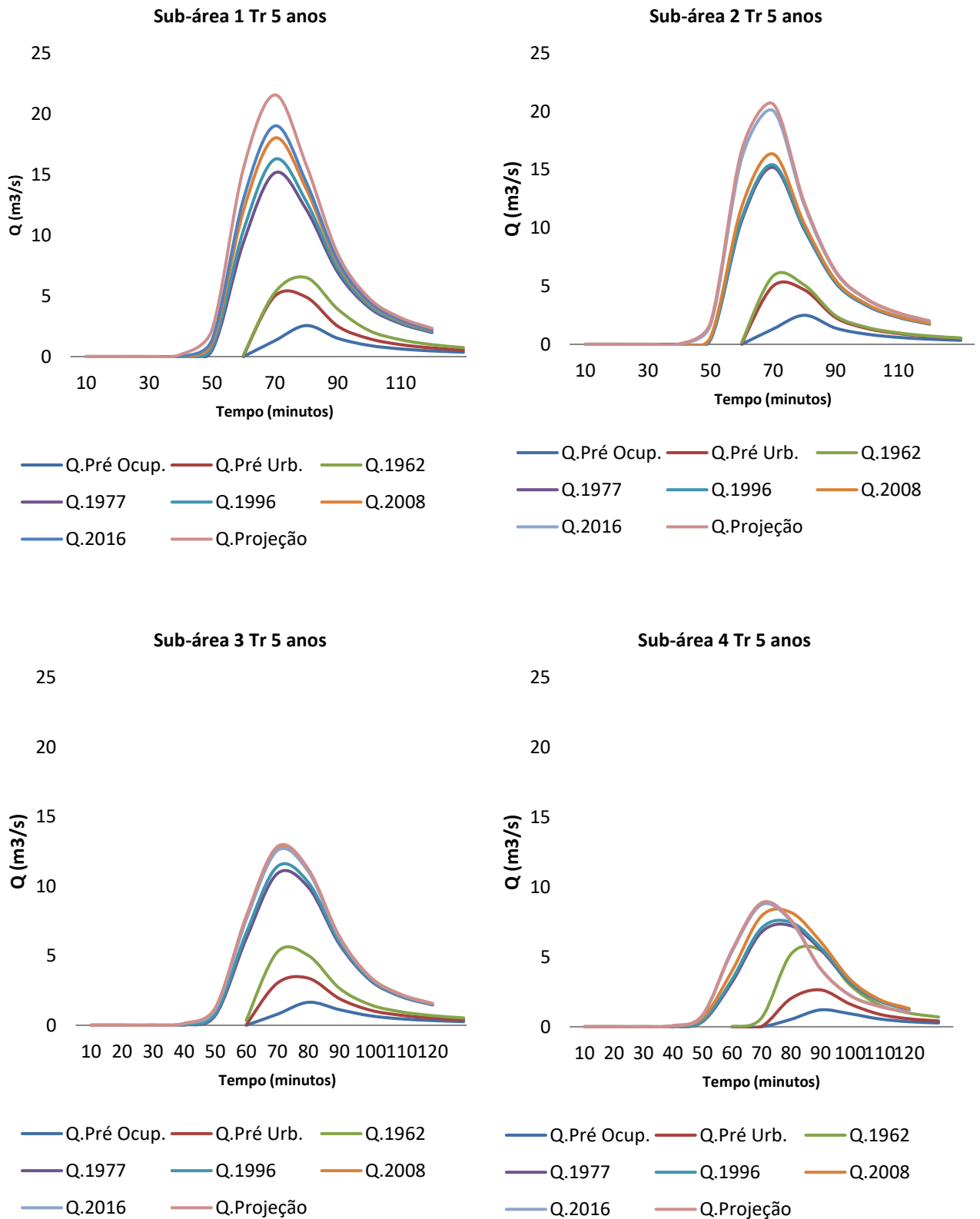


Figura 23: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 5 anos.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

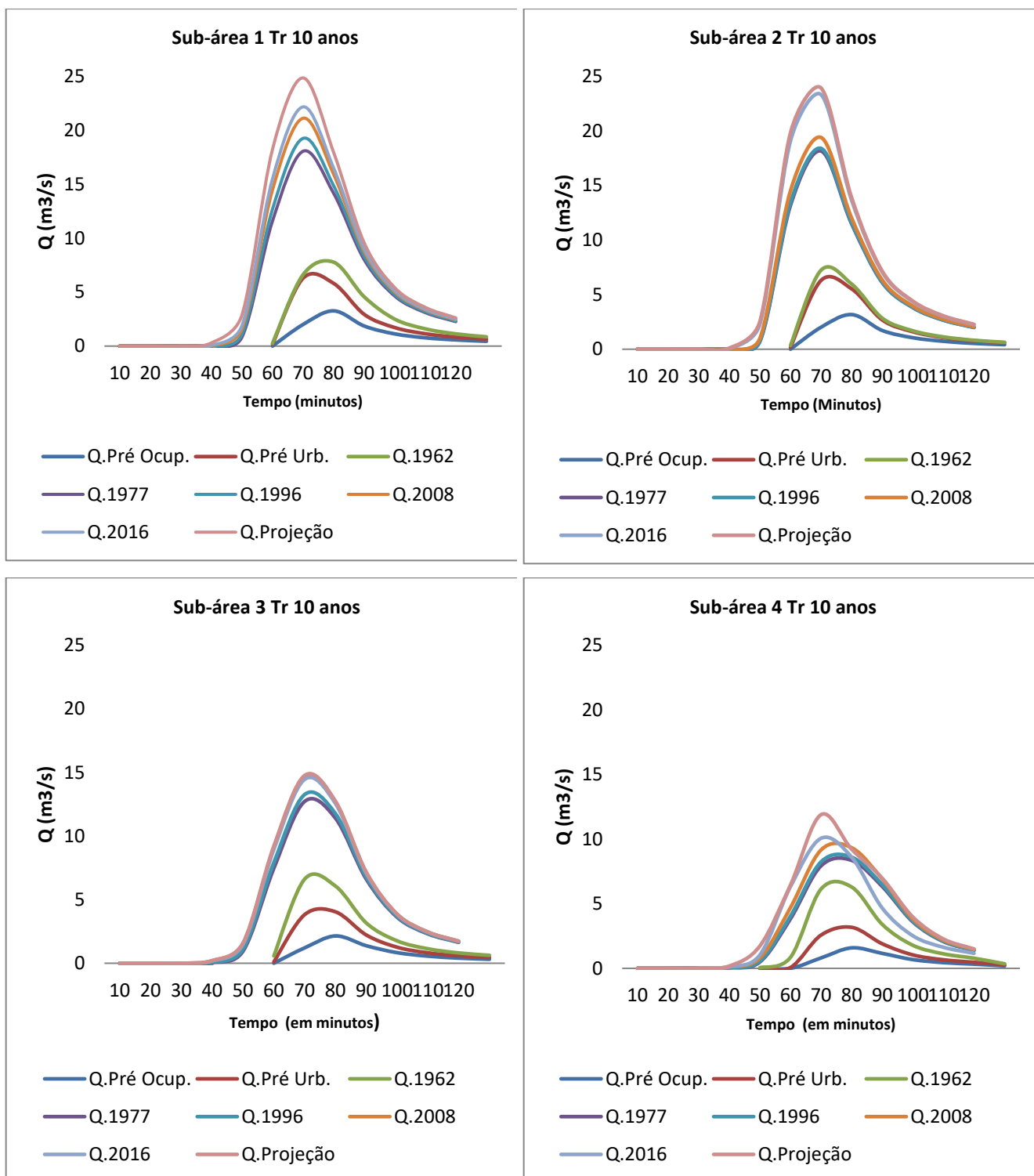


Figura 24: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 10 anos.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

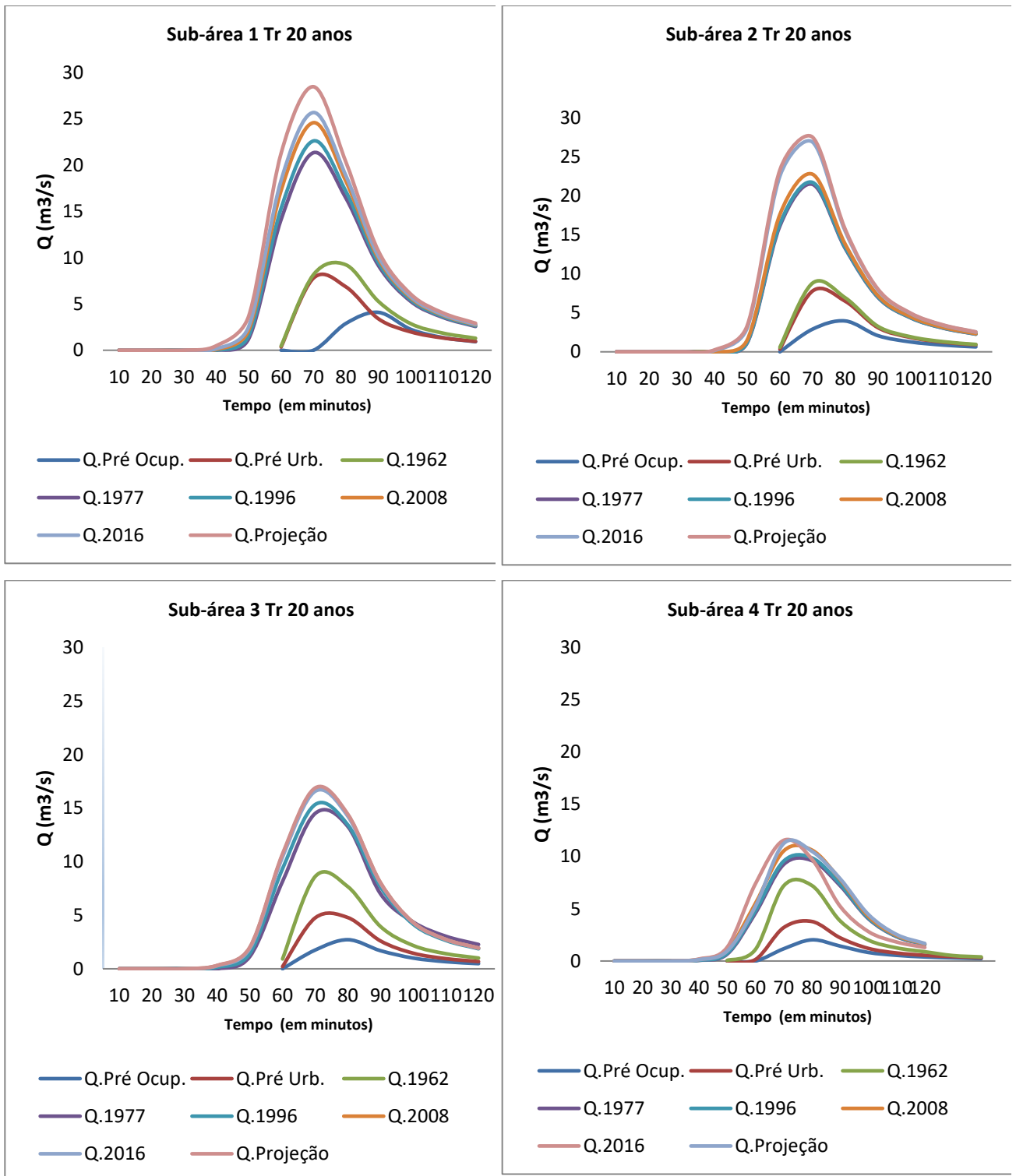


Figura 25: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 20 anos.
 Fonte: Elaborado pelo autor.

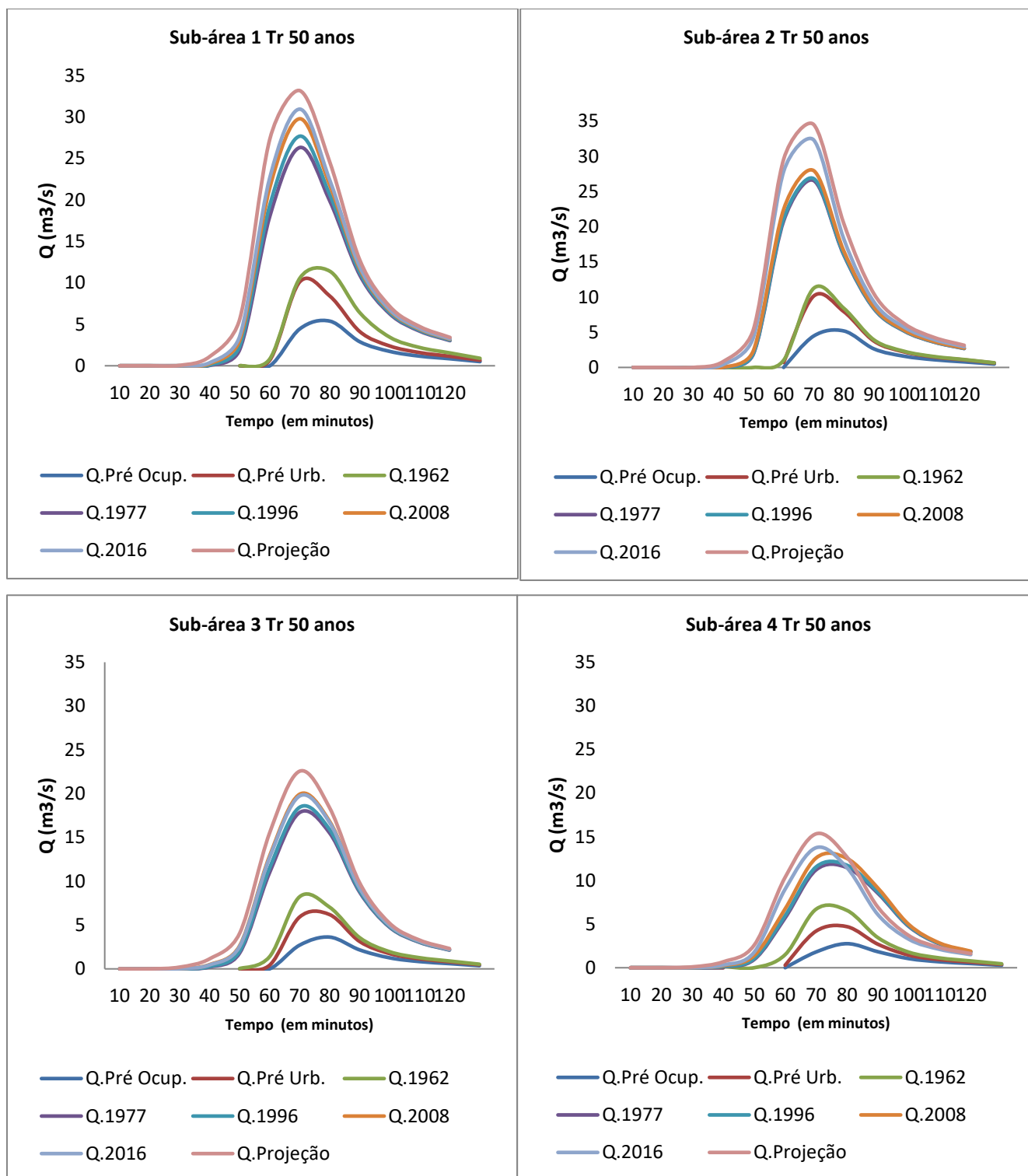


Figura 26: Hidrogramas das sub-áreas para uma TR de 50 anos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar que, em linhas gerais, a vazão do Córrego do Parque apresenta progressão contínua, aumentando continuamente de acordo com os cenários e com os tempos de retorno. Entretanto o comportamento da onda da

cheia muda em cada uma das sub-áreas em função do uso da terra e das transformações ocorridas no canal ao longo do tempo e do espaço.

O comportamento dos fluxos d'água são bastante semelhantes entre os cenários de 1977, 1996 e 2008. Isto deve-se a obra de canalização e retinilização realizada no final da década de 1960, de modo que nesses períodos o canal apresentava as mesmas características, assim os parâmetros de entrada nos três cenários são bastante parecidos. As principais diferenças estão relacionadas a impermeabilização da bacia (expressa pelo aumento nos valores do CN) e do n de Manning (rugosidade), dos materiais que recobrem a área de extravasamento do canal. Em 2011 deu-se início a uma nova obra de recanalização que atribuiu ao canal novas características, de modo que o cenário simulado de 2016 e 2020 apresentam vazões bastante superiores aos anos anteriores.

A sub-área 1 é a que apresenta maior diferença entre os valores de vazão nos três primeiros cenários (pré-ocupação, pré-ocupação urbana e 1962) em relação aos demais. A ocupação em Americana se deu em um padrão radiocêntrico, partindo da região próxima à estação de trem (localizada na sub-área 4). Deste modo a ocupação foi seguindo a oeste, na bacia do Córrego do Parque, progressivamente para a sub-área 3, sub-área 2 e, por fim, a sub-área 1, que faz divisa com o município de Santa Barbara do Oeste. Em 1962 está sub-área encontrava-se predominantemente ocupada por gramíneas, arbóreos e em algumas áreas arruamento de solo exposto sinalizando o início do loteamento na área, que só seria efetivamente urbanizada na década seguinte.

Observa-se que nos três primeiros cenários a vazão desta sub-área não passa de 7 m³/s e o pico da cheia é menos agudo. Por outro lado, a partir de 1977 o pico da cheia passa de 15,15 m³/s (1977), 16,27 m³/s (1996), 18,02 m³/s (2008), 19,02 m³/s (2016), chegando a 21,58 m³/s na projeção para 2020, para o tempo de retorno de 5 anos. Este aumento deve-se e as mudanças no uso da terra e em especial a canalização do Córrego do Parque que aumentou significativamente a velocidade de escoamento do canal.

Nesta sub-área os maiores picos de vazão são observados 70 minutos após o início da chuva, sendo quase 22 m³/s no cenário de 2020 (TR 5) e 27,7 m³/s em TR 20 anos. Considerando o cenário pré-ocupação a sub-área apresenta vazão máxima de 2,56 m³/s, em um TR de 5 anos, e de 45,32 m³/s na TR de 50 anos, neste cenário o pico da cheia está em 80 minutos após o início das chuvas.

A sub-área 2 apresenta comportamento da curva de vazão um pouco diferente em relação a sub-área 1. No cenário pré-ocupação a vazão máxima é de 4,49 m³/s próximo dos 80 minutos de chuva, entretanto no cenário pré-ocupação urbana e 1962 o pico da cheia está próximo dos 70 minutos e é de 5,86, para o TR de 5 anos. Para o TR de 50 anos as vazões máximas são de 4,47, 10,15 e 11,25 m³/s para pré-ocupação, pré-ocupação urbana e 1962 respectivamente.

Novamente a partir de 1977 os valores de vazão são bastante superiores aos cenários anteriores. Os anos de 1977, 1996 e 2008 possuem vazões máximas próximas (15,21 m³/s, 15,43 m³/s e 16,36 m³/s) praticamente o tripulo de 1962. Os cenários de 2016 e a projeção para 2020 apresentam vazões de 20,08 e 20,66 m³/s respectivamente, também para o TR de 5 anos. O TR de 10 anos incrementa as vazões em média em aproximadamente 25 % em todos os cenários, o TR de 20 anos acrescenta até 45% as vazões, enquanto que o TR de 50 incrementa as vazões observadas em TR 5 entre 60 e 80%.

É interessante observar que, assim como na sub-área 1, no cenário em que se pretende simular um estado pré-ocupação, ou seja, aquele em que a vegetação se encontra em seu estado natural, o pico da vazão é quase o dobro em relação ao segundo cenário com menor vazão, pré-ocupação urbana, denotando que mesmo com o uso simulado como cultivo e pastagem, altera-se o CN de modo que ocorre um aumento significativo na vazão.

A sub-área 3 possui uma área de contribuição menor em relação as sub-áreas 1 e 2, conseqüentemente suas vazões são menores. A discrepância de vazão entre os cenários também é menor, pois nesta bacia já em 1962 já se observa um grande nível de ocupação urbana, aumentando a impermeabilização do solo. Como os valores de CN são relativamente próximos, exceto em pré-ocupação, as maiores diferenças se encontram nas características do canal.

Nesta sub-área (e na 4) cabe destaque o cenário de 1962, que já se encontrava canalizado. De modo que o canal passa de sua forma natural em leito de cascalho para uma forma retelinizada em gabião e concreto.

A vazão máxima de 1977 é o dobro da vazão simulada para 1962, 5,26 e 10,90 m³/s (TR 5) e 8,89 e 17,27 m³/s (TR 50). Entretanto como já havia um certo grau de ocupação a partir da década de 1962 as vazões entre os cenários posteriores não apresentam grandes diferenças. Entre as vazões simuladas para

o TR de 5 anos e o TR de 50 anos há um incremento de aproximadamente 50% na vazão.

O comportamento do sub-área 4 é bastante semelhante à sub-área 3, pois ambas já se encontravam urbanizadas em 1962, e apesar de aumentar o número de construções e da impermeabilização do solo a proporção foi menor nestas bacias em relação as sub-áreas 1 e 2, assim, observa-se que as vazões desta sub-área são as que apresentam menor amplitude entre os cenários.

No cenário pré-ocupação a vazão não passa de 1,3 m³/s, chegando a 5,47 m³/s em 1962 e 8,73 m³/s em 2016, na simulação de 2020 obteve-se uma vazão de 8,87 m³/s, para um TR de 5 anos. O pico da cheia estão entre 80 e 90 minutos para os cenários pré-ocupação, em 80 minutos para 1962 e em torno de 70 minutos para os anos de 1977, 1996, 2008, 2016 e 2020. (Vazões de 7,23 m³/s, 7,47, 8,18, 8,73 e 8,87 m³/s respectivamente para TR de 5 anos).

No tempo de retorno de 10 anos o pico há um aumento na vazão de aproximadamente 20% em relação ao TR de 5 Anos, no TR de 20 anos o aumento é de 50% e para TR de 50 anos o incremento é de em média 80%.

7. Considerações finais

Este estudo teve como objetivo analisar os hidrogramas de acordo com as alterações na ocupação e uso da terra em 8 cenários temporais distintos. Trata-se de um estudo essencialmente comparativo sobre o impacto das alterações no uso da terra sobre a dinâmica da drenagem urbana.

Graças ao conjunto de critérios considerados neste trabalho foi possível ter uma visão integrada e dinâmica dos processos que se desenvolvem nesta bacia, bem como a relação entre os diversos elementos relacionados com a dinâmica do escoamento superficial (características pedológicas, climáticas, uso da terra, dentre outros).

Nesse sentido o *software* IPHS1 foi bastante útil, pois ele possui algoritmos que permitem uma correlação entre esses diversos elementos. Cabe destacar que o IPHS 1 é um programa gratuito, disponível para o uso de qualquer pessoa, empresa ou administração pública, portanto ele se mostra uma importante ferramenta não apenas em trabalhos acadêmicos, mas principalmente como

subsídio ao planejamento urbano e na elaboração de diretrizes de gestão de bacias hidrográficas.

Analisando os hidrogramas gerados observa-se que o cenário com menores picos de vazão foi o de pré-ocupação seguido do cenário de pré-ocupação urbana e 1962 (em especial as sub-áreas 1 e 2) enquanto que no cenário em que se simulou o ano de 2020 houve as maiores vazões. As vazões aumentaram sistematicamente nos maiores tempos de retorno.

Este comportamento aponta apontando para o fato de que as alterações no uso da terra foram responsáveis pelo aumento da vazão conforme o aumento da urbanização e consequente impermeabilização do solo.

Desde a década de 1960, Americana vem enfrentando um forte processo de adensamento urbano, este processo ficou evidente na análise das sub-áreas 3 e 4 que já se encontravam praticamente 100% urbanizadas desde 1962, de modo que a diferença de vazão entre os cenários pós 1962 foi menor em relação a sub-área 1 e 2.

As sub-áreas 1 e 2 que ainda apresentavam grandes áreas não urbanizadas neste período, foram as que mais sofreram mudanças no processo de evolução de ocupação da terra e que mais impactaram sobre o sistema de drenagem. Estas duas áreas estão localizadas a jusante das demais, portanto seu manejo e controle de ocupação são fundamentais no processo de gestão da bacia, principalmente no que concerne a eventos de inundações e enchentes.

Deste modo torna-se evidente a intrínseca relação entre as alterações no uso da terra, que aumentaram a impermeabilização do solo, com o aumento na vazão no Córrego do Parque, que desencadeou os primeiros eventos de inundações na bacia. Apesar de obras recentes para contenção das inundações terem sido implementadas o problema não foi resolvido, pois o método empregado na obra consiste essencialmente no aprofundamento do canal. O material empregado na obra é o concreto, que possui baixa rugosidade, o que aumenta a velocidade de escoamento, jogando o problema das inundações para as áreas a jusante.

Diversas soluções são possíveis para solucionar os problemas das recorrentes inundações, dentre elas pode-se elencar medidas estruturais (como aumento das galerias pluviais, troca do material de revestimento do canal, aprofundamento do canal, bacias de retenção e amortecimento, degraus de

amortecimento e etc) e não estruturais (sistemas de previsão e alerta, educação para o risco, securitização das áreas de risco, planos de contingenciamento e etc), entretanto cabe destaque medidas que propiciem o aumento da infiltração da água pluvial no solo (aumento de áreas não edificadas, áreas verdes, parques, praças e também espaços dentro dos lotes destinados a infiltração de água no solo), o que possibilitaria a diminuição dos picos de vazão e conseqüentemente o risco de inundações.

Por fim este trabalho consiste em mais um exemplo de emprego de metodologias que possibilitam dimensionar a relação do uso da terra com o aumento de vazão em córregos urbanos. Com esse trabalho pretende-se somar esforços para a construção de um plano de drenagem urbana para o município de Americana, que integre questões relacionadas a dinâmica hidrológica dos canais, planejamento e regulamentação do uso da terra.

8. Referências bibliográficas

- AB'SABER, Aziz Nacib. A terra paulista. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 23, p. 5-38, 1956.
- AHMAD, S. S.; SIMONOVIC, S. P. A three-dimensional fuzzy methodology for flood risk analysis. **Journal of Flood Risk Management**, v. 4, n. 1, p. 53-74, 2011.
- ALCÁNTARA-AYALA, Irasema. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology**, v. 47, n. 2, p. 107-124, 2002.
- Alexander, D. Natural Disasters. UCL Press and Chapman & Hall, New York, 632 pp. 1993.
- BIRKMAN, J. Risk vulnerability indicator at different scales applicability usefulness and policy implications. **Environmental Hazards**, v.7, n 1. 20-31. 2007
- BORJA, Patrícia Campos; MORAES, Luiz Roberto Santos. Saneamento como um direito social. **ASSEMBLÉIA DA ASSEMAE**, v. 35, 2005.
- BOUYOUCOS, G. J. (1927). The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. **Soil Science**, 23(5), 343-354.
- BRAGA, Roberto; CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. Recursos hídricos e planejamento urbano e regional. In: **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Laboratório de Planejamento Municipal; Deplan; UNESP, 2003.
- BRITO, Débora Silva de. **Metodologia para seleção de alternativas de sistemas de drenagem**. 2006.
- BUENO, Laura Machado de Mello; CYMBALISTYA, R. Reflexões sobre o futuro da sustentabilidade urbana a partir de um enfoque socioambiental. **Cadernos metrópole**, n. 19, p. 10, 2008.
- BURGER, Juliana Bandeira. A paisagem nos planos de saneamento de Saturnino de Brito: entre Santos e Recife (1905-1917). **Recife: O Autor**, v. 160, 2008.

- CAMARGO, O. A., et. al. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas. Boletim Técnico, n. 106, Campinas, 1986.
- CANHOLI, A. P. Urban Drainage and Flood Control. **Oficina de Textos Publisher, São Paulo, Brazil (in Portuguese)**, 2005.
- CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de Textos, 2015.
- CARVALHO, Pompeu Figueiredo de. Águas nas cidades: reflexões sobre usos e abusos para aprender novos usos. **BRAGA, R.; CARVALHO, PF Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional, LPM/Deplan/IGCE-Unesp, Rio Claro**, p. 09-35, 2003.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA - CEPAGRI. Clima de Campinas. Disponível em <<http://www.cepagri.unicamp.br>>. Acesso em: mai 2016.
- Chelleri, L (2012), "From the 'Resilient City' to Urban Resilience. A review essay on understanding and integrating the resilience perspective for urban systems", Documents d'Anàlisi Geogràfica Vol 58, No 2, pages 287–306.
- COLLISCHONN, Walter. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2001.
- COLOMBO, Jairo Cezar. **Diagnostico e diretrizes para plano diretor de drenagem urbana.Ribeirao Quilombo - Americana- SP**. I Jairo CezarColombo.--Campinas, SP: [s.n.], 2002.
- COSTA, Benhur P. da. As relações entre os conceitos de território, identidade e cultura no espaço urbano: por uma abordagem microgeográfica.**Geografia: temas sobre cultura e espaço. Rio de Janeiro: EdUERJ**, p. 79-113, 2005.
- CRUZ, Marcus AS; SOUZA, Christopher Freire; TUCCI, Carlos EM. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais. São Paulo**, 2007.
- CUNHA, Maria Inez Resende. Inundações brasileiras—uma questão de política pública. In: **Congresso virtual Brasileiro—Administração**. 2012.
- DE BRUIJN, Karin M. Resilience and flood risk management. **Water Policy**, v. 6, n. 1, p. 53-66, 2004.
- DE ESTUDOS, Centro Universitário. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. **Florianópolis: CEPED, UFSC**, 2012.
- DE ESTUDOS, Centro Universitário. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume São Paulo. **Florianópolis: CEPED, UFSC**, 2012.
- DE LA CRUZ-REYNA, S. Long-term probabilistic analysis of future explosive eruptions. In: **Monitoring and Mitigation of Volcano Hazards**. Springer Berlin Heidelberg, 1996. p. 599-629.
- DEÁK, Csaba; SCHIFFER, Sueli Terezinha Ramos. **O processo de urbanização no Brasil**. Edusp, 1999.
- DECINA, Thiago Galvão Tiradentes; BRANDÃO, João Luiz Boccia. Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana. **Eng. sanit. ambient**, v. 21, n. 1, p. 207-217, 2016.
- Defesa Civil, Minas Gerais. Boletim Estadual de Defesa Civil. 2013.
- DHA, U. N. Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management. **UN DHA (United Nations Department of Humanitarian Affairs), Geneva**, 1992.
- DICKEL, Mara Eliana Graeff. Eventos climáticos extremos na sub-bacia hidrográfica do Rio Ribeira do Iguape e Litoral Sul, SP: Defesa Civil e capacidade operacional para a gestão de riscos. 2016.
- EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. Université Catholique de Louvain. Brussels, Belgium. 2006.

- FELIX, Iara Musse; KAZMIERCZAK, Marcos Leandro; ESPINDOLA, Giovana Mira. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil,, INPE**, p. 7619-7622, 2009.
- FONTES, Nádia. Proposta metodológica para planejamento de sistemas de espaços livres: Ribeirão Preto-SP. 2009.
- GANOULIS, J. G. **Engineering risk analysis of water pollution: probabilities**. 1994.
- GARCIA, Renato. Economias externas e vantagens competitivas dos produtores em sistemas locais de produção. **FACEF Pesquisa-Desenvolvimento e Gestão**, v. 6, n. 3, 2003.
- HARDOY, Jorgelina; PANDIELLA, Gustavo; BARRERO, Luz Stella Velásquez. Local disaster risk reduction in Latin American urban areas. **Environment and Urbanization**, v. 23, n. 2, p. 401-413, 2011.
- HEYMANN, Y. **Corine land cover technical guide**. Colaboração de Chris Steenmans, Guy Croisille e Michel Bossard. Luxembourg: European Commission, 1994. 136 p.
- HEYMANN, Y. **Corine land cover technical guide**. Colaboração de Chris Steenmans, Guy Croisille e Michel Bossard. Luxembourg: Statistical Office of the European Communities - Eurostat, 1994. 136 p.
- HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual review of ecology and systematics**, v. 4, p 1-23, 1993.
- IAC (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS). Mapa Semidetalhado dos Solos do Estado de São Paulo: Campinas, 1977.
- IAOCHITE, J. C. **Apropriação e revalorização do espaço urbano: análise da ocorrência de brownfields no município de Americana-SP**. 121 f. 2005. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Geografia)–Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. *in* **Manuais Técnicos em Geociências, n. 7**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013.
- INOUYE, Kelly P.; SOUZA, L.; PIMENTEL, Cristina IC. MODELO PARA PROGNÓSTICO DE CUSTOS DO SISTEMA DE DRENAGEM SUPERFICIAL PARA CONJUNTOS DE HABITAÇÕES UNIFAMILIARES. **XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído**, 2006.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT/MINISTERIO DAS CIDADES. 2007.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS; RED CRESCENT SOCIETIES; CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. **World Disasters Report**. Martinus Nijhoff, 2000.
- KANDEL, William A. 2. Population Growth, Urbanization, and Disaster Risk and Vulnerability in Metropolitan Areas: A Conceptual Framework. **Sign**, v. 525, n. 1, p. 7-20.002, 1992.
- KAWATOKO, Ivie Emi Sakuma. **Estabelecimento de cenários de medidas estruturais e não-estruturais para gestão das águas urbanas em escala de lote**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- KOBIYAMA, MASATO et al. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, v. 1, p. 834-846, 2004.
- KOBIYAMA, Masato *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- KOBIYAMA, Masato et al. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C. 1979. **Mapeamento Faciológico do Grupo Tubarão**. Convênio DAEE-UNESP, São Paulo
- LARANJEIRA, Lia Raineri. Utilização da lógica difusa na caracterização de áreas favoráveis à disposição de resíduos sólidos no município de Americana (SP). 2003.
- LIMA, Daniela Morelli. **Americana em um século: a evolução urbana de uma cidade industrial de porte médio**. Annablume, 2002.

- LIMA, Raimundo Humberto Cavalcante. **Configuração geológico-geotécnica da região de Americana-SP, utilizando sondagens à percussão de simples reconhecimento**. 1997. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Área de Concentração em Geociências e Meio Ambiente.
- LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J.B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. p. 99-124. Campinas, 1989
- Marcelino, E. V. Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos. 2008. **Caderno Didático nº 1**. INPE/CRS, Santa Maria, 2008.38p.
- MARCELINO, Emerson Vieira. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. **Caderno Didático**, v. 1, p. 34, 2007.
- MARCELINO, Emerson Vieira; NUNES, Lucí Hidalgo; KOBIYAMA, Masato. BANCO DE DADOS DE DESASTRES NATURAIS: ANÃ? LISE DE DADOS GLOBAIS E REGIONAIS/Natural disaster databases: global and regional analysis. **Caminhos de Geografia**, v. 7, n. 19, 2006.
- MATHIAS, Dener Toledo. Contribuição metodológica para o diagnóstico da dinâmica erosiva linear e seu prognóstico evolutivo visando subsidiar projetos de recuperação. 2016.
- MATHIAS, Dener Toledo. Propostas de recuperação de áreas peri-urbanas erodidas com base em parâmetros hidrológicos e geomorfológicos: Córrego Tucunzinho (São Pedro/SP). 2011.
- MEDEIROS, A. C. **Análise ambiental do processo de urbanização em Americana, SP: diretrizes para elaboração da gestão ambiental, através da técnica do geoprocessamento**. 200f. 2003. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)– Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba.
- MEDEIROS, Alessandra Cristina; FIGUEIREDO, Paulo Jorge Moraes. Processo de Zoneamento no Município de Americana/SP. 2002.
- Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. (2007)**Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176 p.
- MISHRA, Surendra Kumar; SINGH, Vijay. **Soil conservation service curve number (SCS-CN) methodology**. Springer Science & Business Media, 2013.
- MONTANHEIRO, Filipe; CHANG, Hung Kiang; GASTMANS, Didier. Estudo hidroquímico do sistema aquífero tubarão (SAT) no município de Americana, SP. **Revista do Instituto Geológico**, v. 35, n. 1, p. 31-45, 2014.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Clima e a Organização do Espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas. In: **Clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. USP/IGEOG, 1976.
- MONTGOMERY, Mark. United Nations Population Fund: State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth. **Population and Development Review**, v. 33, n. 3, p. 639-641, 2007.
- MORAES, I. C., da Conceição, F. T., da Cunha, C. M. L., & Moruzzi, R. B. Comparação de Metodologias na Definição de Fluxos Acumulados a Partir de Modelos Digitais de Elevação do Terreno Aplicado a Suscetibilidade de Inundações. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 223-235. 2014.
- MORAES, Isabel Cristina. Análise da dinâmica do uso da terra e sua interferência em inundações na cidade de Rio Claro (SP). 2011.
- MULLER, Mike. Adapting to climate change water management for urban resilience. **Environment and Urbanization**, v. 19, n. 1, p. 99-113, 2007.
- NATIONS, United et al. **Natural hazards, unnatural disasters: the economics of effective prevention**. The World Bank, 2010.
- NEARING, M. A. *et al*. CURVE NUMBERS AND GREEN-AMPT EFFECTIVE HYDRAULIC CONDUCTIVITIES¹. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 32, n. 1, p. 125-136, 1996.

NOBRE, Carlos A. *et al.* Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. **Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas**, 2010.

OHNUMA JÚNIOR, Alfredo Akira. **Cenários de reúso de água pluvial e controle da drenagem visando a recuperação ambiental da micro-bacia do alto Tijuco Preto, São Carlos-SP**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OJIMA, Ricardo; MARANDOLA JUNIOR, E. Mudanças Climáticas e as Cidades; novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social. **Coleção População e Sustentabilidade. São Paulo. Editora BLUCHER**, 2013.

OLIVEIRA, JB de; ROSSI, M. N.; M CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campinas, SP (Brasil). Centro Nacional de Pesquisa de Solos Instituto Agronômico, Campinas, SP (Brasil), 1999.

PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de. **Modelagem hidrológica e hidrodinâmica de grandes bacias estudo de caso: bacia do rio Solimões**. 2009.

PANCHER, Andréia Medinilha. **Desenvolvimento de métodos para identificação e caracterização de Brownfields têxteis em Americana-SP: potencialidades e limitações da videografia**. Rio Claro. 2006

PARIZZI, Maria Geovana. Desastres naturais e induzidos e o risco urbano. **Revista Geonomos**, v. 22, n. 1, 2014.

PELLING, Mark. Urbanization and disaster risk. In: **Panel Contribution to the Population-Environment Research Network Cyber Seminar on Population and Natural Hazards**. 2007.

PETRI, S. 1964. Grupo Tubarão. **Boletim do Instituto Geográfico e Geológico**, 41: 56-63.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

PONTES, Paulo Rógenes Monteiro. **Instituto de Pesquisas Hidráulicas-IPH**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PORTO, RODRIGO DE MELO. Hidráulica básica. EESC USP, 2ª ed. 2003, 519 p

REED, Sarah Orleans *et al.* "Shared learning" for building urban climate resilience—experiences from Asian cities. **Environment and Urbanization**, v. 25, n. 2, p. 393-412, 2013.

RENNÓ, CAMILO DALELES; SOARES, JOÃO VIANEI. Discretização espacial de bacias hidrográficas. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 10, p. 485-492, 2001.

RODRIGUES, João Antonio. **Façonismo, um sistema de trabalho da indústria têxtil--o exemplo de Americana**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1978.

SARTORI, A. Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos. **Dissertação de Mestrado** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

SARTORI, Aderson; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, Abel Maia. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SAYERS, P. B.; HALL, J. W.; MEADOWCROFT, I. C. Towards risk-based flood hazard management in the UK. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Civil Engineering**. 2002. p. 36-42.

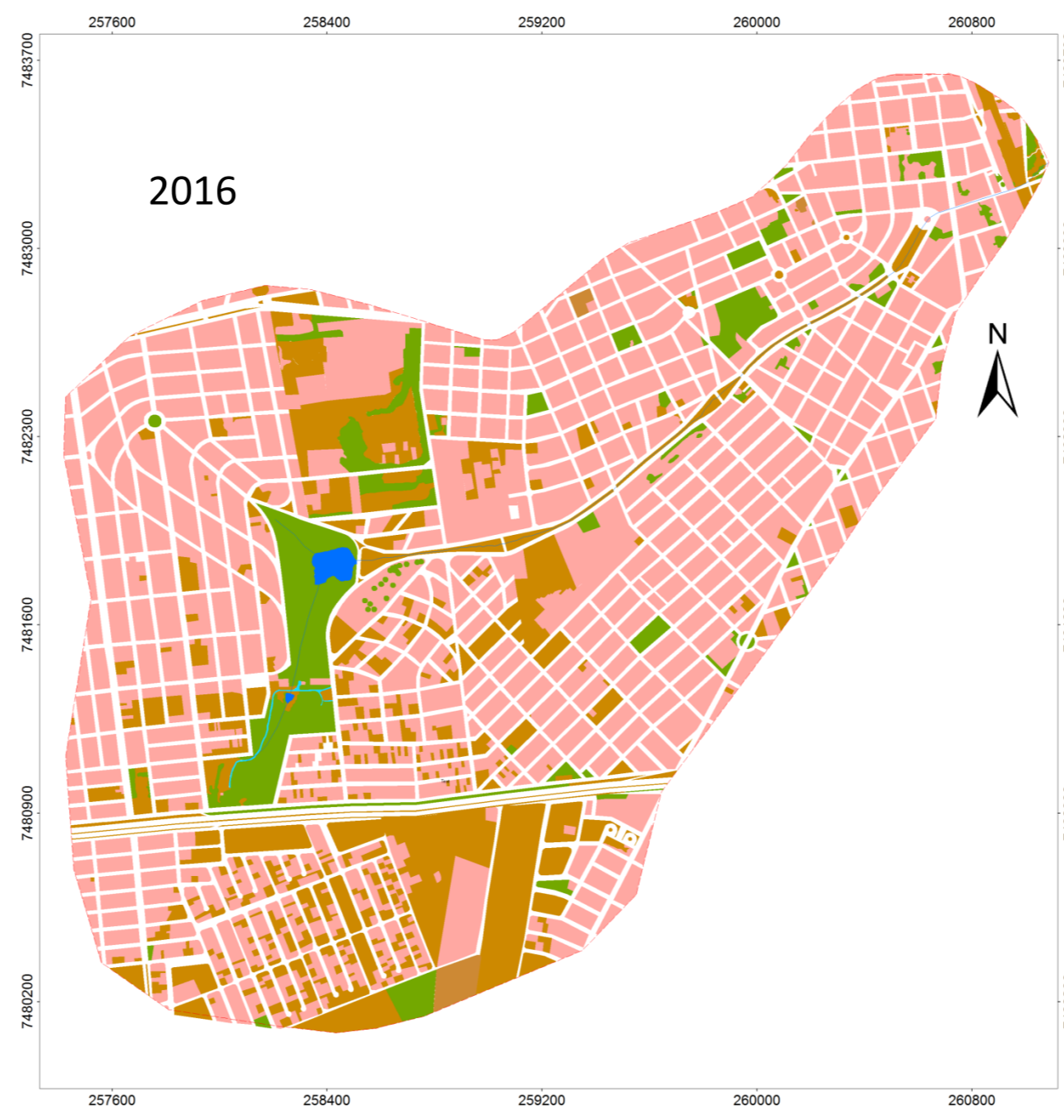
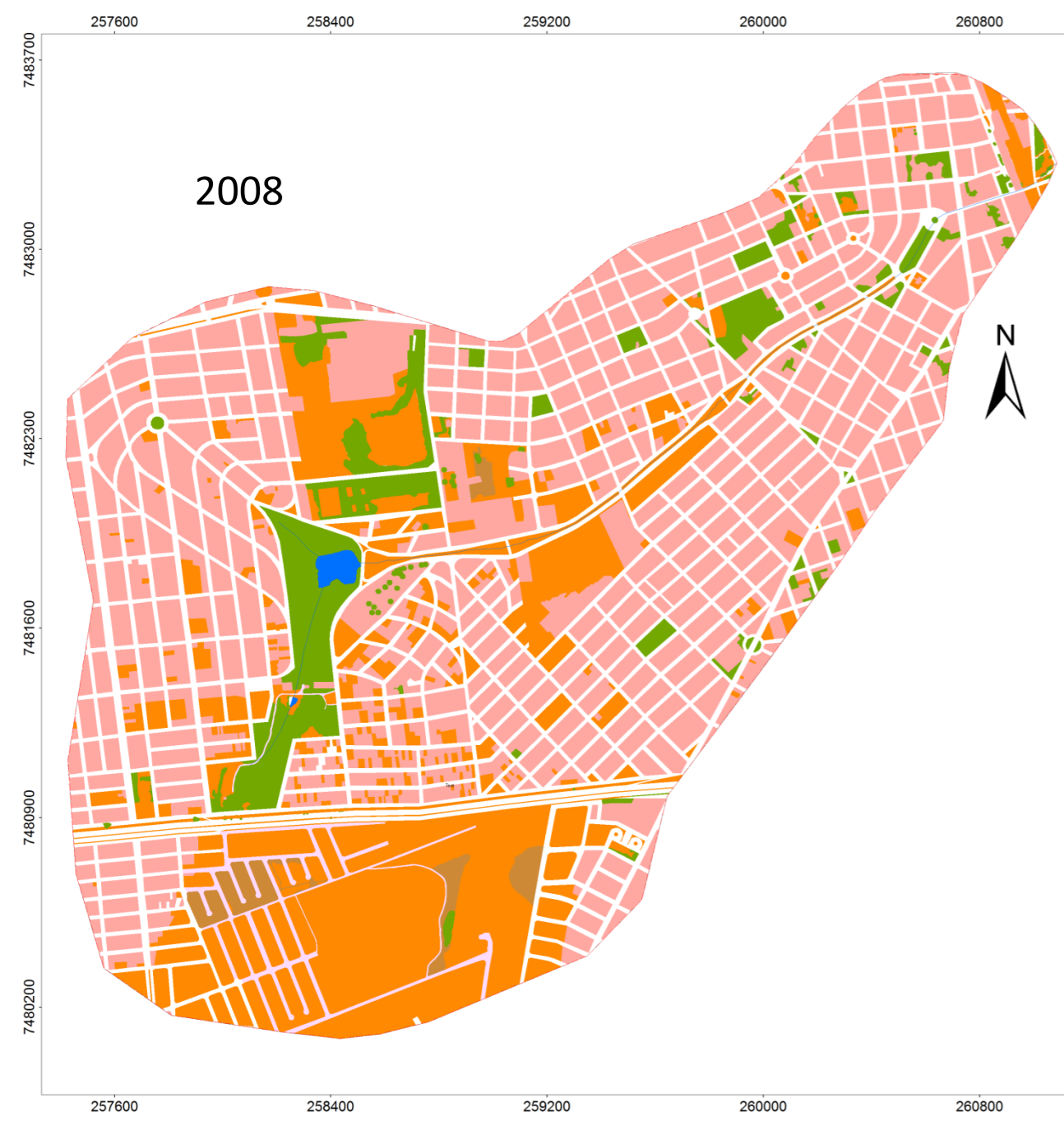
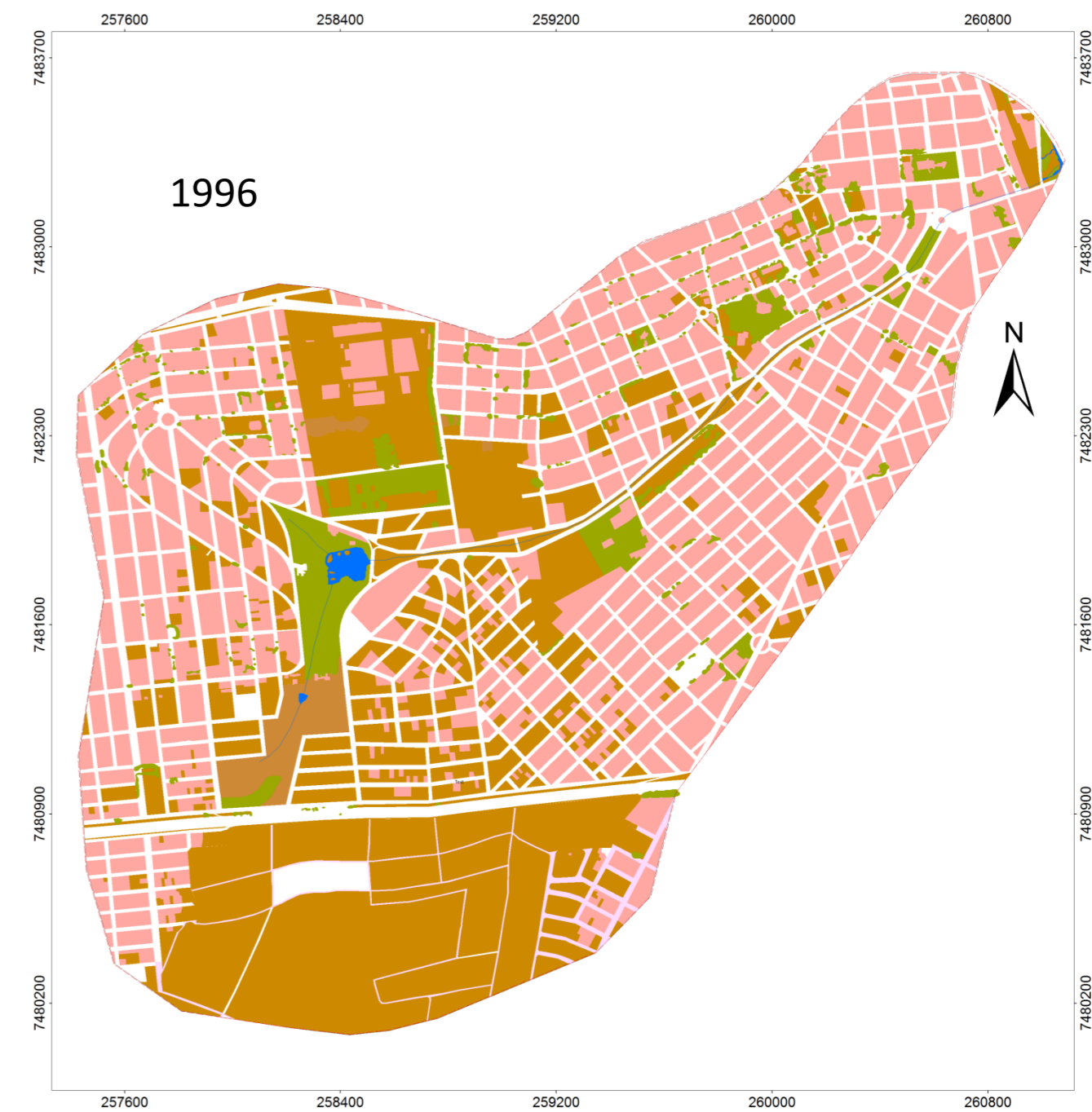
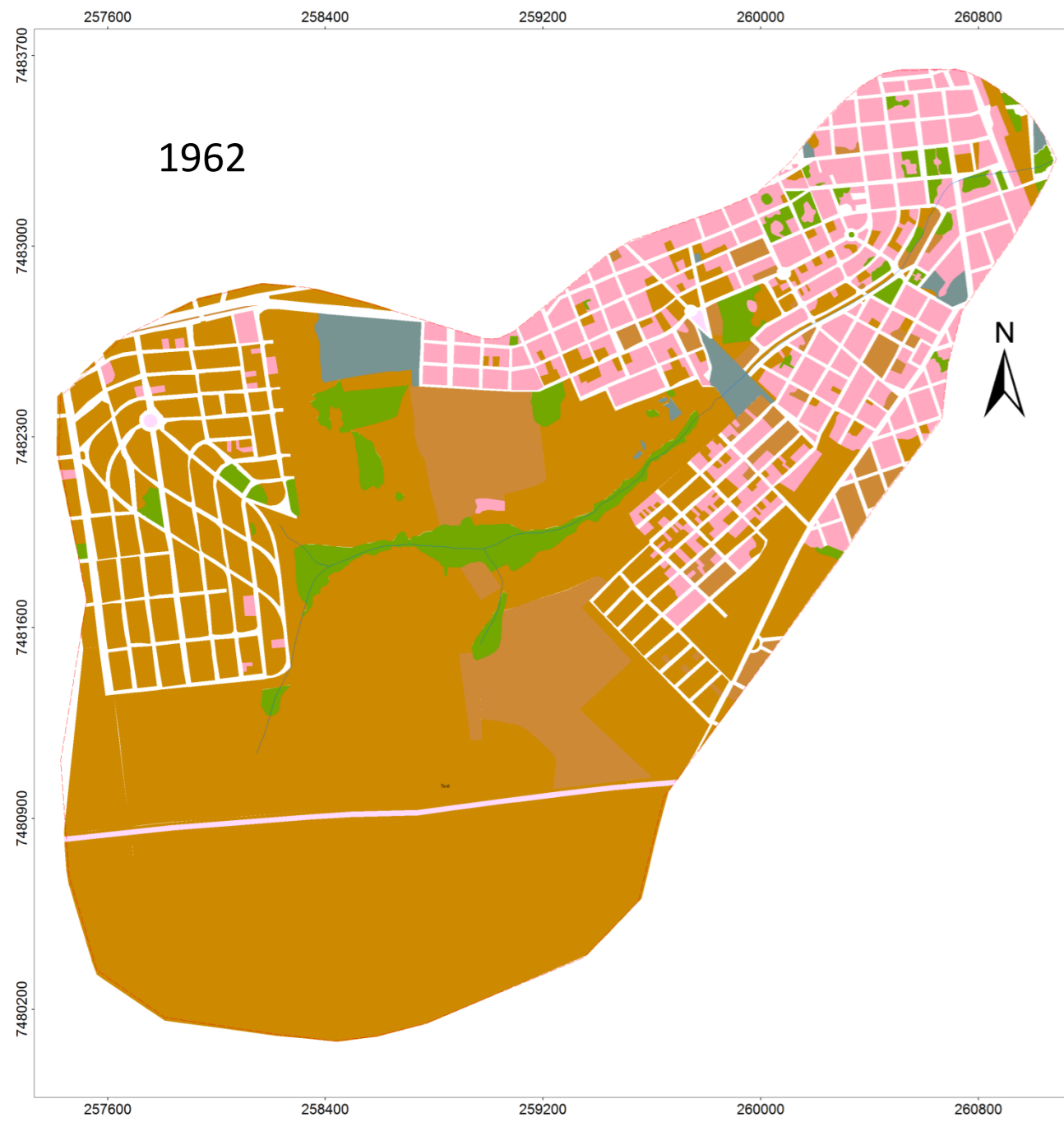
SCHAFER, A. G.; NOGUEIRA, R. E.; SLUTER, C. R. Desenvolvimento de um banco de dados geográfico para a estimativa do potencial de retenção em áreas de drenagem. XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais...-SBSR, Curitiba, PR, Brasil**, v. 30, p. 8709.

SCHOLZ, Miklas; YANG, Qinli. Guidance on variables characterising water bodies including sustainable flood retention basins. **Landscape and urban planning**, v. 98, n. 3, p. 190-199, 2010.

- SCS - Soil Conservation Service. National Engineering Handbook, Chapter 10. **Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall U.S.** Department of Agriculture, Washington, DC. July, 2004.
- SOUZA, Marcelo José Lopes. **A prisão e a ágora: reflexões em torno da democratização do planejamento e da gestão das cidades.** Bertrand Brasil, 2006.
- STENCHION, Phil *et al.* **Development and disaster management.** 1997.
- SUGAHARA, Cibele Roberta; VERGUEIRO, Waldomiro de Castro Santos. Redes sociais: um olhar sobre a dinâmica da informação na rede (APL) Arranjo Produtivo Local Têxtil, de Americana– São Paulo. **Revista Interamericana de Bibliotecología**, v. 34, n. 2, 2011.
- TAVARES, Antonio Carlos. O Clima local de Campinas (Introdução ao Estudo do Clima Urbano). **São Paulo: Departamento de Geografia da FFLCH/USP**, 1974.
- TAVARES, Antonio Carlos; SILVA, Ane Caroline Freschi. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 3, n. 1, 2008.
- TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa. **Revelando os rios: novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na Cidade de São Paulo.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- TRENTIN, Gracieli. O FAÇONISMO NO ESPAÇO URBANO DE AMERICANA-SP. **HOLOS**, v. 2, p. 4-16, 2008.
- TUCCI, C.E.M. Controle de enchentes. In: **Hidrologia: Ciência e aplicação**; 4ª ed. Porto Alegre: ed. UFRGS/ ABRH, 2009. p. 621-652.
- TUCCI, C.E.M. Escoamento Superficial. In: **Hidrologia: Ciência e aplicação**; 4ª ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS/ ABRH, 2009. p. 391-442.
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; ZAMANILLO, E. A.; PASINATO, H. D. Sistema de simulação precipitação-vazão IPHS1. **Porto Alegre: UFRGS-Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**, 1989.
- TUCCI, Carlos EM *et al.* **Inundações urbanas na América do Sul.** Ed. dos Autores, 2003.
- TUCCI, Carlos EM. Águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.
- TUCCI, Carlos EM. Escoamento superficial. **Hidrologia ciência e aplicação. Porto Alegre: Ed. Da Universidade**, 1993.
- TUCCI, Carlos EM; MENDES, C. A. Curso de Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. **Ministério do Meio Ambiente/SQA. Brasília: MMA/SQA**, 2006.
- TUCCI, Carlos EM; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mario TD. Drenagem urbana. In: **Drenagem urbana.** ABRH/UFRGS, 1995.
- TUCCI, CE. Modelos Hidrológicos. Editora da Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos. **Porto Alegre, Brasil**, 1998.
- UNITED STATES. SOIL CONSERVATION SERVICE. **SCS national engineering handbook, section 4: hydrology.** The Service, 1972.
- VIEGAS FILHO, J.; LANNA, A. E. L.; MACHADO, A. A. A modelagem orientada a objetos aplicada a sistemas de apoio à decisão em recursos hídricos. **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 60-60, 1999.
- ZACHARIAS, Andrea Aparecida; GUERRA, Franciele Caroline. O mapeamento das áreas vulneráveis aos riscos ambientais e as políticas públicas municipais para a sustentabilidade do patrimônio ambiental urbano. **Geografia e Pesquisa**, v. 1, n. 9, 2015.
- GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro; SAMPAIO, C. C. A Informação no Contexto dos Planos de Saneamento Básico. **Fortaleza: Expressão Gráfica Editora**, 2010.

Anexos

Anexo 1: Mapas de uso da terra



Convenções Cartográficas

- Hidrografia
- Lagos
- Limite bacia

Legenda

Uso

- Arboreo
- Arruamento de asfalto
- Arruamento com solo exposto
- Edificações
- Gramínea com solo exposto
- Gramínea
- Lago
- Solo exposto

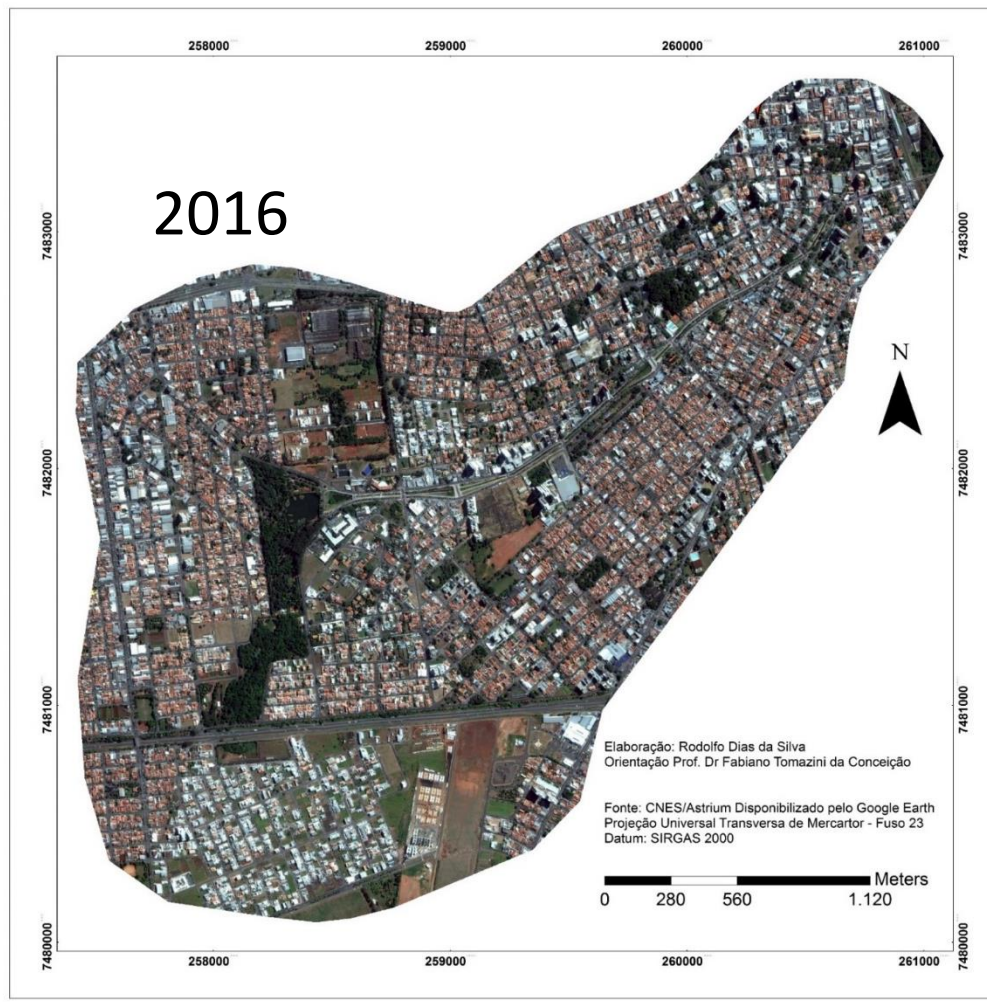
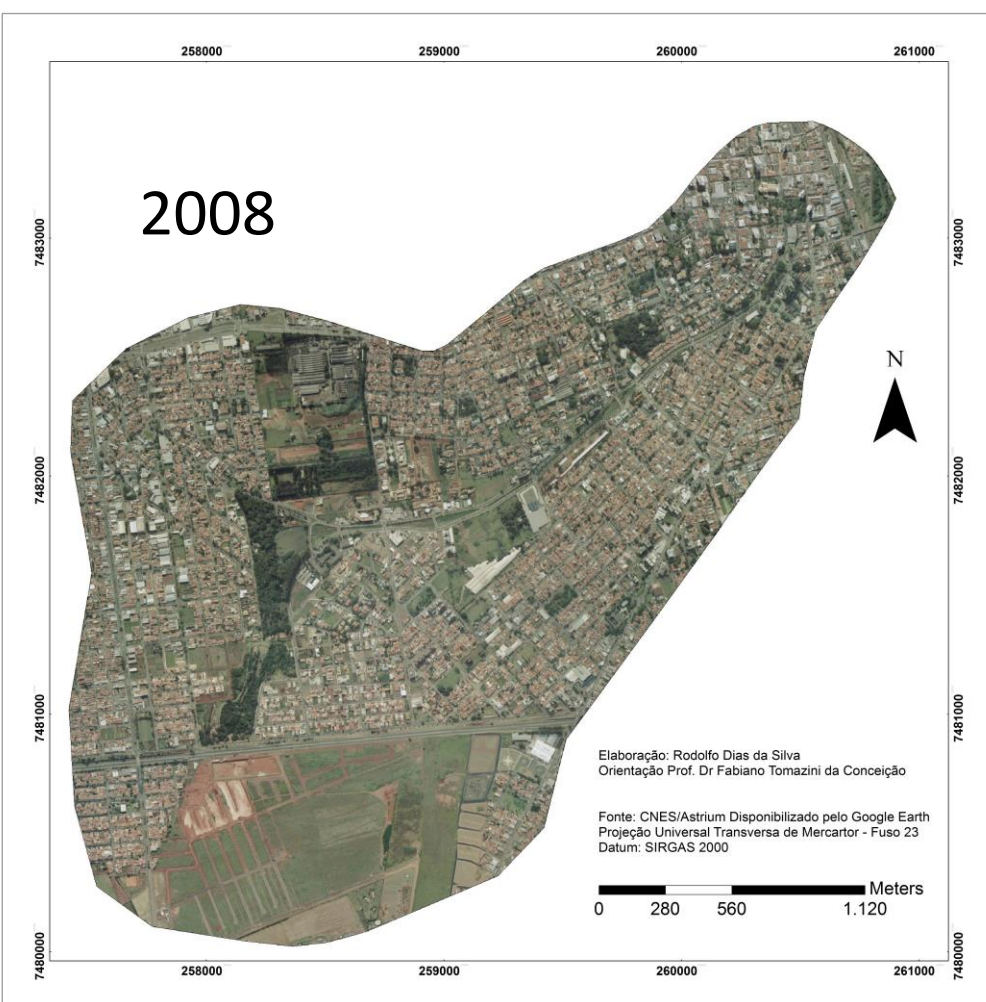
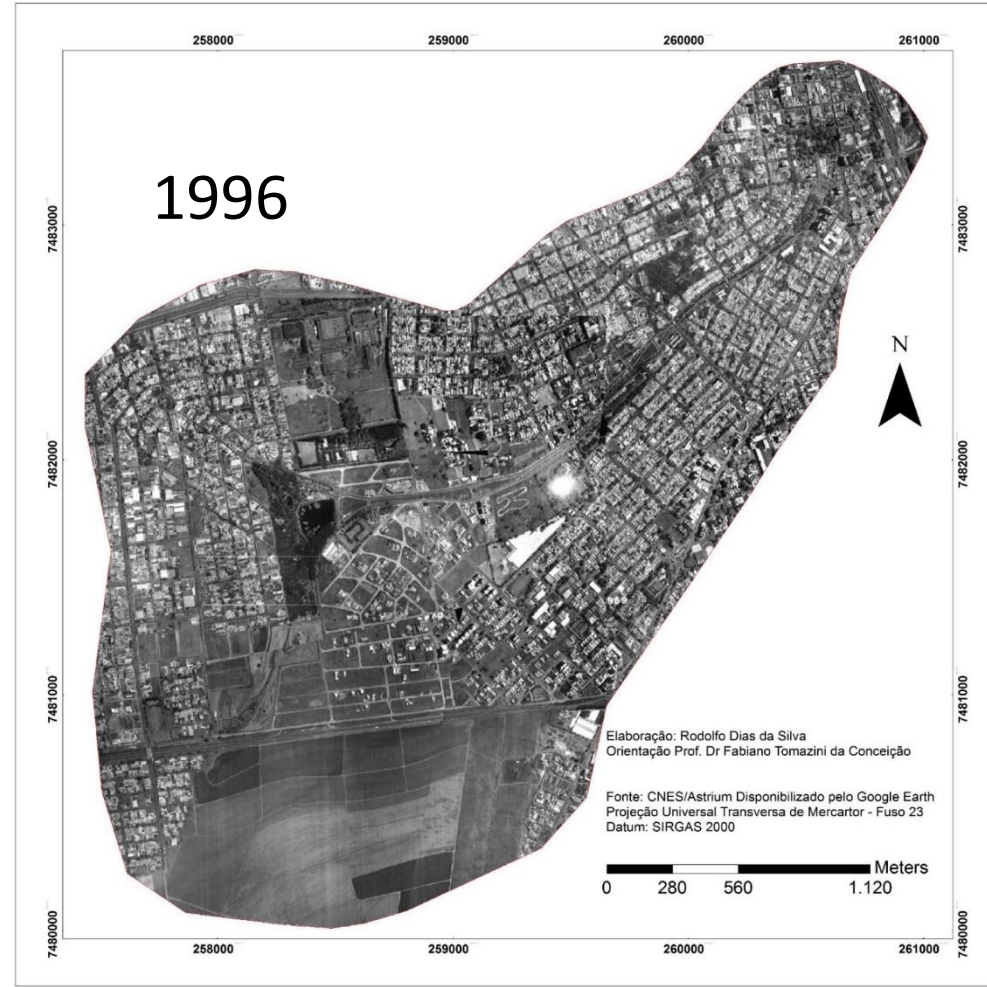
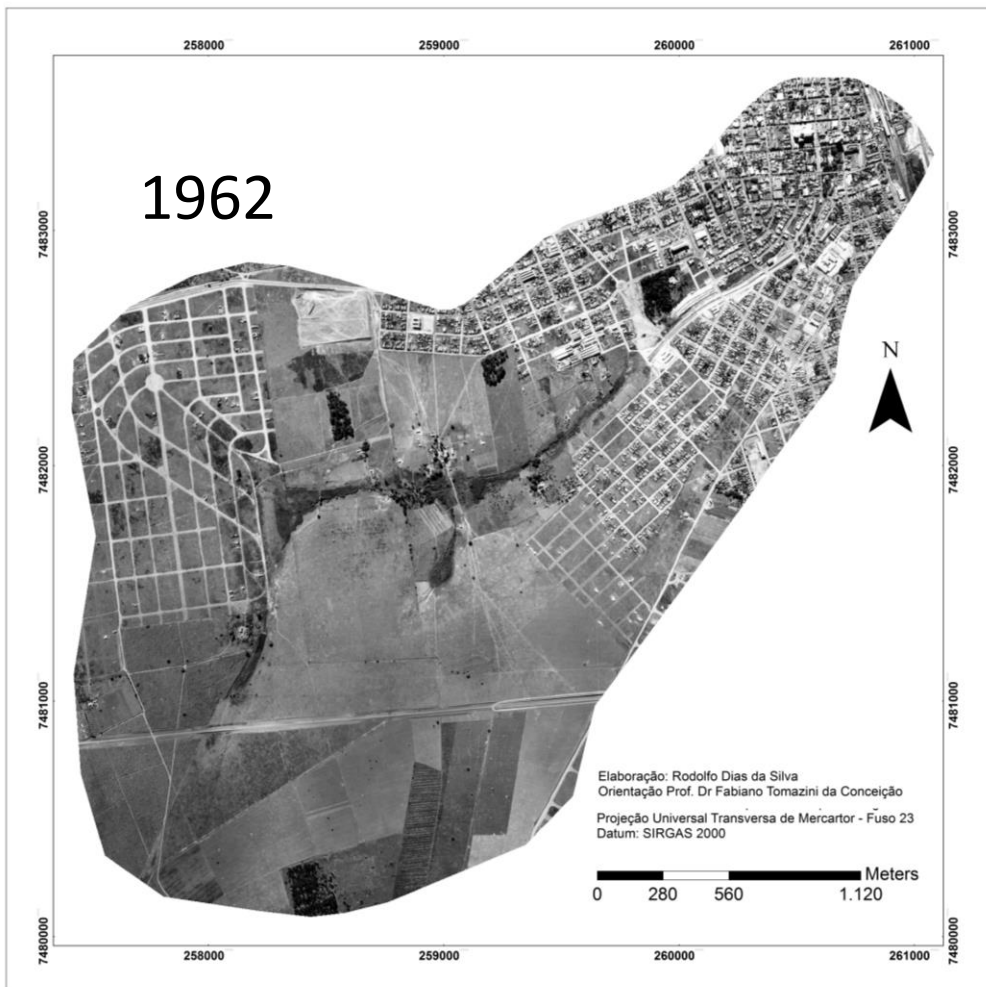
Elaboração: Rodolfo Dias da Silva
 Orientação Prof. Dr Fabiano Tomazini da Conceição

Fonte: Aerofogogramas 1962, 1977, 1996, 2008, e imagens Rapdeye (2328605 e 2328604) de 2014 com atualização do mapeamento em campo.

Projeção Universal Transversa de Mercator - Fuso 23
 Datum: SIRGAS 2000

1:5.000

0 0,25 0,5 1 Km



Anexo 2: Imagens Bacia do Córrego do Parque

Anexo 3: Módulo bacia

Tabela 1: Parâmetros de entrada do módulo bacia.

Dados de entrada para o módulo bacia						
Sub - Bacias	Tempo de Concentração	Área (m ²)	Desnível	Grupos Hidrológicos	Declividade	Comprimento canal
1	22,01	2,37	20	D	5,07	1191
2	17,64	2,38	7	D	6,08	693
3	28,46	1,45	6	C	6,4	996
4	27,73	1,01	19	D	6,49	1430

Anexo 4: Módulo trecho

Tabela 2: Estimativa de n de Manning para o revestimento das superfícies das margens, sugeridos por Crow (1973) e Walesh (1989), e adaptadas por Canholi (2005).

Tipo de Revestimento das Margens	
Asfalto liso	0,011
Concreto	0,012
Gramados	0,015
Gramados esparsos	0,02
Plantações rasteiras	0,013

Fonte: Canholi, (2005, p.95-97).

Tabela 3: Estimativa de n de Manning para as superfícies dos canais, sugeridas por Chow (1973), French (1985), Macafferri (2002) e Mays (2001), adaptados por Canholi (2005).

Tipo de revestimentos dos canais	
Concreto liso	0,012
Concreto rugoso	0,017
Solo com cascalho	0,027
Gabião	0,025
Solo não uniforme com gramínea	0,022
Cascalho	0,03
Vegetação arbustiva esparsa	0,05

Fonte: Canholi, (2005, p.95-97).

Tabela 4: Parâmetros de entrada para canais canalizados:

Parâmetros de entrada para canais canalizados	
Comprimento dos Canais	C
Cota de fundo a montante	CM
Cota de fundo a jusante	CJ

Fonte: Canholi, (2005, p.95-97).

Tabela 5: Parâmetros de entrada para canais naturais:

Parâmetros de entrada para canais naturais	
Altura	H

Largura	B
Rugosidade do canal principal	R
Altura da planície de inundação	H1
Largura da planície de inundação	B1
Rugosidade da planície de inundação	R1

Fonte: Canholi, (2005, p.95-97).

ANEXO 5: Entrada de dados

Tabela 6: Dados de entrada para o módulo rio no cenário pré-ocupação:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de pré ocupação											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planície de inundação	1191	585	565	1,0	1,0	0,03	1	15	0,02
	T2	Muskigun-Cunge com planície de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,03	1	15	0,02
Sub-bacia 2	T3	Muskigun-Cunge com planície de inundação	693	565	555	1,0	1,0	0,03	1	15	0,02
	T4	Muskigun-Cunge com planície de inundação	389	565	555	3	2	0,03	1	10	0,02
Sub-bacia 3	T5	Muskigun-Cunge com planície de inundação	996	555	549	1	1	0,03	1	20	0,02
Sub-bacia 4	T6	Muskigun-Cunge com planície de inundação	1430	549	530	1	1	0,03	1	10	0,02

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7: Dados de entrada para o módulo rio no cenário pré-ocupação urbana:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de pré ocupação urbana											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planície de inundação	1191	585	565	1,0	1,0	0,03	1	15	0,02
	T2	Muskigun-Cunge com planície de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,03	1	15	0,02
Sub-bacia 2	T3	Muskigun-Cunge com planície de inundação	693	565	555	1,0	1,0	0,03	1	15	0,02
	T4	Muskigun-Cunge com planície de inundação	389	565	555	3	2	0,03	1	10	0,02
Sub-bacia 3	T5	Muskigun-Cunge com planície de inundação	996	555	549	1	1	0,03	1	20	0,02
Sub-bacia 4	T6	Muskigun-Cunge com planície de inundação	1430	549	530	1	1	0,03	1	10	0,02

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8: Dados de entrada para o módulo rio no cenário de 1962:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de 1962											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planície de inundação	925	585	565	0,5	0,5	0,03	1	15	0,022
	T2	Muskigun-Cunge com planície de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,03	1	15	0,022
Sub-bacia 2	T3	Muskigun-Cunge com planície de inundação	670	565	555	2	2	0,03	1	20	0,022
	T4	Muskigun-Cunge com planície de inundação	389	565	555	3	2	0,03	1	10	0,022
Sub-bacia 3	T5	Muskigun-Cunge linear	343	555	552	3	3	0,03	1	20	0,022
	T6	Muskigun-Cunge linear	302	549	547	3	3	0,025			0,011
	T7	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	547	547	2	3	0,017 Prop. Superfície			0,011
Sub-bacia 4	T8	Muskigun-Cunge linear	198	547	545	3	3	0,025			0,011
	T9	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	17	545	545	2	3	0,017 Prop. Superfície			0,011
	T10	Muskigun-Cunge linear	133	545	540	3	3	0,025			0,011
	T11	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	24	540	540	2	3	0,017 Prop. Superfície			0,011
	T12	Muskigun-Cunge linear	195	540	538	3	3	0,025			0,011
	T13	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	545	538	530	2	3	0,017 Prop. Superfície			0,011

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9: Dados de entrada para o módulo rio no cenário de 1977:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de 1977											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	925	585	565	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T2	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,022	1	10	0,015
Sub-bacia 2	T3	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	563	563	2	2	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T4	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	309	563	560	3	2	0,025	5	15	0,017
	T5	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	28	560	560	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T6	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	340	560	555	3	2	0,025	3	6	0,017
Sub-bacia 3	T7	Muskigun-Cunge linear	343	555	552	3	3	0,025			0,011
	T8	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	551	551	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T9	Muskigun-Cunge linear	622	550	550	3	3	0,025			0,011
	T10	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	15	549	549	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T11	Muskigun-Cunge linear	302	549	547	3	3	0,025			0,011
	T12	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	547	547	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
Sub-bacia 4	T13	Muskigun-Cunge linear	198	547	545	3	3	0,025			0,011
	T14	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	17	545	545	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T15	Muskigun-Cunge linear	133	545	540	3	3	0,025			0,011
	T16	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	24	540	540	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T17	Muskigun-Cunge linear	195	540	538	3	3	0,025			0,011
	T18	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	545	538	530	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10: Dados de entrada para o módulo rio no cenário de 1996:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de 1996											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	925	585	565	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T2	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,022	1	10	0,015
Sub-bacia 2	T3	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	563	563	2	2	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T4	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	309	563	560	3	2	0,025	5	15	0,017
	T5	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	28	560	560	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T6	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	340	560	555	3	2	0,025	3	6	0,017
Sub-bacia 3	T7	Muskigun-Cunge linear	343	555	552	3	3	0,025			0,011
	T8	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	551	551	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T9	Muskigun-Cunge linear	622	550	550	3	3	0,025			0,011
	T10	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	15	549	549	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T11	Muskigun-Cunge linear	302	549	547	3	3	0,025			0,011
	T12	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	547	547	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
Sub-bacia 4	T13	Muskigun-Cunge linear	198	547	545	3	3	0,025			0,011
	T14	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	17	545	545	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T15	Muskigun-Cunge linear	133	545	540	3	3	0,025			0,011
	T16	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	24	540	540	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T17	Muskigun-Cunge linear	195	540	538	3	3	0,025			0,011
	T18	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	545	538	530	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11: Dados de entrada para o módulo rio no cenário de 2008:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de 2008											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	925	585	565	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T2	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,022	1	10	0,015
Sub-bacia 2	T3	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	563	563	2	2	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T4	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	309	563	560	3	2	0,025	5	15	0,017
	T5	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	28	560	560	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T6	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	340	560	555	3	2	0,025	3	6	0,017
Sub-bacia 3	T7	Muskigun-Cunge linear	343	555	552	3	3	0,025			0,011
	T8	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	551	551	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T9	Muskigun-Cunge linear	622	550	550	3	3	0,025			0,011
	T10	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	15	549	549	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T11	Muskigun-Cunge linear	302	549	547	3	3	0,025			0,011
	T12	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	547	547	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
Sub-bacia 4	T13	Muskigun-Cunge linear	198	547	545	3	3	0,025			0,011
	T14	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	17	545	545	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T15	Muskigun-Cunge linear	133	545	540	3	3	0,025			0,011
	T16	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	24	540	540	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T17	Muskigun-Cunge linear	195	540	538	3	3	0,025			0,011
	T18	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	545	538	530	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12: Dados de entrada para o módulo rio no cenário de 2016:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário de 2016											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	400	585	580	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T2	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	80	580	575	1,0	1,0	0,017	Prop. Superfície		0,015
	T3	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	445	575	565	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T4	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,022	1	10	0,015
Sub-bacia 2	T5	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	563	563	2	2	0,012	Prop. Superfície		0,011
	T6	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	309	563	560	3	2	0,012	5	15	0,017
	T7	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	28	560	560	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011
	T8	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	340	560	555	3	2	0,012	3	6	0,017
Sub-bacia 3	T9	Muskigun-Cunge linear	343	555	552	3	3	0,012			
	T10	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	551	551	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011
	T11	Muskigun-Cunge linear	622	550	550	3	3	0,012			0,011
	T12	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	15	549	549	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011
	T13	Muskigun-Cunge linear	302	549	547	3	3	0,012			0,011
	T14	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	547	547	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011
Sub-bacia 4	T15	Muskigun-Cunge linear	198	547	545	3	3	0,012			0,011
	T16	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	17	545	545	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011
	T17	Muskigun-Cunge linear	133	545	540	3	3	0,012			0,011
	T18	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	24	540	540	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011
	T19	Muskigun-Cunge linear	195	540	538	3	3	0,012			0,011
	T20	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	545	538	530	2	3	0,012	Prop. Superfície		0,011

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13: Dados de entrada para o módulo rio no cenário pós 2016:

Características dos dados de entrada do módulo rio: Cenário pós 2016											
	Trecho	Método de propagação	C	CM	CJ	H	B	R	H1	B1	R1
Sub-bacia 1	T1	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	400	585	580	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T2	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	80	580	575	1,0	1,0	0,017	Prop. Superfície		0,015
	T3	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	445	575	565	0,5	0,5	0,022	1	8	0,015
	T4	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	266	585	565	0,5	0,5	0,022	1	10	0,015
Sub-bacia 2	T5	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	563	563	2	2	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T6	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	309	563	560	3	2	0,025	5	15	0,017
	T7	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	28	560	560	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T8	Muskigun-Cunge com planíce de inundação	340	560	555	3	2	0,025	3	6	0,017
Sub-bacia 3	T9	Muskigun-Cunge linear	343	555	552	3	3	0,025			0,011
	T10	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	551	551	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T11	Muskigun-Cunge linear	622	550	550	3	3	0,025			0,011
	T12	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	15	549	549	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
Sub-bacia 4	T13	Muskigun-Cunge linear	302	549	547	3	3	0,025			0,011
	T14	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	16	547	547	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T15	Muskigun-Cunge linear	198	547	545	3	3	0,025			0,011
	T16	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	17	545	545	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T17	Muskigun-Cunge linear	133	545	540	3	3	0,025			0,011
	T18	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	24	540	540	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011
	T19	Muskigun-Cunge linear	195	540	538	3	3	0,025			0,011
	T20	Muskigun-Cunge não linear para condutos fechados	545	538	530	2	3	0,017	Prop. Superfície		0,011

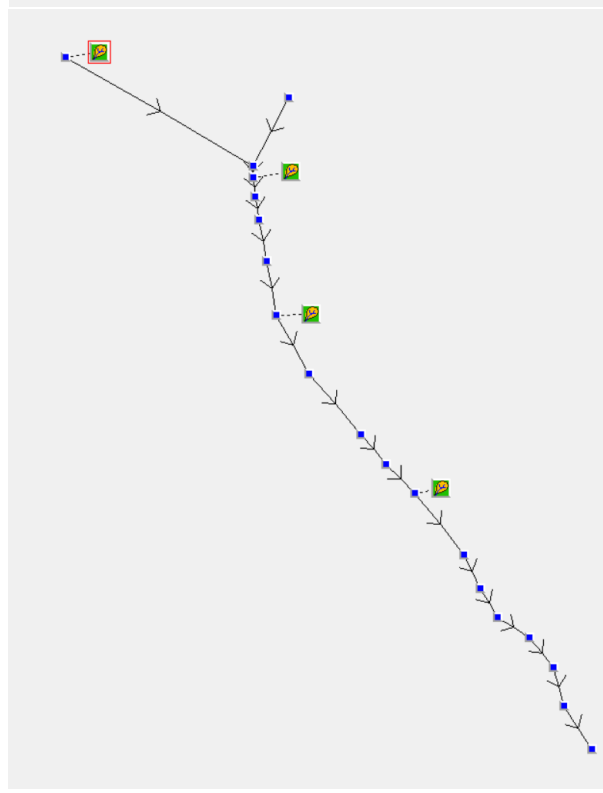
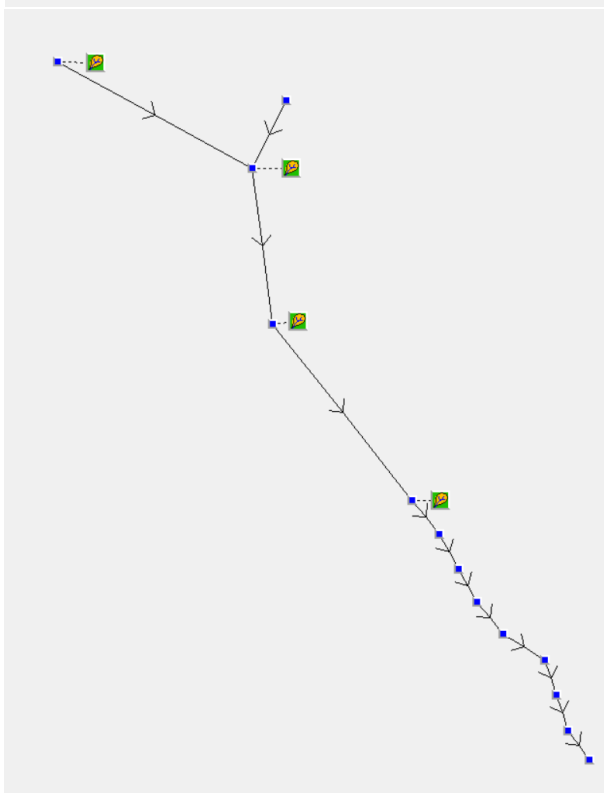
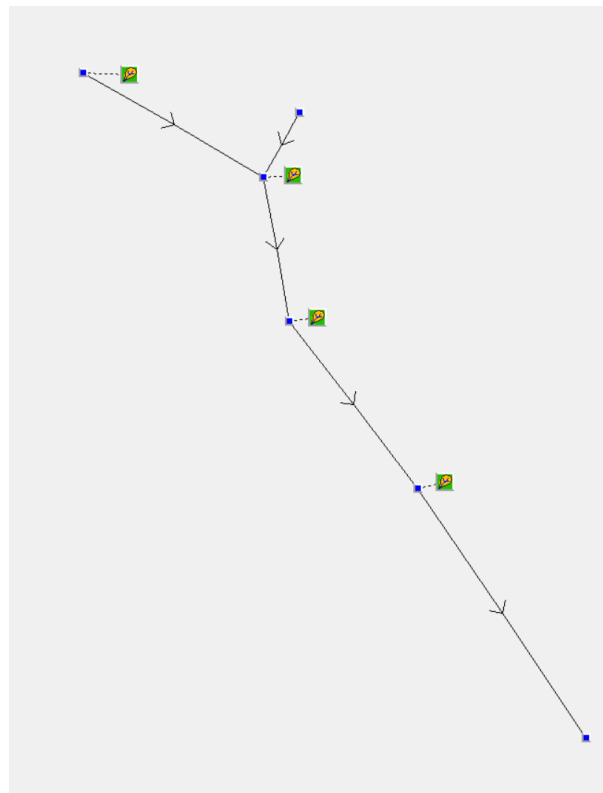
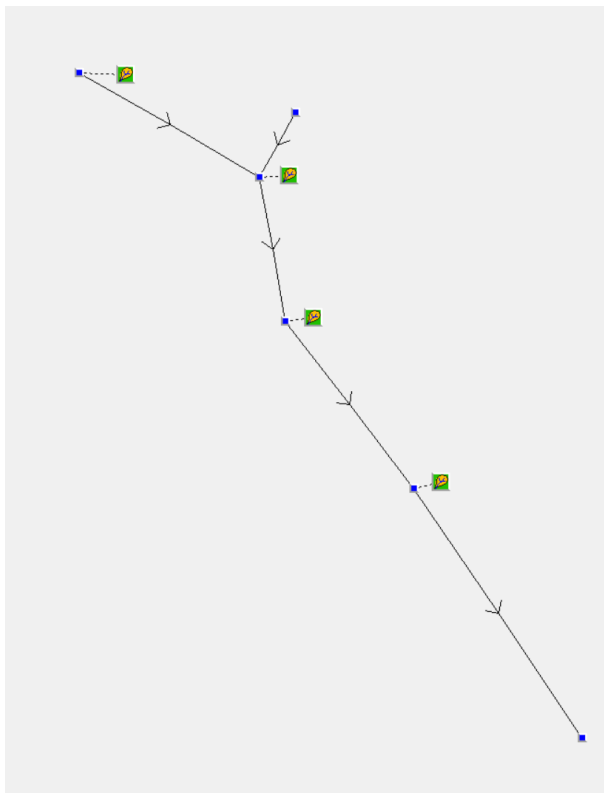
Fonte: Elaborado pelo autor.

Anexo 6: Valores da lamina desagregada para TR de 5, 10, 20 e 50 anos.

Intevalo de tempo	Tempo de retorno			
	5	10	20	50
0	0	0	0	0
20	31,72	34,85	38,3	43,38
40	11,48	12,61	13,85	15,69
60	6,13	6,74	7,4	8,38
80	3,9	4,29	4,71	5,34
100	2,75	3,02	3,32	3,76
120	2,06	2,27	2,49	2,82
140	1,62	1,78	1,96	2,22
160	1,32	1,45	1,59	1,8
180	1,1	1,21	1,33	1,51

Fonte: Elaborado pelo autor.

Anexo 7: Organização do módulo trecho e bacía



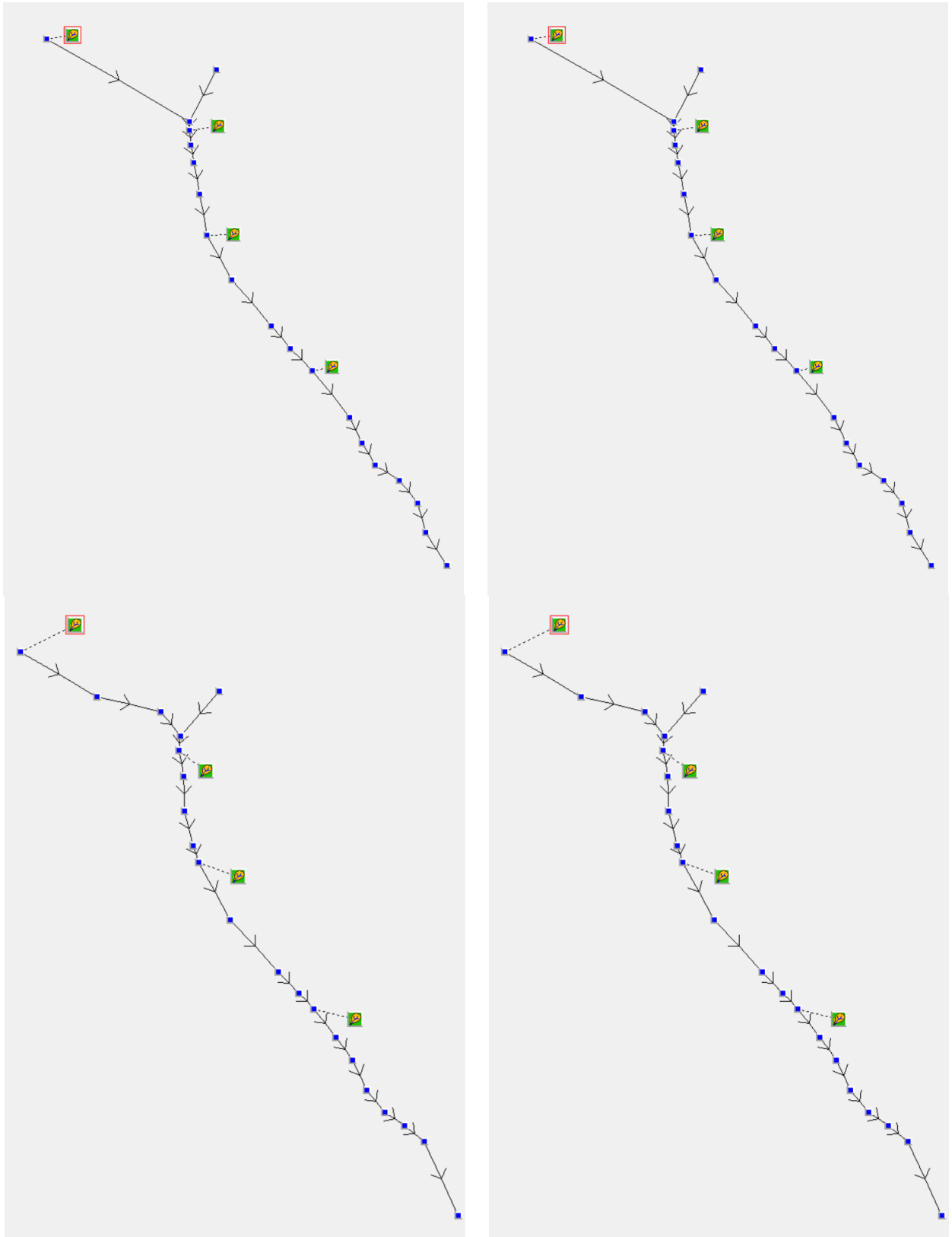


Figura 27: Organização do módulo trecho e bacia, antes da ocupação, ocupação rural, 1962, 1977, 1996, 2008, 2016 e projeção para 2020.