

**Serviço Público Federal  
Universidade Federal do Pará  
Centro Tecnológico  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

Henrique Nazareno Santos Lima

**ESTUDO DA CONCEITUAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE VIAS SANITÁRIAS  
EM BELÉM: O CASO DA BACIA DE DRENAGEM ESTRADA NOVA**

**Belém (PA)**

**2004.**



Henrique Nazareno Santos Lima

**ESTUDO DA CONCEITUAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE VIAS SANITÁRIAS  
EM BELÉM: O CASO DA BACIA DE DRENAGEM ESTRADA NOVA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial á obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. José Júlio Ferreira Lima.  
Universidade Federal do Pará

Belém (PA),  
Universidade Federal do Pará

2004

Lima, Henrique Nazareno Santos

Estudo da conceituação e implementação de vias sanitárias em Belém: o caso da Bacia de drenagem Estrada Nova . Henrique Nazareno Santos Lima. Belém, 2004.

Dissertação – Mestrado – Centro  
Tecnológico - Universidade Federal do  
Pará.

1. Drenagem urbana 2. Urbanismo

Encarte: 1 CD com 8(oito) mapas.

# Sumário

Lista de Figuras.....	13
Lista de Tabelas.....	14
Lista de Gráficos.....	15
Lista de Abreviaturas.....	16
Lista de Mapas.....	17
Resumo.....	18
Abstract.....	19
Capítulo I – Introdução .....	20
Capítulo II - Comportamento hidrológico das bacias urbanas.....	26
2.1 - Aspectos gerais da hidrologia e sua relação com a drenagem urbana.....	33
2.2 - Bacia hidrográfica .....	34
2.2.1 – Aspectos gerais.....	34
2.3 – Definição de bacia em área urbana.....	37
2.3.1 – Método racional.....	37
2.3.1.1 – Tempo de recorrência.....	38
2.3.1.2 – Tempo de concentração.....	39
2.3.1.3 – Elementos que compõem o cálculo de vazão “Q”.....	40
2.3.1.4 – Equações para o cálculo de vazão “Q” .....	42
2.4 – Método de hidrograma unitário.....	44
2.5 – Influência da drenagem urbana nas bacias hidrográficas.....	45
2.6 – Drenagem urbana.....	49
2.6.1 – Instrumentos de gestão da drenagem urbana.....	49
2.6.2 - Sistema de saneamento e os elementos constituintes do sistema de drenagem.....	50
2.6.2.1 - Sistemas de drenagem de águas pluviais – conceitos e definições.....	51
2.6.2.2 - Dinâmica da microdrenagem: elementos e singularidades .....	51
2.6.2.3 - Dinâmica da macrodrenagem – elementos e singularidades.....	52

2.6.2.4 - Planejamento e dimensionamento.....	52
2.6.2.5 - Elementos do projeto.....	53
Capítulo III - Planejamento urbano e políticas de infra-estrutura.....	55
3.1 - A ocupação urbana .....	55
3.2 - Planos urbanos e infra-estrutura de saneamento em Belém .....	58
Capítulo IV - A Bacia da Estrada Nova .....	67
4.1 - Localização e estrutura da Bacia da Estrada Nova .....	67
4.2 - Situação hidrológica antes de 1998 e o dique estrada Bernardo Sayão.....	69
4.2.1 – Características físicas da Bacia.....	72
4.2.1.1 – Comprimento, largura e área.....	72
4.2.1.2 – Impermeabilidade da Bacia.....	74
4.3 – Situação atual da Bacia.....	75
4.3.1 – Comprimento, largura e área.....	75
4.3.2 – Configuração a partir da cartografia de 1998 e pesquisa de campo.....	76
4.4 – Situação urbanística.....	77
4.4 – O Canal da Bernardo Sayão.....	78
4.5 – As leis de uso do solo.....	79
4.5.1 – Lei de Desenvolvimento Urbano do Município de Belém.....	79
4.5.2 – Lei complementar de Controle Urbanístico.....	81
4.6 – Intervenções recentes na Bacia da Estrada Nova.....	82
4.7 – Conclusões sobre a pesquisa nos projetos e em campo.....	89
Capítulo V - Via sanitária: o conceito reconsiderado.....	93
5.1. Concepções de intervenções públicas.....	93
5.1.1 – A primeira fase.....	93
5.1.2 – A segunda fase.....	94
5.1.3 – A terceira fase.....	96
5.2 - O conceito de via sanitária na Bacia da Estrada Nova .....	97
5.2.1 – Bases para a estruturação do conceito.....	97
5.2.2 – Aspectos funcionais.....	99
5.2.3 – Aspectos hidrológicos.....	101
5.3 – Eixos fundamentais para o reconceito do termo na Bacia.....	101

5.3.1 – Uma outra forma de conceituar via na Bacia da Estrada Nova.....	102
Capítulo VI - Considerações finais.....	103
6.1 – Objetivos alcançados.....	103
6.2 – Conclusões sobre a Bacia da Estrada Nova.....	103
6.3 – Revendo pressupostos.....	106
Referências bibliográficas.....	109
Anexos	

# Lista de Figuras

Figura 1 – Bacia hidrográfica.....	25
Figura 2 – Demonstração de um ciclo hidrológico.....	26
Figura 3 – Aumento das vazões em relação às mudanças do solo.....	35
Figura 4 – Comparação entre hidrogramas de áreas urbanizadas e áreas não-urbanizadas.....	37
Figura 5 – Divisão das bacias hidrográficas de Belém.....	60
Figura 6 – Vala da Passagem João de Deus.....	68

# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Período de retorno para diferentes ocupações da área.....	29
Tabela 2 – Valores de coeficientes do escoamento superficial direto “C”.....	32
Tabela 3 – Bacias e suas respectivas áreas de drenagem.....	59
Tabela 4 – Compostas do dique-estrada da Bacia da Estrada Nova, em 1942.....	63
Tabela 5 – Sub-bacias, canais principais e respectivas áreas de contribuição.....	64
Tabela 6 – Características de largura, comprimento, sub-bacia e área de contribuição da Bacia da Estrada Nova, na década de 1970.....	66
Tabela 7 – Extensão, área e largura média atual dos principais canais da Bacia da Estrada Nova.....	69
Tabela 8 – Distribuição das vias da bacia, baseada na LCCU de 1988.....	72
Tabela 9 – Distribuição hierárquica das vias da bacia, implementada pela LCCU de 1999.....	72
Tabela 10 – Quadro de projetos na Bacia da Estrada Nova.....	74
Tabela 11 – Principais vias da bacia, enquadrando as leis urbanísticas de 1988 e 1999.....	78
Tabela 12 – Vias sanitárias envolvendo as sub-bacias.....	92

# Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Vias com maior comprimento linear de galeria.....	76
Gráfico 2 – Vias com maior número de poços de visita.....	76
Gráfico 3 – Ruas com maior número de bocas-de-lobo.....	77
Gráfico 4 – Ruas mais importantes, condicionando a Lei de 1988.....	79
Gráfico 5 – Ruas mais importantes, condicionando a Lei de 1999.....	80
Gráfico 6 – Extensão da drenagem nas ruas principais da Bacia.....	81

# Lista de Abreviaturas

ZH = zona habitacional

ZPRN = zona de proteção de recursos naturais

ZSC = zonas de comércio e serviço

ZUM = zona de uso misto

ZFE = zona de função especial

CT = corredor de tráfego

CC = corredor de comércio

CCS = corredor de comércio e serviço

C/D = (zona) coletora e distribuidora simultaneamente

AS = arterial secundária

mont/jus = montante e jusante

bl = boca-de-lobo

pv = poço de visita

## **Lista de Mapas (Anexos)**

Mapa 01 – Localização dos braços do Rio Guamá que cortavam a Avenida Bernardo Sayão.

Mapa 02 – Bacia de 1970.

Mapa 03 – Bacia e sub-bacias de 1998.

Mapa 04 – Grau de impermeabilidade.

Mapa 05 – Lei de Uso do Solo de 1998, na Bacia da Estrada Nova.

Mapa 06 – Lei de Uso do Solo de 1999.

Mapa 07 – Drenagem atual.

Mapa 08 – Via sanitária.

# Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível graças à colaboração de algumas pessoas. Manifesto minha gratidão a todas elas e, em particular: aos topógrafos Elói Salvador e Vital Lins, ao engenheiro Euirbe Castro, à colega Romana, à professora Andréa, ao professor Luís Otávio, à minha irmã Fátima, à minha cunhada Malu e à minha companheira Marlúcia, que me ajudou na revisão e na redação final deste trabalho.

# Resumo

O presente trabalho busca aperfeiçoar um conceito utilizado na engenharia sanitária aplicado a princípios de projetos de vias marginais de canais, pequenas vielas de difícil acesso e vias que conduzem coletores troncais do sistema de esgoto sanitário chamado de *via sanitária*. O estudo utiliza um estudo de caso na cidade de Belém: a bacia da Estrada Nova, caracterizando seu funcionamento e relacionando-os com a situação urbanística dos bairros contidos no território da bacia, a partir da legislação de uso e controle da ocupação urbana. Como resultado, o trabalho apresenta elementos para uma reconceituação de via sanitária que incorpora a situação urbanística e cuidados necessários para que projetos de drenagem se tornem integrados ao funcionamento urbanístico da cidade.

# Abstract

This dissertation aims at giving a more specific account of the term sanitary road utilised in sanitary engineering. It applies principles used in the projects of canal marginal roads, narrow short streets and trunk roads. The study is based on the case of Estrada Nova basin located in the city of Belem. After a characterisation of its functioning, its relationships with the urbanistic control is explored in order to be more compatible with land use control. The result of the study presents elements for the a reconsideration fo the definition which incorporates the urbanistic situation and needs for drainage projects to be more integrated with the urbanistic functioning of the city.

# Capítulo I - Introdução

---

Para que se torne possível o controle e a efetivação das normas e procedimentos no planejamento das cidades, é necessário pensar o sistema urbano em sua globalidade, considerando a relação entre o desenho da cidade e outros aspectos que fazem parte da estruturação do sítio urbano.

Um perfeito ajustamento entre planos urbanísticos e projetos de infra-estrutura, sobretudo referentes ao sistema hidrológico da cidade, torna a implementação da gestão do plano urbanístico possível de ser alcançada, ajustando pelo menos esse elemento ao futuro do uso do solo da cidade.

Em se tratando, principalmente, do escoamento pluvial, o planejamento urbano necessitaria conter em seu bojo um outro plano, considerando especificamente a drenagem urbana. A delimitação das áreas mais baixas e potencialmente inundáveis diagnosticaria a viabilidade ou não da ocupação dessas áreas, do ponto de vista da expansão da ocupação urbana e a provisão de serviços públicos.

A eficácia da drenagem urbana depende de uma integração de cada parte do sistema projetado com a hidrologia da bacia urbana. A identificação dos componentes urbanísticos e hidrológicos é associada em projetos que, por sua vez, devem estar articulados com os planos urbanísticos, para considerar o resgate do aspecto natural da drenagem, impingindo uma visão de sistema único e articulado na bacia hidrográfica urbana (Silveira, 2000).

Tal articulação está voltada para a forma de ocupação da fisiografia da bacia urbana, bem como para o exercício dos instrumentos dos planos urbanísticos. Dessa articulação dependem ações de adaptação, mudanças, reconceituações, etc., visando ao uso para a manutenção da funcionalidade do solo e do escoamento de drenagem, inclusive a garantia do controle, em caso de ações modificadoras, da drenagem superficial ou profunda, por exemplo, vazão, coeficiente de impermeabilidade, velocidade de escoamento, etc. (*opus cit.*).

O planejamento urbano no Brasil deveria ser consciente dos efeitos dessas modificações na ocupação urbana, ao longo da vigência do período de alcance dos planos

urbanísticos, vinculados à preocupação com o acúmulo de águas circundantes, provenientes das precipitações máximas.

Por isso, é importante destacar que o bom funcionamento do sistema urbano de drenagem não poderia se basear estritamente em projetos e obras, mas em ações não-estruturais, ligadas ao planejamento e gestão urbanística, como: códigos, leis e regulamentos sobre edificações, zoneamento, etc. (DAEE, 1980).

### **1.1 - Ocupação informal e drenagem**

Em termos da dinâmica de crescimento da ocupação urbana em Belém, assim como de outras cidades, merece destaque a forma de ocupação em ambientes de várzea. Pelas características da distribuição dos grupos sociais no desenho natural da cidade, houve o favorecimento desse tipo de ocupação urbana nos ambientes de várzea ou urbano, sobretudo devido às condições topográficas originais, que significavam 40% do sítio e que hoje, representam a parte mais adensada da cidade (Trindade Júnior, 1997).

Em Belém, grandes partes da aglomeração urbana, em espaços ditos subnormais, constituem áreas de risco ou de várzea (CONGRESSO MUNICIPAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003). São áreas localizadas em fundo de vale, na primeira ou segunda margem de alagamento (Tucci, 1995). As ocupações são marcadas por uma trama viária, desconsiderando uma organização hidrológica daquele espaço.

O processo de ocupação naquelas áreas, pela população mais pobre, deveu-se aos seguintes fatores: total falta de alternativa nas porções de terra firme em cotas acima da de alagamento; pouca valorização do espaço alagado, de um lado; proximidade das oportunidades de emprego advindas do comércio, de outro, consorciada pelo déficit habitacional profundo que permeia a cidade até os dias de hoje. Todos esses elementos proporcionaram assentamentos ilegais naquele espaço da cidade, sem nenhum critério urbanístico (Trindade Júnior, 1997).

A questão do uso do solo nos aglomerados urbanos alimenta um dos problemas sociais mais complexos: a ocupação informal. O crescimento demográfico nas cidades, causado por estratégias políticas de consolidação do modelo de desenvolvimento econômico brasileiro, alavancou o problema a níveis assustadores.

Nessa conjuntura, a ocupação informal em terras públicas e privadas, implementada pelo movimento organizado ou não dos sem-teto, que não têm acesso à moradia, se consolida como forma de permanecer na cidade de oportunidades, trabalho e infraestrutura, combatendo a não-inclusão em políticas de habitação emanadas pelo poder político dominante.

Há evidências de que existe uma ligação entre perspectiva de vida e relações sócio-espaciais para combater a pobreza através de mobilização social, produzindo com o tempo, provisão de infra-estrutura, observando que o espaço produzido informalmente sofre influência da confirmação, tanto quanto da localização na cidade, no que diz respeito à sua assimilação local formal, modificando a vida dos pobres daquele ambiente (Cardoso, no prelo).

A caracterização de que o espaço pode modelar maneiras de viver, ampliando perspectivas de vida, demonstra que com todos os problemas para cidade, com destaque para a questão hidrológica, o assentamento informal em espaço alagado ou alagável não é sinônimo de marginalidade e, sim, de resistência de um modelo econômico que leva pessoas a ocuparem ilegalmente áreas ambientalmente frágeis.

O poder público propôs políticas de habitação nas cidades brasileiras, sem procurar entender a dimensão que a moradia podia trazer para a perspectiva de vida dos mais pobres. A ocupação informal em sítios frágeis, de baixadas, remete à análise de que tal ação pode ser vista de, no mínimo, mais de um ângulo.

O primeiro ângulo diz respeito à população pobre trabalhadora, que em função do fortalecimento do princípio de assimilar o espaço urbano como mercadoria pela classe dominante, não obteve resposta conseqüente para a questão da moradia.

O segundo é o despreparo da gestão pública em lidar com o fenômeno causado por ela mesma, que se consagra pela falta de equidade no lidar com a implantação dos serviços de infra-estrutura (Lima, 2000). Esse fator tem como conseqüência o acréscimo do preço do solo urbano, criando, assim, um mercado sólido e cumulativo de dividendos, o que dificulta o acesso à massa de trabalhadores formal e informal e até mesmo de parcelas da classe média (Cardoso, no prelo).

O terceiro elemento é a ausência de visão holística ou ambiental quanto à importância de instrumentos para organizar as ocupações do sistema de drenagem, objeto fundamental desta pesquisa.

Nesse processo, foram se cristalizando vários obstáculos para a hidrologia, advindas das ocupações informais, onde existem desde simples moradias das classes mais desfavorecidas, até complexas edificações coletivas (edifícios, galpões, empresas), devido ao processo de consolidação.

Os aspectos fundamentais da relação entre a ocupação urbana, as ruas e o sistema de drenagem são a despreocupação, pelo poder público, com o sítio; a conseqüente elaboração de planos distantes da realidade física local e, mais precisamente, os problemas na gestão do espaço alagável. Esses aspectos se referem à necessidade de acessibilidade, de promoção do saneamento, tendo em vista o alto índice de precipitações em um espaço de pobreza, à forte migração, ao crescimento populacional e à ocupação informal.

O reflexo na cidade da incompatibilidade entre o urbanístico e a hidrologia está em áreas que acumulam as águas provenientes das precipitações, causando enchentes. Em Belém, os principais fatores relacionados a esses problemas são a forma como se processou a ocupação urbana e o grande índice de pluviometria. Os pontos de fundos de vale foram intensamente aterrados pelos loteamentos aleatórios. Conseqüentemente, do ponto de vista de diretrizes urbanísticas, essas áreas perderam suas características naturais.

Os assentamentos criaram impactos no sistema de drenagem natural, sobretudo porque foram ocupadas no próprio fundo do vale, causando problemas de escoamento. Mesmo que pontuais, as intervenções estão ligadas ao estágio de ocupação, consolidação e à distribuição e uso do solo nas bacias hidrográficas de meio urbano.

Um fator preponderante que contribui para o agravamento de problemas nessas áreas é a chuva intensa por longos períodos, que traz conseqüências para a acessibilidade e o saneamento desses ambientes. Entre os problemas mais comuns, podemos citar a falta de escoamento das águas, provocando acumulação nos pontos mais baixos, que outrora foram braços de rios e igarapés e até maior acumulação, como o extinto braço de Rio do Baltazar, na Bacia da Estrada Nova (Sesan, 2004).

Em cidades como Belém e, mais precisamente, na bacia Estrada Nova, objeto de estudo desta dissertação, as características mais importantes, além da reconhecida baixa

altitude, são a baixa latitude, o clima quente e úmido e a presença de muitos furos e igarapés naturais, canalizados ou aterrados, como é o caso do Baltazar. O índice pluviométrico determina, também, a fisiografia da região (Bastos et al., 2002).

É necessário, portanto, ao definir o sistema viário, seja seu traçado, sejam obras de escoamento pluvial, identificar readequações para o sistema de drenagem em áreas urbanas, condizentes com medidas de controle hidrológico da bacia, articulado com a utilização de ferramentas de planejamento urbano, visando redefinir um conceito alternativo de via que identifique impactos na bacia hidrográfica urbana.

Com o objetivo de encontrar elementos que possam, efetivamente, proporcionar tal articulação, há de se buscar nos planos de drenagem formas para viabilizar soluções adequadas à ocupação urbana, na perspectiva da implementação de um coerente ordenamento do espaço, imbricado com a dinâmica hídrica natural e modificada.

A ocupação urbana de Belém, nas áreas de cota baixa, provoca a discussão pertinente de como implementar desenhos urbanísticos e infra-estruturais de drenagem, de forma a garantir coerência do saneamento ambiental em meio à ocupação urbana específica de baixada.

A análise dessas concepções tenta comprovar, através de pesquisa, a necessidade de uma visão mais abrangente. As estruturas de drenagem tornam-se prioritárias e assumem integralmente o papel de um sistema de saneamento. Nessas condições, propõe-se a utilização do conceito de via sanitária como contribuição para a articulação entre urbanístico e saneamento.

Tal conceito, revisto ao longo desta dissertação, é alicerçado no significado da função hidrológica do fundo de vale, através das estruturas de drenagem e viária, criando uma abordagem empírica. É motivado pela possibilidade de identificar a função da via de maior receptor de drenagem, buscando uma referência estrutural viária, característica de situações de vias construídas em fundo de vale, as quais absorvem, à montante, grande parte do escoamento das áreas do entorno, ao mesmo tempo em que é assegurada a função urbanística de acessibilidade de via.

Botelho (1998) elege a rua como base para definir o tipo de escoamento superficial, tendo suas características geométricas longitudinais e transversais utilizadas no projeto para a possível liberação dos espaços de fundos de vales e alterações para a definição de lotes,

visto que a dinâmica de ocupação impossibilita que um plano urbanístico possa imprimir o caráter global das intervenções. Há uma preocupação, pelo autor, quanto à forma da intervenção, vinculando-a urbanisticamente ao conhecimento dos fluxos naturais da área e sua relação com os outros eventos naturais, tanto em si, como do seu entorno.

Observando o ritmo das ocupações em áreas de fragilidade ambiental em Belém e o grau de envolvimento das condições naturais nas estratégias espaciais, constatamos a desigualdade em relação à implantação de infra-estrutura e a necessidade de estratégias de acessibilidade. Tal articulação, através da viabilização de planos específicos relevantes e apoderados pela sociedade, tenta equilibrar a ocupação intra-urbana (Lima, 2003).

Dessa forma, constrói-se o problema de pesquisa, assim colocado: na etapa de concepção de projetos de infra-estrutura de drenagem como introduzir um conceito de via em áreas ambientalmente frágeis ou de várzea densificada, na perspectiva de viabilizar, por um lado, a recuperação da hidrologia do sítio tomado do espaço urbano, e no outro, que possa contribuir enquanto vetor de acessibilidade?

A pertinência da articulação entre o plano urbanístico e o projeto de saneamento remete à percepção das características naturais do sítio e à busca do conceito de via sanitária, levando em consideração o regime pluviométrico e, ao mesmo tempo, as condições de acessibilidade, em decorrência ao arranjo morfológico urbano. A necessidade dessa articulação se deve à preocupação com os efeitos sanitários e ambientais.

## **1.2 - Objetivos**

A introdução de uma dimensão conceitual de via sanitária tem a preocupação de caracterizar a drenagem em espaços densificados, onde se procura, através da implantação de projetos de infra-estrutura, viabilizar uma hidrologia suficiente, reconhecendo a estrutura viária como parte de um sistema urbanístico ambientalmente equilibrado.

Tem-se, assim, como objetivo geral desta pesquisa, investigar parâmetros de planejamento para a drenagem das bacias hidrográficas urbanas, em consonância com o ordenamento territorial, visando à qualidade ambiental dos sistemas urbanos.

Os objetivos específicos são: a) investigar vínculos entre o planejamento urbano e a hidrologia, de modo a identificar as relações entre variáveis utilizadas para descrever o

comportamento ambiental de uma bacia urbanizada e as medidas de controle urbanístico; b) avaliar a implantação e o funcionamento de vias sanitárias, bem como o funcionamento das mesmas como componentes do sistema de drenagem, do ponto de vista urbanístico na bacia da Estrada Nova, em Belém; c) criar, a partir da identificação de interfaces entre planejamento urbano (mais especificamente, da acessibilidade e a gestão do saneamento), os critérios para a efetivação de sistemas de saneamento mais eficientes.

Os objetivos da pesquisa procuram demonstrar a importância da relação entre a noção urbanística de via e questões estruturais de saneamento, fundamentadas em ambientes típicos de pluviometria elevada, caracterizando grandes caudais que escoam pelas vias da cidade de Belém.

## **1.2 - Justificativa**

Em Belém, existem aspectos fundamentais no ambiente urbano que permitem refletir a importância de associar os índices urbanísticos aos infra-estruturais. A relação entre esses elementos é estabelecida partir de um viés histórico da forma como foram implantados os sistemas viários e urbanísticos e as obras infra-estruturais. Geralmente, o viário se sobrepõe à drenagem, o que possibilitou historicamente a implantação de vias sem drenagem adequada e abrangente ou profunda preocupação com a drenagem da via, definida como drenagem longitudinal (Pereira, 2004).

Um aspecto relevante, na abordagem de modificação do espaço urbano, é a questão dos fatores naturais do ambiente, configurados na bacia por fatores hidrológicos. A cidade é entrecortada por furos e igarapés, que hoje estão se modificando em grande parte devido à dinâmica de crescimento urbano e, sobretudo, em função da integração e acesso para o centro e subcentros urbanos (Lima, 2003).

O outro fator é o meteorológico, cuja significância no cenário urbano de Belém e da bacia é elevada, em função do alto índice pluviométrico, caracterizando um regime de chuvas intensas constantes, alterado apenas em períodos de menor intensidade, com uma constância de grandes precipitações (Bastos et al., 2002). Significa dizer que em Belém, há uma vazão elevada, geralmente através de drenagem profunda em direção aos fundos de vales, impermeabilizados devido ao uso viário.

Durante anos, os aterramentos, sobretudo de miolo de quadra (somatória dos fundos dos quintais), serviram como tentativa de evitar alagamentos nos lotes, sendo feitos com pouca orientação do poder público.

Nessa linha de análise, a questão da drenagem urbana é caracterizada na bacia da Estrada Nova, em Belém, por obras improvisadas, principalmente de microdrenagem. Diante da tentativa de resolver problemas de alagamentos à jusante dos canais de macrodrenagem, os aterramentos são configurados gradativamente nas áreas de cota alagada ou de alagamento.

Assim, os grandes aterramentos foram impulsionados cada vez mais pela necessidade de projetos comprometidos com a possibilidade de relacionar índices urbanísticos que busquem introduzir elementos compatíveis com a realidade de uma bacia urbanizada, na qual o vetor urbano estruturou-se, em contraponto com as condições naturais, tanto pela densidade como pela forma como foi implantada a infra-estrutura dos sistemas viários e de drenagem.

A possível geração de mecanismos de integração no planejamento urbano caminha ao encontro do controle urbanístico ambiental, nos grandes aglomerados urbanos brasileiros. No entanto, o processo é lento e gradual: pouquíssimas cidades possuem planos diretores de drenagem urbana, um instrumento orientador das águas superficiais de um município (Tucci, 2000).

Uma das causas da ausência de planejamento é o custo de operação e manutenção do sistema de drenagem urbana, pois são raras as cidades que possuem sequer cadastro da rede de drenagem implantada, dificultando o controle e, principalmente, um efetivo planejamento contra inundações, erosões, etc. Uma das principais causas desses problemas é, supostamente, a falta de complementaridade entre os fatores hidrológicos naturais e as leis urbanísticas de uso e ocupação do solo (ABRH, 2000).

Como parte da pesquisa, buscar-se-á uma análise espacial na bacia, a qual possui uma ampla relação com a hidrologia urbana da cidade, propondo elementos para uma mudança de concepção, objetivando uma relação mais próxima entre plano urbanístico e infra-estrutura, sobretudo em áreas de ocupação informal, onde os problemas advindos do crescimento espacial desordenado apresentam disfunções entre a implementação do Plano Diretor Urbano, os projetos de infra-estrutura e a natureza das ocupações.

Uma das principais causas desses problemas é, supostamente, a falta de articulação entre ações de saneamento e gestão urbanística. Até então, é pouca ou nenhuma a coordenação entre ações urbanísticas e obras de drenagem local, sobretudo nas bacias urbanas de Belém.

O uso do espaço público rua, ao ser confrontado com a concepção hidrológica, impõe uma revisão dos princípios de planejamento viário e de infra-estrutura, uma vez que o espaço público também é reconhecido como local de circulação, socialização e troca. Daí, a necessidade de relacionar projetos de drenagem com determinações urbanísticas contidas em planos diretores e projetos.

#### **1.4 - Metodologia da pesquisa**

A metodologia utilizada na pesquisa aborda a necessidade de relacionar aspectos urbanísticos com sistema de drenagem natural e implantada, através da revisão de um conceito estabelecido para vias públicas. Os métodos de pesquisa abrangem três aspectos básicos, a saber:

- a) A antiga formação natural do sítio, onde prevalecia a formação de córregos, rios e igarapés;
- b) A forma e a intensidade como foram organizadas as porções ocupadas na bacia da Estrada Nova;
- c) As características físicas naturais e o resultado das intervenções por meio de projetos de sistema viário.

##### **1.4.1 - Área objeto da pesquisa de campo**

A pesquisa utiliza um estudo de caso. A área escolhida foi a bacia hidrográfica urbana Estrada Nova, por apresentar condições históricas que levam ao enquadramento para a pesquisa. Primeiramente, sua formação advém da criação de um grande dique chamado dique da Estrada Nova, criando uma nova dinâmica hidrológica. O segundo ponto diz respeito aos 13 significativos igarapés que a bacia possuía, incluindo o Baltazar, maior igarapé da bacia, e inúmeros e pequenos córregos. A terceira condição é a pluviometria elevada, característica de todas as bacias da cidade. O quarto aspecto relaciona a

movimentação urbanística, ou seja, a criação e consolidação das ruas, praças, etc. modificando, com o passar do tempo, a hidrografia natural do sítio, criando endêmicos problemas.

A concepção que orienta a pesquisa pressupõe relacionar o sistema de drenagem de águas pluviais, implantado como um sistema de saneamento, portanto relevante na tentativa do planejamento das cidades e no equilíbrio de áreas frágeis de várzea. A outra concepção permite observar a visão já consagrada de *rua* enquanto espaço de socialização e corredor de infra-estrutura (Cardoso, no prelo) e que dá suporte para o estudo da reconceituação de via sanitária, objeto geral da pesquisa.

#### **1.4.2 - Pesquisa bibliográfica**

O trabalho é resultado de uma pesquisa bibliográfica, documental e de campo. A análise da bibliografia deteve-se no estudo de sistema de drenagem, comportamento hidráulico, hidrológico e meteorológico de uma bacia urbanizada, além dos aspectos urbanísticos, através de autores que abordam temas como estudo da conceituação de urbanismo, da densidade urbana e o histórico dos planos diretores no Brasil.

#### **1.4.3 - Pesquisa documental**

A pesquisa documental constituiu-se de levantamento em documentos de Leis Municipais de Uso do Solo, mapas aerofotogramétricos dos anos de 1942, 1973, 1977 e 1998, Plano Diretor Urbano, teses de doutorado em Arquitetura e Urbanismo, além de seleção de 15 projetos de drenagem e pavimentação das principais ruas da bacia.

Os mapas de 1942, 1973, 1977 e 1998 possibilitaram a observação das modificações da bacia, a qual definiu, com o tempo, novos formatos em decorrência do processo de uso do solo através da dinâmica forma e informal. Essas alterações ocorreram notadamente nas áreas consagradas pela legislação como não-edificantes como, por exemplo, as áreas de várzea, rios e igarapés.

Outro elemento que orienta a fundamentação da pesquisa é a seleção de 15 projetos de drenagem e pavimentação das principais vias da bacia, que serviu de base para analisar,

a partir da observação em campo, a concordância com o projeto e as condições de funcionamento do sistema hidrológico.

A análise das leis permitiu conhecer o planejamento viário do Município de Belém através das leis e, sobretudo entender as diferenças entre zonas de uso do solo e hierarquização viária. O Plano Diretor Urbano - PDU serviu de suporte para a leitura das normas legais, pois a Lei de Uso de 1999 apresenta, por exemplo, esse plano.

#### **1.4.4 - Pesquisa de campo**

A pesquisa de campo, a partir da pesquisa bibliográfica, foi realizada considerando dois aspectos. O primeiro, através dos 15 projetos citados na pesquisa documental, se constituiu de levantamentos topográficos e visitas nas áreas que efetivamente sofreram as intervenções baseadas nos projetos. Esse levantamento baseou-se na medição de comprimento e largura de vias e dados hidrológicos, como diâmetros da tubulação implantada a partir dos projetos, as cotas altimétricas obtidas através dos levantamentos altimétricos e singularidades (poços de visitas e bocas de lobo).

O segundo aspecto da pesquisa de campo se consistiu de entrevistas a três gestores municipais de saneamento e dois projetistas. Eles foram os principais autores de todos os projetos implantados na Bacia da Estrada Nova, somando-se mais de 10 km de rede implantada, executados na bacia durante cerca de 30 anos de gestão pública na bacia hidrográfica urbana Estrada Nova.

Um triângulo compreendido pelas Avenidas Roberto Camelier, Fernando Guilhon e Bernardo Sayão tornou possível a observação de algumas mudanças e a comparação das épocas de 1942 a 1973 com a de 1998.

A pesquisa de campo foi baseada na cartografia existente e permitiu avaliar características físicas como: mudanças das áreas de alagamento dos canais contribuintes na bacia e tamanho dos talwegues, além da influência em função dos rearranjos urbanísticos. O enquadramento, através de suas dimensões e configurações, do tipo de bacia hidrográfica urbana definida na literatura brasileira, foi outro parâmetro utilizado na pesquisa.

Foram realizadas entrevistas com os ex-secretários da Sesan/PMB: os engenheiros Luiz Otávio Mota Pereira, Wadir Honcy e Cândido Araújo Filho, e com os técnicos: o

engenheiro Euirbe Castro de Araújo e o topógrafo Vital Lins. Essas entrevistas tiveram a finalidade de avaliar a compatibilidade entre estruturação urbanística e planos de infraestrutura de drenagem.

Preocupações quanto à integração dos sistemas de drenagem em função dos problemas de alagamentos à montante das intervenções, à forma como o poder público lidava com as remoções na área de implantação dos projetos e o que significava o termo *via sanitária* para os ex-gestores da secretaria de saneamento, que participaram de significativas modificações na bacia, foram pontos fundamentais nas entrevistas realizadas, cujos roteiros seguem anexos à dissertação.

#### **1.4.5 - Análise**

O estudo da reconceituação do termo *via sanitária* foi baseado a partir dos elementos citados no trabalho como pluviometria elevada e, conseqüentemente, a condução de grandes caudais à jusante; histórico da hidrografia (configuração dos córregos e igarapés a partir de 1942); aspectos urbanísticos como comprimento, largura e hierarquia viária das vias selecionadas na mapoteca do município. Esses aspectos foram considerados a partir dos mapas e leis municipais. O sistema de drenagem, colocado em cada rua, avaliando as cotas e pontos de alagamentos, foi outro aspecto observado na pesquisa.

Para avançar ao ponto importante de viabilizar a análise para, enfim, relacionar esses aspectos, os mapas aerofotogramétricos citados foram cotejados, verificando as mudanças no que se refere à ocupação, às cotas altimétricas e à hidrografia. A partir do aerofotogramétrico de 1998, foram organizados mapas da rede de drenagem da bacia, conjugando todas as intervenções e informações como: grau de impermeabilização da bacia, toda a rede projetada e implantada nos últimos 30 anos, além do diâmetro e da declividade de cada trecho estudado, pontos de alagamentos e a estruturação das sub-bacias de drenagem, considerando as modificações ocorridas na bacia.

As hierarquizações viárias das leis municipais de 1988 e 1999 serviram de base para relacionar as funções à capacidade hidráulica das vias. Pressupõe-se uma vinculação dessas hierarquizações a um reconceito das vias a partir de uma análise da hidrografia e da

intensidade pluviométrica de uma bacia urbana, buscando uma concepção mais atualizada de bacia hidrográfica urbana.

### **1.5 - Estrutura da dissertação**

Este trabalho apresenta cinco Capítulos e se inicia com a discussão do comportamento hidrológico das bacias urbanas. Aborda, entre outros aspectos, o conceito e as características de uma bacia hidrográfica urbana, as medidas de precipitação, o balanço hídrico da bacia hidrográfica urbana e o sistema de drenagem urbana.

O segundo Capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre as bacias urbanas, incluindo escoamento superficial, implantação de redes de drenagem, precipitação máxima, entre outros aspectos.

O terceiro Capítulo aborda a relação histórica dos planos de cidades e as políticas de infra-estrutura. Traz um levantamento das concepções que determinaram historicamente a organização espacial, o sistema viário e o desenvolvimento econômico das cidades brasileiras, em especial, do Município de Belém.

O quarto Capítulo apresenta a localização, a caracterização e a estrutura da Bacia da Estrada Nova. Aborda a situação hidrológica da bacia nos anos 1940 a 1973 e atualmente, relacionando os indicadores sociais, as situações urbanísticas e as intervenções nelas realizadas. Finaliza, apresentando um quadro das vias estudadas.

Na Conclusão, este trabalho apresenta o conceito reconsiderado de via sanitária na Bacia da Estrada Nova, a partir da análise histórica das intervenções públicas.

## Capítulo II - Comportamento hidrológico das bacias urbanas

---

### 2.1 - Aspectos gerais da hidrologia e sua relação com a drenagem urbana

O aumento da concentração humana nas cidades criou o desafio de solucionar satisfatoriamente os problemas do uso desordenado do solo urbano, cristalizados nas ocupações em áreas frágeis, sobretudo em ambientes hídricos como bacias urbanas, onde predominam interferências no movimento natural das águas provenientes das chuvas intensas.

Esse fenômeno demográfico traz incômodos, tanto ao poder público, enquanto agente de planejamento urbano, ao ambiente de várzea, pela sua natureza crítica ambiental, e ao próprio munícipe, devido à relação natural de causa e efeito.

Por se tratarem de áreas urbanas, o desafio para a gestão do município é articular o controle dos problemas decorrentes do acúmulo de água ao ordenamento do espaço da cidade, para controlar seu uso e ocupação, isso tudo vinculado à densidade adequada para as funções urbanas.

Esses problemas de ocupações levaram estudiosos de vários países da Europa e dos Estados Unidos a rever a definição dos termos *hidrologia e drenagem urbana* nas cidades, aperfeiçoando conceitos em função da relação com o crescimento das cidades. Os conceitos criados naqueles países apresentavam uma abordagem científica e, sobretudo ambiental, incentivando uma visão de caráter holístico de uma bacia hidrográfica. Tal processo se desenvolveu a partir da evolução da tecnologia, na qual as observações através de satélites e modelos simulando eventos hidrológicos naturais são símbolos mais latentes e as respostas passaram a ter leituras multidisciplinares (Silveira, 2000).

Do ponto de vista semântico, segundo o dicionário Larousse (2004), hidrologia “é ciência que trata das propriedades mecânicas, físicas e químicas das águas marítimas e continentais”. Drenagem, por sua vez, denomina-se “a saída natural ou auxiliada por drenos, da água existente em um solo; conjunto de procedimentos e operações realizadas para facilitar a saída dessa água”.

Essas definições apresentam um caráter complementar em função da necessidade de entender o fenômeno a partir, também, da drenagem natural de uma bacia. Entretanto, para introduzir uma nova abordagem, o termo *drenagem* foi visto por aqueles países como ações

estruturais em que não havia preocupações com a bacia na sua totalidade. A dimensão da intervenção era limitada e geralmente movimentava um alto volume de recursos ao erário. Como consequência, os problemas de alagamentos nos trechos críticos (baixos) à jusante da obra de drenagem transferiram o alagamento de um ponto para outro na bacia (Tucci, 1995).

No fim dos anos de 1960, foi percebida a importância do entendimento dos fenômenos climáticos e meteorológicos, em função dos efeitos sobre a cidade, principalmente em relação a seus processos de ocupação no solo ou *hidrologia urbana* (Silveira, 2000).

A partir de então, nos E.U.A. e inúmeros países da Europa, *drenagem urbana* passou a ser definida a partir de um planejamento da bacia, existindo, assim, uma relação entre as ações estruturais (construções de galerias, poços de visita, etc.) e não-estruturais (leis, zoneamentos, mudanças de traçado viário, etc.). Com um amplo conhecimento histórico da hidrologia da bacia, há diminuição sensível dos problemas originados das chuvas máximas, sobretudo os financeiros (Tucci, 1995).

Essa situação levou a concepção de drenagem urbana, desenvolvida no Brasil até os anos de 1980, a ser vista criticamente pela nova geração de hidrólogos, geógrafos e sanitaristas como soluções pontuais (Silveira, 2000). A crítica corroborava a nova visão dos países desenvolvidos e se embasava em uma visão reducionista de intervenção espacial no que se refere ao controle das águas na bacia urbana, limitando-se apenas à construção de equipamentos de drenagem para dar suporte às obras viárias.

## **2.2 - Bacia hidrográfica**

### **2.2.1 – Aspectos gerais**

A bacia hidrográfica pode ser definida como um sistema hídrico no qual a drenagem é feita a partir da conversão, por diferença de cota, de toda a massa líquida para um único ponto, chamado enxutório, seguindo para um rio, mar ou oceano, como ponto final de deságüe (ABRH, 2000).

Bacia hidrográfica pode ser definida também como um conjunto de áreas que, em função da relação entre níveis ou cotas, drenam seus afluentes para um ponto de nível mais baixo entre elas. Também pode ser definida por uma área fechada topograficamente em um ponto cuja vazão é dimensionada através desse mesmo ponto (Garcez & Alvarez, 1999).

A Figura 1 exemplifica uma bacia hidrográfica, na qual observa-se o sistema e sua tendência a um único ponto por diferença de cota.



**Figura 1** - Bacia hidrográfica.

Fonte: Agência Nacional de Águas – ANA, 2004.

As características topográficas definem cada bacia, criando seu caráter único. Alguns aspectos extraídos são relevantes para o estudo do comportamento de uma bacia hidrográfica rural ou urbana. Esses aspectos têm relação direta com a diferença de nível na malha hidrológica ou sua altimetria, proporcionando elementos que permitem calcular a distribuição da bacia por níveis de altitude, da distribuição do escoamento superficial e subterrâneo. Agregada à fisiografia, a bacia hidrográfica ajuda a traduzir algumas informações importantes, como o volume em função do tempo ou vazão, a velocidade, etc.

As bacias urbanas brasileiras, devido aos problemas de gestão da sua malha hídrica natural, estão alterando suas características. A questão natural da cobertura vegetal, relevo, aspectos característicos de geologia, geomorfologia, topografia, topologia, etc. estão em processo de modificações, devido às necessidades do uso e ocupação desses espaços para outras atividades (Silveira, 2000).

As bacias hidrográficas apresentam características diversas, tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo. A relação dos eventos precipitação e escoamento, em função do tempo, caracterizam as bacias em relação aos efeitos de mudanças em sua dinâmica. Existe uma combinação de toda a hidrografia da bacia com o ciclo hidrológico, quando se relaciona a precipitação.

O ciclo hidrológico pode ser definido como um balanço de massa de água nos estados líquido e gasoso, que através das mudanças de temperatura, interagem com a hidrografia da

bacia no decurso da evaporação, transpiração das plantas, precipitação, infiltração e escoamento superficial. Assim, a precipitação ou a chuva e o escoamento superficial, ou seja, a relação entre a quantidade total precipitada e escoada pela seção considerada ou enxutório da bacia (Garcez & Alvarez, 1999), são fundamentais para a definição da hidrografia da bacia.

A Figura 2 representa esquematicamente o processo do balanço hídrico, em função do ciclo hidrológico em bacias hidrográficas.



**Figura 2** – Demonstração de um ciclo hidrológico.

Fonte: <<http://geólogo.com.br.htm>>. Acessado em 15 de janeiro de 2004.

No que se refere à influência de precipitações intensas nas bacias, as precipitações, de modo geral, podem ser descritas como um fenômeno no qual, devido à concentração de água na atmosfera em forma de vapor, ao receber influência de temperatura, condensa-se para outros estados. Este estudo trata do estado líquido que, em certas condições, precipita-se sobre uma determinada área, em forma de chuva.

Existem três tipos de chuvas, em função da maneira com que a temperatura se expressa na atmosfera: frontais, orográficas e convectivas (Zahed & Marcellini, 2000). As frontais e orográficas, pelas suas características, fogem do escopo deste trabalho em função de a primeira estar relacionada com bacias de grandes áreas de contribuições e a segunda receber precipitações de grande duração, respectivamente.

As chuvas convectivas ou de convecção térmica podem ser definidas como a ascensão brusca de uma quantidade de massa de ar aquecido, devido a sua proximidade com o solo, que recebeu incidência de raios solares, o que resulta uma rápida subida do vapor d'água aquecido. Esse movimento promove um forte resfriamento das massas de ar, que se condensam, originando nuvens e precipitações intensas.

A chuva convectiva, para os especialistas (engenheiros, hidrólogos, etc.), é o evento mais importante e é corroborada por muitos estudiosos em hidrologia, porque apresenta grande intensidade, pouca duração e picos de altura pluviométrica elevada, caracterizando chuvas intensas (Garcez & Alvarez, 1999). Através dela e do escoamento superficial originado, projetam-se soluções de drenagem para a convivência e controle de suas conseqüências em pequenas bacias hidrográficas urbanas.

## **2.3 - Definição de bacia em área urbana**

### **2.3.1 - Método racional**

Para pesquisar o desempenho da drenagem de uma bacia hidrográfica urbana, a partir de uma precipitação intensa, avaliando a chuva efetiva e escoamento superficial direto, é necessário distinguir uma pequena, média e grande bacia hidrográfica. A definição está relacionada ao método de obtenção dessas variáveis.

Existem duas consagradas abordagens na literatura técnica, quando se trata de hidrologia urbana: o método racional e o hidrograma unitário (Porto, 1995). Sua aplicabilidade está vinculada à área de drenagem da bacia e às hipóteses de situações adequadas para um determinado fim.

O método da teoria do hidrograma unitário está relacionado ao cálculo de parâmetros, como chuva efetiva, vazão, área de contribuição, etc., de médias e grandes bacias hidrográficas.

O método racional é adequado para bacias pequenas e observa-se que não há muita clareza sobre seu uso adequado. A definição do tamanho da superfície de uma bacia hidrográfica é, via de regra, imprecisa, em função dos dados naturais do seu comportamento (Tucci, 2000).

O DAEE/Cetesb (1980) afirma que não é possível utilizar o método para bacias acima de 1 km<sup>2</sup>. Já Azevedo Neto (1991) valida o método até 1,5 km<sup>2</sup>. Diferentemente, Bastos (1999) propõe um dimensionamento de rede de drenagem pelo método racional de bacias hidrográficas de até 5 km<sup>2</sup>. Porto et al. (2000) propõe, para a validade desse método inferior a 2,5 km<sup>2</sup>.

No entanto, entre os autores supracitados, o consenso sobre o que pode ser uma pequena bacia de drenagem é o tempo de concentração do caudal na bacia, que deve ser de, no máximo, 1 hora.

Os critérios que possibilitam o uso do método racional para o cálculo da vazão de pico de uma bacia urbana, e que levam a crer que ela encontra-se nessa faixa de superfície, variam de 1 a 5 km<sup>2</sup>. Eles podem, definitivamente, caracterizar uma bacia pequena. O DAEE/Cetesb (1980) e Porto (1995) apontam características para a definição do uso do método racional em bacias hidrográficas urbanas:

- a) A chuva efetiva é considerada uniformemente distribuída no tempo e no espaço;
- b) O escoamento superficial é exclusivo de superfícies e não privilegia interfaces com outras estratificações;
- c) O armazenamento ou amortecimento de vazões no processo é desprezível;
- d) O tempo de concentração do caudal na bacia é igual ao tempo de permanência da chuva na bacia.

### **2.3.1.1 - Tempo de recorrência**

A hidrologia urbana, quando se refere a pequenas bacias cuja base de análise é realizada através do método racional, associa o tempo de retorno ou de recorrência a projeto de drenagem urbana. Independente da proposta de implantação de drenagem artificial, o tempo de retorno traduz a probabilidade de uma determinada precipitação, que será igualada ou superada. O período de recorrência é definido em anos nos quais, provavelmente, um determinado fenômeno pluvial se repetirá ou será superado pelo menos uma vez, nessa faixa temporal, determinada pelo tipo de escoamento.

Em se tratando de obra de drenagem, tal fator assume aspectos que vão além das análises de fenômenos naturais. A escolha do período de recorrência tem relação direta com aspectos econômicos e sociais, que se traduzem em custos de intervenções e tamanho do empreendimento.

Essa variável é responsável, em parte, por vários problemas enfrentados nas bacias urbanas, pois como o grau de interferência está diretamente ligado ao tempo de retorno ou recorrência, por vezes, se sub-dimensiona uma ação estrutural para não onerar os cofres públicos. Esse fator também causa o agravamento de problemas, sobretudo do ponto de vista hidrológico, como por exemplo, a ocupação em áreas de importância para o escoamento de uma sub-bacia de contribuição ou ocupação nos canais receptores da drenagem urbana (Botelho, 1998).

No Brasil, a comunidade técnico-científica, através de muitas entidades ligadas ao setor de drenagem urbana, fixa períodos de retorno que orientam grande parte dos projetos, conforme Tabela 1 (Porto, 1995):

**Tabela 1** - Períodos de retorno para diferentes ocupações da área.

<b>Tipo de obra</b>	<b>Tipo de ocupação da área</b>	<b>T (anos)</b>
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços ao público	5
Microdrenagem	Aeroportos	2-5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10
Macro drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro drenagem	Área de importância específica	500

Fonte: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 1995.

### **2.3.1.2 - Tempo de concentração**

Alguns elementos são significativos para definir os pressupostos de uso do método racional, ou seja, a afirmação de que o tempo de concentração na bacia é igual ao tempo de duração da chuva efetiva, pois ele é essencial para conferir à pequena bacia de drenagem as condições para o cálculo dos parâmetros (vazão, velocidade, etc.) que permitam elaborar planos de drenagem com relativa eficiência.

O tempo de concentração em uma bacia hidrográfica urbana pode ser definido, juntamente com o coeficiente de escoamento superficial “C”, como os mais importantes para a caracterização do método de avaliação do desempenho de uma bacia urbana (Porto, 1995). Como a intensidade é inversamente proporcional à duração da chuva efetiva, o seu valor máximo corresponde à menor duração, para a qual a contribuição é máxima (Bastos, 1999).

Há diversas maneiras de calcular o tempo de concentração, desde as fórmulas empíricas, em função das características da bacia (área, declividade, comprimento do talvegue, rugosidade das superfícies, etc.), até a máxima aproximação das condições que as geraram (Porto et al. 2000). Outros cálculos são as equações da hidráulica, com um certo caráter de

legalidade mais geral, como da onda cinemática (Azevedo Neto, 1991). Essa equação pode ser descrita:

$$T_c = L/V;$$

$T_c$  = tempo de concentração

$L$  = comprimento do trecho homogêneo em m

$V$  = velocidade de escoamento do trecho em m/s.

O tempo de concentração na bacia é necessário para que toda a contribuição para a seção seja considerada. Ela é formada por tempo inicial ( $t_i$ ) ou tempo percorrido de um ponto mais desfavorável da bacia até a primeira referência considerada, e o tempo ( $t_t$ ), chamado de translação ou tempo de percurso na própria rede de drenagem (bueiros, galerias e canais).

### 2.3.1.3 - Elementos que compõem o cálculo da vazão “Q”

A descrição das variáveis na fórmula do método racional, defendida por Porto et al. (2000), Azevedo Neto (1991), Bastos (1999), Botelho (1998) e DAEE/Cetesb (1980), não apresentam divergências entre os elementos que compõem a fórmula, por isso serão descritos abaixo, como um compêndio consensual, baseado nos estudiosos citados anteriormente.

- **Intensidade pluviométrica “I”**

A intensidade pluviométrica “i” representa a chuva efetiva sobre uma determinada área na unidade de tempo, relacionada à leitura pluviométrica medida por sua altura, o que conduz, para a expressão do método racional, à adoção desse valor em mm/h.b

Esse parâmetro de cálculo, segundo Bastos (1999), possui importância fundamental para a quantificação do escoamento a partir da chuva que lhe deu origem, pois traduz a variação da altura da precipitação em função da duração do tempo e do período de retorno, cuja vinculação ao tipo de área drenada pode ser encontrada na dimensão da micro ou da macrodrenagem.

Sobre esse fato, Bastos (1999) também afirma:

“Qualquer que seja a expressão da chuva de uma região, a intensidade pluviométrica leva sempre em consideração dois princípios fundamentais: a) a chuva será mais intensa quanto menor seja sua duração; b) quanto mais rara for a chuva, maior será sua intensidade. Esses dois princípios refletem os mais fortes condicionantes que interferem nas relações intensidade pluviométrica/duração/período de recorrência, demonstrando ser aquela intensidade inversamente proporcional à duração e diretamente proporcional ao período de recorrência.”

Dessa forma, a chuva máxima de projeto a ser utilizada na definição da descarga será aquela para a qual se determinou uma duração "t", que corresponda a um período de recorrência T. Usualmente, considera-se, nos sistemas urbanos de microdrenagem, a chuva de frequência de 2 anos na Tabela 1, ou seja, aquela determinada para o período de recorrência de 2 anos. No caso de canais de macrodrenagem, é comum a adoção do período de 50 anos, sendo, entretanto, bastante variados os valores adotados.

### **Coefficiente de escoamento superficial "C"**

O coeficiente de escoamento superficial "C" é, sem dúvida, o parâmetro de cálculo de mais completa definição entre todos os outros envolvidos pela determinação da vazão de pico, através do método racional. Na definição de bacia pequena, em que se adequam todos os princípios, tempo de concentração igual da chuva efetiva e armazenamento desprezível, o coeficiente "C" exprime a parcela da chuva total que se transformou em escoamento superficial (Bastos, 1999).

Considerando uma diversidade de tipos de solos no cálculo da vazão, nas diversas áreas de contribuição, é necessário um coeficiente de escoamento superficial médio (Porto, 1995), que pode ser representado por:

$$C = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A}, \text{ onde}$$

C = coeficiente de escoamento superficial médio;

C<sub>i</sub> = coeficientes de escoamentos superficiais característicos para cada uma das áreas de contribuição envolvidas;

A<sub>i</sub> = área de cada superfície individualizada pelos coeficientes de escoamento C<sub>i</sub>.

A = Área total da bacia.

Os valores usualmente adotados para C estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2 - Valores dos coeficientes de escoamento superficial direto "C".**

<b>OCUPAÇÃO DO SOLO</b>	<b>VALORES "C"</b>
DE EDIFICAÇÃO MUITO DENSA: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com rua e calçadas pavimentadas.	0,70 A 0,95
DE EDIFICAÇÃO NÃO MUITO DENSA: Partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 - 0,70

DE EDIFICAÇÃO E COM POUCAS SUPERFÍCIES LIVRES: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 - 0,60
DE EDIFICAÇÃO COM MUITAS SUPERFÍCIES LIVRES: partes residenciais com ruas pavimentadas, mas com muitas áreas verdes.	0,25 a 0,50
DE SUBÚRBIOS COM ALGUMA EDIFICAÇÃO: parte de arrabaldes e subúrbios com pequena densidade de construções.	0,10 a 0,25
DE MATAS, PARQUES E CAMPOS DE ESPORTES: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Porto (2000).

### 2.3.1.4 – Equações para o cálculo da vazão “Q”

A descrição das técnicas e fundamentos de cálculos de pequenas bacias urbanas, através dos métodos racionais para dimensionamento da vazão, seguem a mesma orientação do item anterior (2.3.1.3) e serão, assim, apresentados consensualmente.

Para o dimensionamento hidráulico, surge como primeiro parâmetro a ser definido, a descarga da bacia, denominada pela vazão afluyente, cuja avaliação se faz quase sempre por via indireta.

A razão, para que sejam adotados procedimentos indiretos na definição da vazão afluyente, decorre do fato de ela ser o resultado do escoamento das precipitações referidas das pequenas bacias contribuintes que, por suas dimensões e duração, não permitem leituras diretas de descarga.

Com a finalidade de se quantificar o escoamento, definido através da descarga de projeto, adota-se o modelo de cálculo que permite estabelecer a relação de causa e efeito entre a descarga e a precipitação que lhe deu origem.

Segundo Azevedo Neto (1991), a fórmula matemática que expressa o método racional é descrita da seguinte maneira:

$$Q = C.I. A.$$

Sendo Q a vazão de pico em m<sup>3</sup>/s; C = coeficiente adimensional relacionado com a parcela da chuva total que se transforma em chuva efetiva; I = intensidade média da chuva em mm/hora, que no método racional é considerada constante e A = área da bacia em km<sup>2</sup>.

## Equação da chuva

As equações de chuva são sistematizações de séries históricas da relação entre intensidade, duração e frequência das precipitações, as quais permitem sua representação na forma de equações. Basicamente, são duas as expressões que definem a chuva de projeto, comumente utilizada em projetos (Azevedo Neto, 1991).

Equações com a forma geral:

$$i = \frac{a \cdot T^n}{(t + b)^m}, \text{ onde}$$

$i$  = intensidade pluviométrica em mm/h;

$a$ ,  $b$ ,  $m$  e  $n$  = parâmetros locais;

$t$  = duração de precipitação em minutos;

$T$  = período de recorrência em anos.

A equação possui parâmetros peculiares relacionados a cada posto pluviométrico, correspondente à série histórica de cada local medido. Os parâmetros locais  $a$ ,  $b$ ,  $m$  e  $n$  diferenciam as equações, impossibilitando o uso em outra área. Algumas expressões são exemplificadas abaixo, incluindo a do Município de Belém:

a) Para Curitiba, do engenheiro Pedro Viriato Parigot de Souza:

$$i = \frac{5950 \cdot T^{0.217}}{(t + 26)^{1.15}}$$

b) Para São Paulo, do engenheiro Paulo Sampaio Wilken:

$$i = \frac{3468,7 \cdot T^{0.172}}{(t + 22)^{1.025}}$$

c) Para o Rio de Janeiro, do engenheiro Ulisses Alcântara;

$$i = \frac{1239 \cdot T^{0.15}}{(t + 20)^{0.74}}$$

d) Para Belém, a Prefeitura Municipal estabeleceu a seguinte expressão:

$$i = \frac{2300 \cdot T^{0.20}}{(t + 20)^{0.91}}$$

Entretanto, por terem sido desenvolvidas para uma quantidade maior de postos pluviográficos, desde 1960, essas equações foram preferencialmente utilizadas pelo extinto DNOS (DAEE/Cetesb, 1980), o qual apresenta a fórmula geral:

$$i = \frac{K}{t} (a.t + b \cdot \log(1 + c.t)), \text{ onde}$$

$i$  = intensidade pluviométrica em mm/h;

$t$  = duração em h;

$a, b, c$  = parâmetros definidos para cada um dos postos pluviográficos;

$K$  = fator de probabilidade, dado por:

$$K = \frac{T^\alpha + \beta}{T^\gamma}$$

$T$  = período de recorrência em anos;

$\alpha$  = parâmetro dependente da duração  $t$ ;

$\beta$  = parâmetro variável com  $t$  e o posto considerado;

$$\gamma = 0,25$$

#### 2.4 - Método do hidrograma unitário

O método é aplicado em bacias médias e grandes, nas quais os fundamentos que se baseiam na teoria do método racional não podem ser usados, pois suas soluções tornam-se inócuas. Porto (1995) demonstra abaixo as fragilidades do método racional, quando se trata de bacias consideradas médias ou grandes:

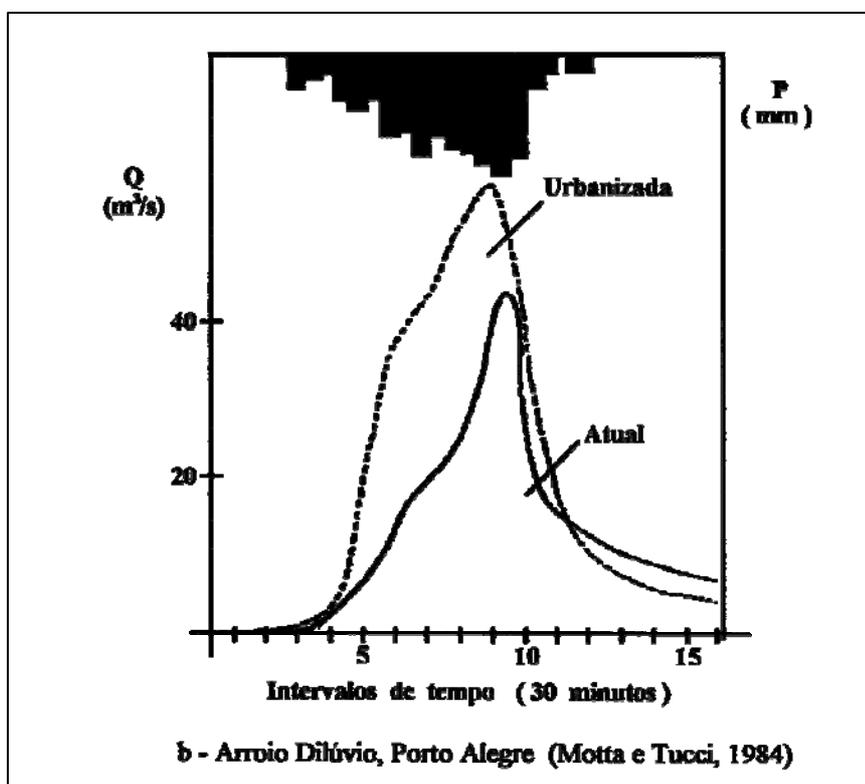
- a) Não é possível admitir a hipótese de intensidade constante da chuva, ao longo de sua duração, pois, à medida que a duração da precipitação de projeto aumenta, essa hipótese torna-se menos viável, em função da variabilidade da intensidade da precipitação na própria bacia;
- b) A hipótese de inexistência de armazenamento na bacia admitida no método racional passa a ser pouco realista.

## 2.5 – Influência da densidade urbana nas bacias hidrográficas

As bacias urbanas ou bacias com grandes aglomerados urbanos apresentam características que comprometem uma simples avaliação das relações meteorológicas entre chuva, escoamento superficial e acumulação dos caudais (Silveira, 2000).

No interior das bacias hidrográficas urbanas, em função dos problemas sociais de moradia, houve necessidade de espaço para o uso do solo nas cidades, o que levou à ocupação de terras íngremes e áreas de várzea. A Figura 3 relaciona o aumento das vazões, quando há influência das mudanças no solo pelo processo de impermeabilização, tanto público, quanto privado na bacia do Arroio Dilúvio na cidade de Porto Alegre no Estado do Rio Grande do Sul.

**Figura 3** – Aumento das vazões em relação às mudanças no solo.



Fonte: Tucci, 1995.

As conseqüências desse aumento das vazões são os problemas decorrentes do crescimento de construções que modificaram o microclima e, ao expandir as áreas impermeáveis que, consorciadas às precipitações intensas, levam ao aumento dos picos de

vazões e causam extravasamentos dos canais receptores, devido à redução do tempo de concentração (Porto, 1995), resultando em problemas de alagamentos.

Quando os projetos de drenagem executados até os anos 1980, no Brasil, são submetidos à avaliação, percebe-se o baixo nível de evolução dos estudos entre os efeitos dos processos de urbanização (Tucci, 2000). O reconhecimento de análises a partir da dinâmica de uso e ocupação relacionada com os efeitos de uma precipitação intensa, com todos os parâmetros envolvidos, vai desde o coeficiente de impermeabilização, que é a relação entre a área total da bacia e a área impermeabilizada (pública e privada), a avaliação da chuva de projeto dentro da dinâmica de uso da rede de drenagem, a relação entre duração, intensidade e frequência, a vazão, a área de contribuição, etc.

### 2.5.1 - Hietograma e hidrograma

O hietograma é o gráfico quantitativo da chuva efetiva ou excedente em relação ao tempo. O hietograma ou chuva efetiva ou  $h_{exc}$ , pode ser analisado à luz de duas abordagens para o seu cálculo, evidenciadas por Porto (1995). Uma, calculada através de relações com determinadas funções que levam em conta o total precipitado, por exemplo, o tipo de solo, ocupação do solo, umidade antes da precipitação, etc.

$$h_{exc} = F(P, TS, OS, UA, \dots)$$

$h_{exc}$  = chuva excedente; P = total precipitado (mm); TS = tipo de solo; UA = umidade antecedente.

Esses parâmetros estão relacionados à precipitação total e sua interação dá origem à resultante denominada de chuva efetiva. Eles são determinados de forma empírica e, conseqüentemente, necessitam de condições adequadas para seu resultado. Os métodos de cálculos dos parâmetros mais utilizados são do número da curva do *Soil Conservation Service* – SCS e o método do coeficiente de escoamento superficial “C”, utilizado para o cálculo das vazões de pico do método racional (Porto, 1995).

A outra abordagem do hietograma está relacionada com o cálculo das perdas por infiltração, interceptação, retenção e outras. Esse método pode ser representado da seguinte forma:

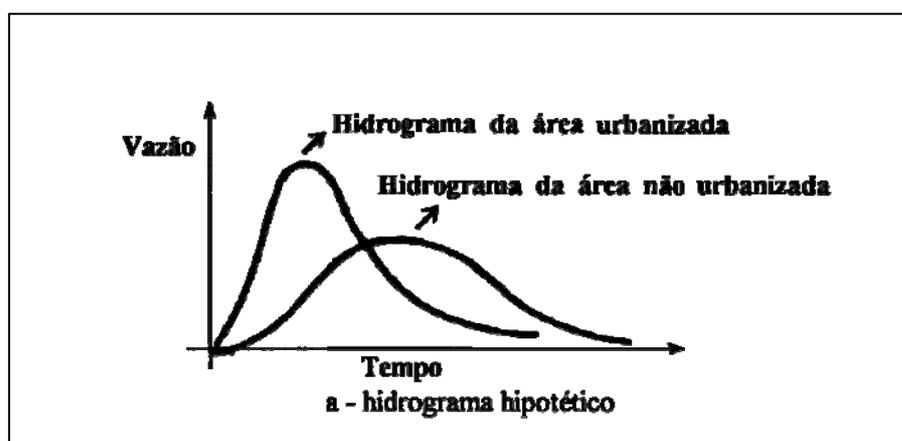
$$h_{exc} = P - h_{perdas}$$

$h_{perdas}$  = perdas totais provenientes dos processos relacionados com infiltração, interceptação e outras.

Hidrograma é a transformação do escoamento em superfície do hietograma ou precipitação efetiva, dando origem a uma vazão que, em função do tempo, formata um outro gráfico que caracteriza tal vazão.

A Figura 4 caracteriza dois escoamentos superficiais que demonstram a diferença quantitativa entre uma bacia rural e uma urbanizada. A bacia urbanizada apresenta um maior pico de vazões em função do aumento do escoamento proveniente do aumento de áreas impermeabilizadas na bacia, conforme demonstra a Figura 4.

**Figura 4** - Comparação entre hidrogramas de áreas urbanizadas e áreas não-urbanizadas.



Fonte: Tucci, 1995.

Porto (1995) relaciona três aspectos fundamentais que fazem parte do hidrograma: o primeiro é chamado de *ascensão*, relacionado com a intensidade da precipitação; a *região de pico*, área próxima ao valor máximo, na qual, a partir desta, o hidrograma começa a mudar de inflexão, influenciado pela falta de alimentação proveniente da diminuição da chuva ou através do amortecimento, devido à intermediação da bacia de acumulação; por último, temos a *recessão*, quando é ultrapassado o pico, significando o fim da precipitação e do escoamento, quando permanece apenas o escoamento subterrâneo.

### 2.5.2 - Escoamento superficial

A importância do escoamento superficial em contexto de bacia hidrográfica urbana requer maiores atenções em função das mudanças nos desenhos das cidades que sofreram o processo de urbanização. Essas modificações podem ser refletidas nas preocupações da forma

mais conseqüente de elaborar projetos de drenagem urbana condizentes com uma conjuntura na qual o espaço público torna-se mais exíguo e as áreas privadas cada vez mais densas.

Alguns parâmetros de projetos como chuva de projeto, vazão de pico, área de contribuição, nível de impermeabilização, tempo de retorno, tempo de concentração, hidrologia geral da bacia e escoamento superficial merecem cuidados quanto à influência dos aspectos de densidade e uso descontrolado de áreas públicas.

O escoamento superficial canaliza as maiores análises por ser um dos aspectos fundamentais no comportamento hidrológico e que, através dele, aspectos dos outros parâmetros são avaliados, principalmente em relação ao balanço hídrico em bacias urbanizadas e as mudanças, em função do aumento de áreas impermeáveis.

### **2.5.2.1 - Metodologia de análise de um escoamento superficial**

No balanço hídrico de uma determinada precipitação em uma bacia hidrográfica, a chuva excedente ou efetiva é o resultante das perdas por evaporação, retenções em depressões e infiltração. Ela é a parcela que dá origem ao escoamento superficial (Porto, 1995).

Assim, a partir da precipitação chuva excedente, define-se o escoamento superficial direto, que nada mais é do que a parcela da precipitação total, que escoar pelo solo e que torna-se mais densa rumo às partes mais baixas da bacia, finalizando nos rios e mares. Esse tipo de dinâmica é o maior responsável pelas vazões de cheia, sobretudo em pequenas bacias (Porto, 1995).

Em bacias altamente urbanizadas, esse processo está bastante modificado devido às variações com o tempo da superfície, que em dinâmica ascendente, impermeabiliza-se em função do processo de ocupação. Essas variações ocasionam o aumento da chuva efetiva na ordem de 300% a 400% e conseqüentes problemas de enchentes e alagamentos devido aos obstáculos impostos ao escoamento de montante e mudanças no comportamento dos canais receptores pela abreviação de picos de vazão, causando os mais diversos problemas sociais e econômicos.

## 2.6 - Drenagem urbana

No Brasil, a dinâmica das populações preocupa gestores e planejadores urbanos, pois a concentração migratória se apresenta nas áreas metropolitanas, principalmente nas cidades circunvizinhas das capitais brasileiras.

O crescimento acelerado dos aglomerados urbanos desencadeia vetores de ocupações prejudiciais à drenagem natural da cidade. Do ponto de vista geral, numa primeira ordem, os assentamentos acontecem em locais com baixo valor imobiliário ou em áreas proibidas pela municipalidade, como: marginais de canais, córregos, rios, áreas de fundo de vale, área de caminhamentos de drenagem e edificações. Esses assentamentos impedem o escoamento natural das águas.

As inundações e alagamentos são, via de regra, as principais conseqüências desses fenômenos urbanos. Existe, a partir da situação levantada, um grande número de efeitos nocivos ao ambiente urbano, que atinge desde a destruturação do solo, causando erosão, até a saúde pública, com o aparecimento de macro e microvetores (ratos, mosquitos, etc.), favorecendo a reprodução constante de doenças endêmicas.

O manejo das águas pluviais ou do escoamento superficial das áreas urbanas, por meio de sua drenagem, é um empreendimento dispendioso, o qual envolve dificuldades relacionadas com a quantidade e a variabilidade da água a ser drenada.

As precipitações ocorrem em qualquer área de drenagem e dependem de características físicas e climáticas locais. Entre os fatores interferentes no escoamento superficial, encontram-se o tipo de precipitação, a intensidade, a duração e a distribuição das chuvas, as condições iniciais de umidade, a evaporação e a transpiração do solo, além de características referentes ao tamanho, forma, declive, orientação do escoamento e uso das áreas de drenagem.

A técnica de avaliação da grandeza das chuvas compreende métodos empíricos, probabilísticos e estatísticos ou outros que se inter-relacionam entre chuva e o escoamento superficial.

### **2.6.1 - Instrumentos de gestão da drenagem urbana**

Segundo Tucci (2000), o crescimento urbano tem sido caracterizado por expansão irregular da periferia, com pouca obediência à regulamentação urbana, relacionada com o Plano Diretor e com as normas específicas de loteamento, além da ocupação irregular de áreas públicas pelas populações de baixa renda. Esse vetor de crescimento problematiza, de forma profunda, qualquer tentativa de planejamento conseqüente, colaborando decisivamente para a efetivação de ações inadequadas de estruturação.

O resultado desse tipo de ciclo “vicioso” configura-se em ações de ampliação da rede e manutenção, de forma incipiente e ineficaz, dilapidando o erário.

Algumas práticas reconhecidas no Brasil evidenciam esse tipo de efetividade: 1) aterramentos indevidos (ações da comunidade); 2) aumento da impermeabilização do solo (ações do poder público); 3) influência de outros fatores, incluindo o esgoto na rede de drenagem.

Nesse contexto, observa-se o papel do planejamento, o qual trata-se de um processo técnico, instrumentalizado para transformar a realidade existente, no sentido de alcançar objetivos previamente estabelecidos. O planejamento urbano visa promover a interação da cidade com seus moradores, buscando a qualidade de vida e a viabilidade das necessidades de seus cidadãos.

Os instrumentos a seguir têm rebatimento direto com a visão integrada, servindo de referência para gestão ambiental: 1) Plano Diretor de Drenagem; 2) Planejamento Urbano no Controle de Inundação e Erosão; 3) Estatuto da Cidade; 4) Controle e Manutenção do Sistema Viário; 5) Lei Complementar de Controle Urbanístico; 6) Leis Ambientais Federal, Estadual e Municipal; 7) Plano Diretor Urbano; 8) Planos Diretores: Água, Esgoto, Lixo, Transporte, etc.

### **2.6.2 - Sistema de saneamento e os elementos constituintes do sistema de drenagem**

Os sistemas de drenagem pluvial urbana ocupam um lugar de destaque entre as obras hidráulicas e sanitárias e são fundamentais no planejamento das cidades e no saneamento das mesmas.

É importante considerar, numa área, a prioridade de um projeto de ocupação urbana: a topografia da área; a urbanização de áreas excessivamente escarpadas; as áreas com trechos em declividade superior a 30%, as quais devem ser deixadas como área livre, com vegetação protetora. Caso contrário, a sua urbanização exige um minucioso estudo. Outros fatores

podem, ainda, ser citados, como o conhecimento geotécnico da área, pois este orientará as obras, diminuindo, com isso, as erosões e fornecerá critérios para os cortes e aterros na área.

O traçado das ruas será o grande elemento definidor do sistema de esgotamento pluvial, pois é ele que definirá as larguras das ruas, suas declividades longitudinais e transversais, as características dos lotes resultantes e a liberação ou não de pontos baixos.

O sistema pluvial abrange a calha das ruas, galerias, escadarias, rampas, até a chegada das águas aos córregos, riachos e rios. Esse sistema apresenta os seguintes objetivos: a) evitar erosões do terreno; b) evitar erosões do pavimento; c) eliminar pontos baixos sem escoamento; d) ordenar a chegada das águas aos cursos de água da região.

### **2.6.2.1 - Sistemas de drenagem de águas pluviais – conceitos e definições**

Denomina-se de sistema de drenagem de águas pluviais o conjunto de obras e instalações destinadas a dar escoamento às águas provenientes das precipitações pluviométricas, as quais escorrem superficialmente numa determinada área. Esse sistema apresenta como partes constituintes os sistemas de microdrenagem e macrodrenagem.

Microdrenagem é a parte do sistema de águas pluviais que trata do escoamento das vias e que inclui pequenos coletores, tratados em conjunto com os dispositivos de captação, como ramais de transferência e pequenas galerias.

Macrodrenagem é a parte do sistema que se refere aos grandes emissários, ou seja, os cursos de água (canais) que recolhem as contribuições das canalizações secundárias. É formada, basicamente, por canais naturais ou artificiais, galerias de grandes dimensões e estruturas auxiliares.

Não é muito nítido o limite entre micro e macrodrenagem, o que convém um tratamento único ao assunto. Entretanto, pode-se considerar como macrodrenagem o conjunto de canais fechados ou a céu aberto, cuja vazão de projeto seja igual ou superior a  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### **2.6.2.2 - Dinâmica da microdrenagem: elementos e singularidades**

Os elementos encontrados na dinâmica da microdrenagem são:

- a) Calha viária das ruas – O primeiro condutor das águas pluviais. Recebe o caudal e o direciona para as guias e sarjetas;

- b) Guia – Sua função é definir os limites do passeio e do leito carroçável;
- c) Sarjetas – São elementos de drenagem das vias públicas, usados para fixar as guias e para formar o piso de escoamento de água;
- d) Bocas-de-lobo – É a mais comum e a principal captação da água da sarjeta;
- e) Poços de visita - São dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema coletor, com a finalidade de permitir a inspeção e limpeza das canalizações, mudança de greide de direção e de diâmetro das mesmas, assim como a conexão deste com tubos de ligação;
- f) Tubos de ligação - Destinados a conduzir as águas captadas pelas bocas-de-lobo para os coletores (galerias) ou para os poços de visita.
- g) Conduitos - Obras que se destinam à condução das águas superficiais coletadas.
- h) Caixas de passagem ou de ligação - São caixas de alvenaria ou de concreto feitas com o objetivo de permitir a conexão de galerias com os tubos de ligação ou destinadas a inserir um rebaixo no greide da galeria.

### **2.6.2.3 - Dinâmica da macrodrenagem – elementos e singularidades**

- a) Sistema de galerias de grandes dimensões - Destinado a conduzir as águas pluviais para pontos convenientemente determinados;
- b) Canais naturais ou artificiais - Receptores finais do sistema de drenagem;
- c) Estruturas auxiliares - Destinam-se à proteção contra erosões e assoreamento, travessias (obras de arte) e estações de bombeamento.

### **2.6.2.4 - Planejamento e dimensionamento**

O dimensionamento consiste no cálculo e determinação adequados das dimensões de canalizações, atendendo aos parâmetros hidráulicos e característicos de cada segmento que, ao serem implementados, atendam às descargas afluentes.

O dimensionamento das galerias será baseado no Método Racional, utilizando-se o critério de cálculo de galeria em marcha, muito aplicado nos sistemas de drenagem urbana, no qual calcula-se a descarga afluente em cada segmento do projeto e supõe-se o escoamento, processando-se em movimento uniforme.

Assim, considera-se, em cada trecho, que a descarga é a somatória da contribuição local com a contribuição conduzida pelo segmento imediatamente à montante.

#### **2.6.2.5 - Elementos do projeto**

Na elaboração do projeto de drenagem pluvial de uma cidade, utilizam-se os seguintes elementos:

a) Plantas topográficas da área da cidade em estudo e da bacia que a compreende, na escala 1:2000, com curvas de nível de 1,00 em 1,00 metro, fornecidas pela prefeitura ou outro órgão local, para o lançamento das galerias, bem como as divisões das bacias e sub-bacias de contribuição. Nas plantas de escala 1:4000, são definidos os cursos de água receptores e as zonas alagadiças;

b) Nivelamento geométrico, o qual não tendo sido elaborado das vias públicas, os elementos necessários ao projeto, como as cotas dos pontos de cruzamentos, de mudança de direção e da grade de vias públicas, são retirados das plantas disponíveis nos órgãos da localidade;

c) A indicação de ocupação e recobrimento do solo das áreas não-urbanizadas, bem como os elementos relativos à urbanização, poderão ser coletados e definidos através de visita e reconhecimento na própria cidade;

d) Na Região Amazônica, é extremamente importante a definição do comportamento hidrológico dos cursos de água receptores, já que a variação da cota dos níveis máximo e mínimo é bastante grande. A definição da cota máxima enchente só será possível com a observação das marcas deixadas pelo evento em alguns pontos da cidade;

e) Divisão da cidade em bacias. Com base em verificações locais, é possível estabelecer a impermeabilidade superficial das bacias de contribuição, definida em função dos percentuais relativos a cada tipo de superfície de escoamento.

Na planta geral de urbanização e locação, as galerias e os sentidos de escoamento natural superficial das águas pluviais nas sarjetas das vias públicas são indicados por pequenas setas.

Na concepção geral das obras do projeto de drenagem urbana, devem ser fixados/obedecidos os seguintes parâmetros: a) chuva crítica a ser considerada; b) tempo de recorrência a ser adotado; c) critérios para determinação da intensidade média de precipitação;

d) índices de impermeabilização da bacia; e) critérios para avaliação do coeficiente de escoamento superficial; f) método a ser utilizado na avaliação das vazões de dimensionamento; g) fórmulas e processos a serem utilizados no dimensionamento do sistema; h) cursos de água receptora do efluente do sistema coletor.

Tais modificações na drenagem podem ser estruturais e não-estruturais (Tucci, 1995), pois a diferença entre elas reside na construção de obras físicas nas chamadas estruturais. As modificações não-estruturais estão relacionadas, em certos aspectos de gestão urbana e da evolução do desenho da cidade, na perspectiva de controle do escoamento superficial.

## Capítulo III - Planejamento urbano e políticas de infra-estrutura

---

### 3.1 - A ocupação urbana

A partir dos fenômenos de concentração e desconcentração da massa populacional nas cidades de médio e grande porte no Brasil, causados principalmente pelo processo de industrialização, em menor importância pela expulsão dos trabalhadores do campo em função da modernização das técnicas de cultivo e pelo histórico problema das secas da região nordestina (IPEA, 1997), o espaço das cidades sofreu grandes modificações, com efeitos sentidos principalmente no descompasso entre obras de infra-estrutura urbana e assentamentos humanos.

Aumentam, por vários fatores ambientais, os problemas de hidrologia urbana, causados ora por conter o fluxo pluvial em função do congestionamento do caminho natural das águas, ora por aumento do pico das vazões, causado por intensa impermeabilização do solo.

Os resultados desse processo são inundações periódicas, problemas sanitários devido ao esgoto cloacal constantemente ligado à rede de drenagem, aumento de sedimento à jusante, devido ao aumento das vazões nas ruas, etc.

Em conseqüência, o meio ambiente cidadão sofre com a falta de praticidade e efetividade do Plano Diretor Urbano, o qual historicamente no Brasil, pouco ou nada acompanhou as mudanças do uso do solo urbano, visando ao melhor ordenamento, uma vez que as mesmas não foram implementadas (Villaça, 1999).

Inclui-se nessa análise o Município de Belém, quer seja com a implementação de seus instrumentos urbanísticos, ou pelo menos, com obras e serviços que visassem, com o tempo, à garantia de convivência com as características naturais do meio ambiente, no caso específico, a hidrologia urbana.

Em função de tais elementos, áreas de extrema concentração populacional na cidade de Belém vêm sofrendo o efeito da ausência desses instrumentos de controle e regulação do espaço urbano.

Durante o processo de organização espacial das cidades brasileiras, muitas críticas surgiram em relação aos termos *planejamento urbano* e *Plano Diretor*, considerando o desenvolvimento dos conceitos e a sua importância no processo de estruturação do espaço, fazendo parte da história como referência no estudo do uso e da ocupação do espaço urbano, sobretudo no âmbito acadêmico. Fortemente incisivas, as críticas dos intelectuais progressistas evidenciavam a clareza dos termos enquanto ideologia, sendo analisados e profundamente estudados por vários autores que trabalham o urbano (Maricato, 2000). Nos movimentos populares, os referidos conceitos eram vistos inicialmente como importantes e, com o passar do tempo, serviram tanto como forma de pressão na ordem vigente, quanto sua praticidade, e principalmente, na forma de sua condução.

No sentido de temporizar as fases do Planejamento urbano e sua sistematização, Villaça (1999) versa os Planos Diretores na história do planejamento urbano no Brasil. Sua análise baseia-se inicialmente no conceito de Plano de organização do espaço da cidade. No século XIX, a classe dominante surgiu com seus Planos de Melhoramentos e Embelezamento, de influência européia e dos Estados Unidos, nos quais a cidade era organizada na lógica da forma e da arte. Essa fase durou de 1875 a 1930, quando o aspecto mais significativo era o caráter de representação daqueles que propunham as modificações, as quais eram amplamente aceitas, publicamente discutidas e efetivamente implementadas.

A partir dessa fase, a representatividade social dos Planos decaiu, sobretudo pelo aparecimento de regimes autoritários, surgindo sucessivamente: os *Planejamentos Sanitaristas*, *Integrados*, os *Superplanos* e os *Planos sem Mapa*.

Nessa lógica, surgiu o questionado urbanismo sanitário, que em nome da higiene e limpeza, foi responsável pela expulsão de grandes contingentes de trabalhadores das áreas centrais das grandes cidades brasileiras no começo do século. Embora revelando interesses imobiliários como base das críticas posteriores, a concepção *strito sensu* entre em voga neste trabalho como uma variável teórica importante.

Os pontos em comum dos referidos planos foram: a falta de representatividade social, com pouca ou nenhuma discussão com as partes interessadas, bem como a não efetivação por parte do poder público.

Esses Planos, além da contribuição essencial quanto ao uso, organização e estruturação do espaço urbano, trabalhavam a concepção de geral, integral e integrado,

fundindo em sistematização final todos os aspectos de gestão urbana municipal, desde os aspectos urbanísticos, ambientais, infra-estruturais, de serviços, economia, etc., concluindo em um compêndio que chegava a ter até 3.400 páginas.

Mesmo na lógica ultrapassada de Plano Diretor integrado, e contemporizando a idéia da interdisciplinaridade, a efetivação de qualquer planejamento necessita de possíveis outros planos específicos que venham dar suporte a este grande rol de elementos orientadores do espaço urbano, não importando, necessariamente, a denominação que eles apresentem.

Apesar de academicamente, Ferrari (1979) trabalha vários aspectos que devem estar contidos no processo de Planejamento Urbano, desde o urbanístico propriamente dito, utilizando instrumentos de regulação, até aspectos de infra-estrutura, sendo chamado pelo autor de planejamento integrado.

No seu escopo utiliza o método cíclico de pesquisa: análise, diagnóstico, prognóstico e plano básico, avaliando e voltando a qualquer fase, se necessário. É notório o sentido básico do conceito, mas retrata o olhar dos americanos, considerando a influência bibliográfica, sobretudo a americana. Traduz um estado vivido por eles na época, onde planejar era esclarecer os problemas para resolvê-los e não ocultá-los, como é amplamente avaliado no Brasil. Isso se configura na fase de aprovação para se transformar em Plano Diretor.

O pré-plano, como é chamado pelo autor, passa por aprovação da sociedade para garantir legitimidade. Embora no texto de Ferrari (1979) seja citada a questão da aceitação popular como apenas mais um item da organização do Planejamento urbano, revela, dentro da visão da técnica importada, que a legitimidade tem a ver com hegemonia social de uma classe sobre a outra.

Nesse sentido, o Brasil sofre muitas influências externas e, sobretudo em função da falta de aceitação da sua visão da cidade, a classe que detinha o poder econômico inseriu no rol de propostas as necessidades emanadas do seio das classes populares, que foram colocadas junto às propostas de ordenamento e organização e uso do espaço da cidade. Como não se tinha interesse em viabilizar as propostas, o Plano, com o tempo, passou a ser instrumento ideológico com a tarefa de evitar que o dinheiro público fosse usado em questões externas de seus interesses econômicos e sociais.

### **3.2 - Planos urbanos e infra-estrutura de saneamento em Belém**

Em Belém, recente pesquisa demonstra a queda da qualidade de vida e de Índices de Desenvolvimento Humano (Thadeu, 2003). Segundo PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), o índice até 2000 era de 0,806 em uma escala de 0 a 1, menor que outras capitais brasileiras como Recife, Salvador, Fortaleza, São Luís e Manaus (Paranaguá, 2003).

Tal constatação, através de pesquisa, reforça a avaliação do quadro nacional, possibilitando a extensão para o município dos fenômenos de desconcentração e, sobretudo a concentração urbana. Uma vez que os problemas hidrológicos surgem pelo confuso resultado desse processo, historicamente perde-se o fio da meada na emaranhada e complexa relação entre ocupação sem ordem urbanística, obras de infra-estrutura e a hidrologia no espaço da cidade de Belém, evidenciada pela convivência com nossas bacias hidrográficas.

Desde sua fundação, a cidade cresceu e se espalhou a partir da Baía do Guajará até seus limites de expansão, que atualmente se restringem apenas pelo corredor da Rodovia Augusto Montenegro e pela área insular.

A partir de 1970, foi detectado pelo censo nacional um crescimento de 152,02%, relativo aos dois últimos anteriores. Este coincidiu com o lançamento do Plano de Metas Econômicas do Governo Federal, fomentando a industrialização das capitais, principalmente o eixo sul e sudeste e a inauguração da Rodovia Belém-Brasília.

Inicia-se, assim, um processo migratório para o Estado do Pará, com destaque para Belém. Nesse período, a cidade experimenta um fortíssimo processo de urbanização, com influência nos espaços não ocupados próximos ao ambiente de oportunidades de trabalho. Esse processo é observado principalmente no setor de serviços, nas áreas com assentamentos rarefeitos fora da zona comercial, ainda na 1ª légua patrimonial e em pequena proporção na área de expansão propriamente dita, iniciado no bairro do Marco, do fim da 1ª para a 2ª légua patrimonial, na confluência da Av. Almirante Barroso com a Av. Doutor Freitas (Rodrigues, 1996).

Nessas 3 décadas, os censos apontaram para o constante crescimento da população em Belém. Em 1970, a cidade contava com uma população, que segundo Lisboa & Mendes

(2003), era de 642.322. Em 1980, chegou a 934.322 habitantes, portanto, com percentagens de 45,42% de evolução. Já no Censo de 1990, o crescimento foi de 33,22%, obtendo uma queda de 12,20% de um período para o outro, perfazendo o montante de 1.244.688 habitantes (IBGE, 2004).

No último Censo, no ano 2000, por conta de cíclicas crises econômicas com efeitos diretos na qualidade de vida da maioria da população belenense, o crescimento populacional relativo à década anterior foi muito pequeno, pois não chegou à casa de 3%, ficando em 2,8%. Tal fator demonstra que a população de Belém, em termos absolutos, chega a 1.280.000 habitantes (Lisboa & Mendes, 2003), considerando que o crescimento vegetativo diminuiu, e fundamentalmente, os fluxos migratórios sofreram uma baixa considerável, em relação, principalmente, à década de 1970.

Esse fator reflete no espaço da cidade, onde nessa década, houve pouca influência no uso do solo, advindo de ocupações irregulares. Percebe-se nas áreas contíguas a Belém, na Região Metropolitana, a maior referência para as ocupações, sobretudo da região nordestina (Thadeu, 2003).

No aspecto locacional, Belém possui características físicas atípicas para o modelo infra-estrutural brasileiro, no qual a base da concepção visa beneficiar a terra nua, ou seja sem a vegetação, para obras de construção civil, o que pode se caracterizar, na prática, pela movimentação de terra com a intenção de criar platôs, visando à verticalização e à criação de vias.

Tais peculiaridades existem devido à estreita convivência com uma malha hídrica que se estende por toda a cidade, uma vez que a maioria dos bairros de Belém é entrecortada por vários tipos de drenos naturais.

Dentro dessa análise, é questionável a forma com a cidade foi planejada para dar suporte às obras de infra-estrutura com base apenas na demanda do uso e ocupação dos espaços urbanos, aterrando muitos dos córregos naturais e criando, a partir do tempo, barreiras quase intransponíveis para o caminho das águas.

Isso foi se consolidando devido à grande pressão, de um lado, pelas comunidades residentes, que em função da dinâmica de movimentação espacial, com origem principalmente nos anos 70, vieram se localizar em áreas de pouco valor imobiliário, o que

as levou, em função da real necessidade de sobrevivência, a residir mais próximo aos grandes centros comerciais.

Aliado aos fatores expostos, soma-se o grande e voraz capital imobiliário, com pouca ou nenhuma visão do futuro do meio ambiente da cidade, sobretudo em áreas marginais aos córregos que recebem as águas de montante.

A forma crescente como se deu a ocupação no sítio de Belém, em torno das principais bacias hidrográficas na área central e nas proximidades, bem como a insipiência de equipamentos de infra-estrutura na área de expansão, combinada com o índice altíssimo das precipitações pluviométricas, distribuem os problemas de saneamento em toda a área da cidade.

Percebe-se, um conjunto, ainda que distante, de tentativas de ordenamento territorial, nas quais ainda não se conseguiu introduzir a estratégia de relacionar ações espaciais de uso, parcelamento e ocupação do solo urbano com ações de infra-estrutura de implantação de sistemas de saneamento.

Em se tratando de abastecimento de água em Belém, as estratégias dos planos de saneamento implantados privilegiaram, desde do seu início, a água em detrimento dos outros sistemas. Existem enterrados, em sua área de abrangência, milhares de metros de rede de água e uma estrutura de captação superficial e subterrânea e tratamento suficiente para atender quase a totalidade de habitantes da cidade.

Entretanto, apesar de significativa abrangência qualitativa, ainda deixa muito a desejar. As redes estão sucateadas e deterioradas, ocasionando um índice de perdas de mais de 40% (Bio, 2002), sobretudo nos sistemas mais antigos de abrangência da captação superficial. Alguns sistemas isolados (abastecimento através de aquífero subterrâneo) convivem com problemas de ferro na água, principalmente na área de expansão.

O déficit, apesar de pequeno (cerca de 14%), representa, segundo o Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAEEB, aproximadamente 36.800 economias sem abastecimento público, nutrindo-se, provavelmente, de forma precária e propensa a doenças de saúde pública (II Congresso de Saneamento Ambiental, 2003).

Quando se avalia a relação entre infra-estrutura instalada e a condução de políticas de uso e ocupação do solo pelo poder público (cerca de 86% de rede de abastecimento), conclui-se um certo equilíbrio entre essas estratégias em Belém. Entretanto, a relação entre

água e esgoto é direta: um m<sup>3</sup> de água equivale aproximadamente à mesma quantidade em esgoto e necessita ser coletado e disposto de volta aos corpos d'água de forma adequada aos padrões consagrados pelas normas brasileiras.

A dicotomia entre os processos infra-estruturais de água e esgoto desqualifica a relação entre uso e espaço com a implantação de redes de fornecimento de água, devido ao distanciamento de um comportamento ambiental adequado.

Existem, devido à defasagem da água em relação ao esgoto, uma questão estrutural de difícil equacionamento: apenas 52% dos municípios possuem coleta de esgoto e destes, cerca de 80% não possuem tratamento (Bio, 2002).

Em Belém, a partir das indicações de Mendes & Lisboa (2003), houve uma relativa evolução por influência dos projetos na área de expansão da cidade. Apenas 4,8% do esgoto coletado são tratados e aproximadamente 11,30% utilizam tanque séptico. Cerca de 12,90% dos esgotos são apenas coletados e 71% lançados sem nenhum aparato público coletivo reconhecido, ensejando a conclusão de que estão contaminando ou poluindo diariamente os corpos d'água da cidade.

Tudo indica, através da análise de diversos trabalhos publicados por instituições de ensino, sobretudo a Universidade Federal do Pará, que grande parte desse esgoto deve estar sendo conduzida, na sua maioria, pela rede de drenagem pública, quer ilegalmente ou autorizado pela Prefeitura, a qual detém o serviço de fiscalizar e autorizar a conexão no sistema.

O poder público municipal executa tais serviços por intermédio de soluções precárias de tratamento primário (geralmente fossa e filtro anaeróbio), sem nenhuma estrutura de monitoramento e fiscalização de tal atividade, contribuindo de forma direta, devido a sua dificuldade de gestão, para o agravamento da problemática ambiental, sobretudo porque fornece licença para que grandes cargas pontuais de esgoto (conjuntos habitacionais, instituições comerciais, etc.) sejam lançados *in natura* através dos sistemas de macro e microdrenagem.

Tal ação vai de encontro às normas vigentes, incluindo norma de coleta, tratamento e disposição final, regulamentada pela própria prefeitura.

Em se tratando de estruturação de ruas e de drenagem, a partir dos processos legais e ilegais de ocupação do solo, originou-se a malha rodoviária. Tendo como corte temporal

nos anos 60, iniciou a conformação das ocupações das áreas alagadas e de alagamento abaixo da cota 4. Definiu-se um traçado planejado, se consolidando pela ocupação das terras altas depois do cinturão institucional e expandiu-se pelas áreas hoje conhecidas como Distrito Administrativo do Entroncamento e Bengui.

A oficialidade da expansão da malha viária ocorreu através da implantação de conjuntos habitacionais, sendo os mesmos considerados a base fundamental da ocupação do solo a partir dos anos 70. Posteriormente, continuando o processo de ocupação, dentro de uma organização da expansão territorial, foram implantados loteamentos, transformados em condomínios de alto luxo de um lado, enquanto as grandes ocupações ilegais foram distribuídas pelos que agora são chamados de bairros da Guanabara, Benguí, Cabanagem, além de grandes vetores de assentamentos na Rod. Augusto Montenegro, já no Distrito Administrativo de Icoaraci – Daico (Rodrigues, 1996).

Tendo tal conformação dos usos e ocupação do solo, o desenho viário também foi se definindo na mesma linha de raciocínio: partes planejadas ou não, ajustadas minimamente às necessidades do uso que o capital definia. Essa malha de formação quase aleatória e a constatação da existência de uma defasagem entre estratégias de ordenamento territoriais, capital imobiliário, transportes e as intervenções infra-estruturais, sobretudo o sistema de esgoto (Lima, 2003).

Os sistemas de saneamento são implantados de forma isolada, com poucas conexões. Assim sendo, o sistema de coleta e afastamento de resíduos sólidos em Belém é um exemplo típico: nas áreas de cota baixa, ocupadas nas margens de rios e baía, sem traçado viário definido e de expansão, sobretudo nas faixas de fronteira, até meados dos anos 90, a coleta era considerada precária.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE não vê grandes diferenças no seu último censo de saneamento, no ano de 2000, entretanto, indica que a coleta superou o que pode ser considerado precário: menos de cerca 60% em um município. Ele aponta que o tratamento dos resíduos é o real problema ambiental do Brasil e detecta que apenas cerca de 20% a 30% dos 70% a 75% coletado têm algum tipo de tratamento. Ficando os resíduos, portanto, no ambiente, sobretudo nas áreas de cota baixa, rios, canais, etc. (Bio, 2002).

Belém, pelos dados do Censo, resolveu a defasagem quanto à coleta detectada nos anos 90, coletando acima de 85%. E tenta se diferenciar do déficit em tratamento apontado pelo Instituto, quando tenta implantar seu sistema integrado de coleta, com a tentativa de evitar que o lixo permaneça nas áreas de difícil acesso e fronteiriças e, quanto ao tratamento, busca continuar utilizando uma antiga área de extração de mineral de classe II para a disposição final, chamada de lixão do Aurá. Esse local apresenta visíveis sinais de saturação, tênue barreira para contaminação generalizada e graves problemas sociais advindos de catadores de lixo.

Para o poder municipal, a estratégia de combate a esse crítico problema ambiental é uma solução de Engenharia, denominada de biorremediação do lixão, a qual busca resolver todos os problemas, tanto do ponto de vista espacial, pois a técnica viabiliza o seu uso por mais 20 anos; como do ponto de vista social, com a retirada dos catadores, e sobretudo o ambiental, lacuna aberta desde a implantação do lixão (Araújo, 2004).

Indicadores nesse sentido são tímidos e quase residuais, fomentando a discussão dentro da visão de planejamento, quando se percebe que, na prática, as instâncias de governabilidade não conseguiram traduzir a lei de zoneamento ambiental, buscando estoques de terras para viabilizar um enquadramento locacional de disposição de resíduos sólidos domésticos. Caso haja impossibilidade de lançar o lixo no Aurá, a cidade não tem áreas disponíveis para acondicionar quase 1.000 toneladas diárias.

Quanto à relação da estrutura de drenagem e ordenamento de ruas, existe um equilíbrio mais estável quanto à implantação do plano urbanístico, embasado na criação ou modificação da malha de acesso na cidade (Lima, 2003). Embora essa implantação ou ajuste dependa da compreensão do comportamento hídrico e hidrológico, grande parte da efetivação de tais planos foi desconcertada da lógica ambiental hídrica ou visão sistêmica do meio natural das bacias hidrográficas.

Segundo os órgãos oficiais, existem em Belém cerca de 13 bacias hidrográficas de pequeno porte e 2 de grande, que são altamente caudalosas: a do Guajará e do Guamá. São elas as principais bacias hidrográficas de Belém e recebem todo o deságüe das de menor capacidade. A partir dessa grande malha hídrica, a cidade emerge com profundas características de toda ordem, mas irão fazer parte, pelo menos teoricamente, dos planos municipais, tanto de infra-estrutura, como urbanístico.

A interface entre a hidrologia e o ambiente interno da cidade pode ser exemplificada no clima, geologia, topografia, etc. Assim sendo, o poder público considera as mais importantes aquelas que se localizam dentro da intensa malha urbana, devido à alocação do erário para obras e a manutenção através dos serviços, embora a preocupação com as adjacentes permaneça na teoria com as palavras-chave: preservação, mitigação, prevenção e plano nos anuários estatísticos, relatórios de gestão, discursos na mídia, etc.

Nessa linha de análise, a bacia do Una, com seus 3.665,1 ha e 15 canais contribuintes, o Tucunduba com cerca de 118,86 ha e 12 igarapés e a bacia da Estrada Nova, de aproximadamente 9,54 km<sup>2</sup> e 12 igarapés, abarcam as maiores características de preocupação, devido sobretudo, à pressão do setor imobiliário, por se tratarem de espaços de uso próximos ao hipercentro (Cohab, 2001), significando uma valorização contínua e crescente do uso do solo.

A contribuição histórica dos Planos de ordenamento territorial e de desenvolvimento econômico, como tentativa de organizar o uso e ocupação do espaço urbano, merece uma análise mais apurada na construção crítica do processo de relação entre Planos gerais e específicos de infra-estrutura.

A regulamentação da Lei 10.257/01 (Estatuto da Cidade) fortalece os instrumentos de regulação, evidencia o conceito de uma cidade humanista, fortalecendo a definição de função social. O Estatuto da Cidade, assim chamado, enaltece o que parecia descaracterizado e disfuncional: o Plano Diretor Urbano. Afirma a importância do instrumento e coloca a necessidade de sua elaboração com ampla participação da sociedade na construção da cidade para todos.

Pelo avanço de sua concepção, o Estatuto da Cidade foi regulamentado 7 anos após a promulgação da Constituição, pois não havia, na época, interesse em sua regulamentação.

Os Planos de Belém seguiram a concepção nacional: deveriam versar sobre a ordem do espaço, sistema viário e desenvolvimento econômico, trinômio fundamental para o fortalecimento do capital imobiliário privado.

Nessa condução de raciocínio, existiram: o Plano de Desenvolvimento da Grande Belém – PDGB em 1975, a Lei de Uso e Ocupação do Solo, em 1979; o Plano de Estruturação Metropolitana, de 1980; a Lei de Desenvolvimento Urbano, em 1988 – LDU; Lei de Parcelamento Urbano – LPU, de 1988.

A preocupação quanto ao ambiente natural da cidade visando ao seu equacionamento, ligando as possibilidades e restrições quanto ao potencial infra-estrutural, é mencionada apenas dentro da concepção do zoneamento ambiental e restrições quanto ao uso de áreas nas margens dos rios e igarapés.

Em se tratando de planos de infra-estrutura, o conceito de estruturação viária era visto como forma de organização do espaço, de maneira setorizada, e servia apenas para expandir, valorizar e desconcentrar o uso do espaço que se resumia fortemente em torno do Centro Histórico de Belém. Havia pouca dimensão social e redistributiva quanto ao acesso de bens e serviços e nenhum mecanismo real de controle e participação popular.

A partir da década de 1990, sofrendo inicialmente influência do fim da ditadura militar, o período de democratização trouxe com ele os movimentos organizados, dando entrada à fase contemporânea dos Planos urbanos.

O processo de reforma urbana estava em debate, apontando caminhos para redefinir Processo de Planejamento Urbano e Plano Diretor, definindo, principalmente à luz do estado ambiental das cidades, autonomia municipal e novos conceitos de espaço, com destaque ao debate da função social da cidade. Essas idéias tiveram sua consagração histórica na nova Constituição brasileira, irradiando, a partir daí, nos textos das leis orgânicas municipais e Planos Diretores.

O Plano Diretor Urbano de 1991, válido até os dias de hoje, possui problemas quanto à sua implementação como praxe de todos os problemas que nortearam a trajetória dessas diretrizes normativas, sobretudo em função dos desvios históricos. Porém este, de forma diferente dos outros que o antecederam, contém características que levam em conta a relação entre políticas públicas e organização do espaço até então inexistente, com grande relevância à política habitacional (Lima, 2003).

A influência no conteúdo do Plano Diretor de 1991 teve origem em um grande movimento nacional a favor de mudanças na forma, conteúdo e legitimidade desses instrumentos.

O espírito do Plano crítico, emanado pelo movimento pela reforma urbana, foi traduzido em políticas e instrumentos no PDU de Belém. Dentre eles, o mais importante para evidenciar o espírito público: controle social, o que deu um caráter essencialmente municipalista para a Constituição, dotando o Poder local de explícitas responsabilidades

quanto aos fluxos de energia que viriam comprometer o bem-estar coletivo no ambiente intra-urbano, seja de ações antrópicas ou naturais.

Muitos problemas quanto ao processo de efetivação, legitimidade e conteúdo dessa norma, alguns aspectos críticos do Plano em relação ao saneamento merecem destaque: cria-se um grande Plano municipal de difícil controle e no seu conteúdo; o saneamento aparece disassociado do ambiental e suas diretrizes são confundidas com ações e projetos de controle; existe contradição entre alguns artigos relacionados a diretrizes de saneamento; afirma sua responsabilidade em gerir a política de água e esgoto, no entanto remete à concessionária as diretrizes que caberiam a ela, dando a conotação de que a empresa é hierarquicamente uma instância superior ao poder local.

O Plano Diretor tenta direcionar o saneamento em políticas de água, esgoto, drenagem e lixo. No entanto, não define dentro das relações dinâmicas, diretrizes claras quanto à convivência do meio natural com as estratégias de ocupação e uso do espaço urbano.

A implementação das políticas de saneamento no Plano perde-se em conteúdo quando se colocam no texto detalhamentos desnecessários quanto a faixas de domínio dos canais, que caberiam em outros tipos de sistematizações. Hoje, avalia-se que eles caberiam em Plano Diretor de Drenagem, por exemplo. Neste sentido à efetivação da política do grande plano municipal de saneamento, aponta para subplanos específicos recheados de projetos, ensejando ações pontuais sem a devida ligação enquanto uma dinâmica sistêmica na cidade.

A dinâmica ambiental permitiu o desenvolvimento de um rico sistema hidrográfico na parte continental da cidade de Belém muito, onde a drenagem fluvial e pluvial que escoam dos baixos tabuleiros e terraços em direção das várzeas e igapós, formando através da sua atividade erosiva sob os solos menos resistentes a sua rede de canais. Contudo, a intensa ocupação antrópica das planícies de inundação, bem como o assoreamento e aterramento de muitos dos canais de drenagens levou ao agravamento do nível de degradação desse sistema, provocando a poluição hídrica dessas sub e microbacias (Bordalo, 1999).

## Capítulo IV - A Bacia da Estrada Nova

---

### 4.1 - Localização e estrutura da Bacia da Estrada Nova

O território do Município de Belém compreende um sistema de várias bacias hidrográficas que deságuam no Rio Guamá e na Baía do Guajará. Grande parte delas foi atingida por uma ocupação urbana desordenada que, em consequência do crescimento urbano, sofre significativas mudanças físicas. O intenso aterramento de suas margens tem dificultado a acumulação das precipitações intensas comuns na região. O processo urbano vem causando diminuição da vazão, devido ao assoreamento das calhas dos canais, proporcionando, também, a redução da largura e da profundidade dos canais contribuintes dessas bacias. A Tabela 3 mostra as bacias e as suas respectivas áreas de drenagem, enquanto que a Figura 5 mostra a divisão das bacias da cidade de Belém.

**Tabela 3** - Bacias e suas respectivas áreas de drenagem.

Bacia	Área (ha)
Paracuri	1.485
Cajé	582
Mata Fome	600
Val-de-Cães	248
Uma	3.626
Reduto	96
Tamandaré	2,00
Estrada Nova	964
Tucunduba	1.055
Aurá	1.783
Murutucum	1.310

Fonte: Cohab, 1997.

**Figura 5** - Divisões das bacias hidrográficas de Belém.



Fonte: Mendes e Lisboa, 2003.

A bacia hidrográfica urbana da Estrada Nova é a 5ª maior bacia da cidade, com uma população estimada em 189.500 habitantes (IBGE, 2004). Possui cerca de 910 hectares, dos quais grande parte esteve sujeita a alagamento devido à sua localização em cotas altimétricas iguais ou inferiores a 4,0 metros, em decorrência da influência de marés. Atualmente, após algumas modificações, as áreas que estão em cotas de alagamentos são as próximas dos talwegues e de uma das principais vias da bacia: Avenida Bernardo Sayão.

A Bacia da Estrada Nova está localizada entre três bacias e o Rio Guamá: Bacia do Una, ao norte, com o divisor de água (limite altimétrico) localizado na Avenida Nazaré; a Bacia da Tamandaré, a leste, tendo como divisor a Travessa Veiga Cabral; e a oeste, a Bacia do Tucunduba, com o divisor na Avenida José Bonifácio, Barão de Igarapé Mirim e na Rua Augusto Côrrea. O Rio Guamá localiza-se ao sul, tendo a Avenida Bernardo Sayão e seu canal, do mesmo nome, como entreposto (Mapa 06, Anexo 06).

#### **4.2 – Situação hidrológica antes de 1998 e o dique Estrada Bernardo Sayão**

Em 1963, o extinto Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS publicava relatório sobre a macrodrenagem na bacia em 1942, reportando-se à forte influência dos rios que penetravam na área continental e ao alto índice de chuvas. Tais fatores eram responsáveis por enchentes e alagamentos na bacia, indicando naquela publicação, elementos de proteção à saúde pública como prevenção ao permanente alagamento na Bacia, proliferando microvetores causadores de doenças. Alguns trechos do relatório podem ser destacados:

O Serviço Especial de Saúde Pública (Sesp), o Serviço Nacional de Malária (SNM) e o Departamento Nacional de Endemias Rurais (DNERu) iniciaram parte das obras indicadas pelo Departamento Nacional de Obras de saneamento - DNOS, em 1941. Assim é que o dique foi construído em certa extensão e dotou de comportas automáticas as fozes dos principais igarapés. Convém notar que essas comportas foram feitas em Belém, por volta de 1942, em plena guerra, não podendo dispor de cimento nem de ferro. Algumas eram formadas por uma parte superior de alvenaria apoiada numa infra-estrutura de madeira que servia de fundação e de vedação contra o solapamento hidrodinâmico. Duraram poucos anos (DNOS, 1963, p 47).

Honey (2004), em entrevista concedida para esta pesquisa, ressalta a importância da grande intervenção de 1942, com a construção de um grande dique de 6,5 km, o dique-estrada Bernardo Sayão e relata que seu asfaltamento ocorreu na década de 1960.

O termo dique-estrada (Pereira, 2004) foi utilizado devido à possibilidade de haver, na época, a circulação de veículos e pedestres sobre o dique. A obra consistia em uma estrada que funcionaria como uma espécie de cinta de proteção perpendicular à projeção das vias à montante, para evitar problemas de alagamentos. O extinto DNOS, através de relatório, comenta a construção do dique de 1942.

...Começando nas imediações da Rua Triunvirato, com cerca de 6,50 km, dos quais 5,50 km ao longo do Guamá e 1 km perpendicular à margem [...] os construtores fizeram-no desempenhar o papel de estrada [...] Essa providência foi acertada, não só por criar uma via de comunicação em cota superior às enchentes, como por facilitar a conservação do dique (DNOS, 1963, p 52).

Na época, a relação entre drenagem natural e o sistema de marés proporcionava alagamentos e a permanência de águas paradas, criadouros naturais de mosquitos. O documento do DNOS mostra que naquela década, havia a necessidade de modificações na bacia. Ainda não havia uma associação reconhecida entre preservação do ambiente e os problemas de saúde pública. Talvez, pela ainda frágil ocupação próxima aos rios da bacia, a questão sanitária estava diretamente ligada à ocorrência de malária, a responsável por muitos óbitos, tornando-se doença endêmica em Belém. Entretanto, aspectos do relatório são fundamentais para compreender o funcionamento frágil dessas intervenções e, assim, as primeiras definições da futura bacia urbana erguem-se sob o signo da dificuldade do convívio com a malha hídrica.

O levantamento cartográfico de 1942 (P.M.B./Sesp, 1975) evidencia características de uma bacia rural, sobretudo nas proximidades do Rio Guamá. Nesse mapa, o triângulo limitado pelas Avenidas Fernando Guilhon (antiga Conceição), Roberto Camelier e Bernardo Sayão não apresentava uma configuração urbana definida, pois não havia ruas e eram raras as construções. Dessa forma, destacava-se apenas a natureza hídrica, formada por braços de rios e igarapés.

Havia cerca de doze braços significativos do Rio Guamá adentrando na parte continental, a partir do divisor de águas (na atual Rua Augusto Corrêa) e findando-se

próximo à atual Travessa Veiga Cabral, denominados da seguinte maneira: Igarapé do Terceiro, Igarapé da Pedreirinha, Igarapé da Boca Serrada, Igarapé Mamorana, Igarapé da Serraria, Igarapé Chermont, Igarapé 14 de Março, Igarapé Dr. Moraes Igarapé do Baltazar, Igarapé do Timbiras, Igarapé do Caripunas e Igarapé do Arsenal, que com a construção do dique em 1942, foram instaladas 12 comportas, existentes até os dias de hoje, como mostra o Mapa 01: Localização dos braços do Rio Guamá que cortavam a Av. B. Sayão, enquanto o Quadro 02 mostra as comportas com seus respectivos diâmetros.

**Tabela 4** - Comportas do dique-estrada da Bacia da Estrada Nova, em 1942.

Comportas do Rio Guamá	Comportas (nº e diâmetro)
Igarapé do Arsenal	1 Ø 1.220 mm
Igarapé do Caripunas	1 Ø 1.220 mm
Igarapé do Timbiras	1 Ø 914 mm
Igarapé do Baltazar	2 Ø 1.220 mm
Igarapé Dr. Moraes	2 Ø 1.220 mm
Igarapé 14 de Março	1 Ø 914 mm
Igarapé Chermont	2 Ø 1.220 mm
Igarapé da Serraria	1 Ø 914 mm
Igarapé Mamorana	1 Ø 1.220 mm
Igarapé da Boca Serrada	2 Ø 457 mm
Igarapé da Terceira	1 Ø 457 mm
Igarapé da Pedreirinha	1 Ø 914 mm

Fonte: DNOS, 1963.

As comportas colocadas nas fozes dos rios tinham como tarefa principal evitar o aumento dos alagamentos por ocasião de coincidências entre marés altas e caudais de montante de uma chuva intensa (DNOS, 1963). A intervenção da década de 1960, através do asfaltamento do dique, custou à bacia a elevação da cota, a qual ficou bem acima da cota de alagamento.

Quanto ao sistema de comportas, desde sua implantação, apresentou problemas. Várias eram as razões, sendo a principal a estrutura, pois à época de sua construção, havia escassez de diversos materiais básicos para a construção e, devido à Segunda Guerra Mundial, dentre tantos, o ferro era o principal (DNOS, 1963).

O relatório municipal de 1980 (Sesan, 2004) descaracterizou o uso das comportas, denominando-as ineficientes, visto que não funcionavam por falta de uma operação correta e manutenção. Isso significa que a relação entre maré alta, chuva intensa e enchente foi combatida com aterramentos, mesmo que movidos através do tempo por ações desordenadas e fora de planejamento público, vindo posteriormente à infra-estrutura definitiva (pavimento para circulação de veículos e pessoas). Análises mais precisas devem ser feitas para saber a consistência da necessidade das comportas. A continuação dos estudos a partir desta pesquisa é importante para a Bacia e, sobretudo para a cidade.

#### 4.2.1 - Características físicas

##### 4.2.1.1 – Comprimento, largura e área

A cartografia de 1970 apresentava uma configuração diferente da atual, na qual áreas de contribuição e seus respectivos canais demonstravam um sistema hídrico natural articulado por 5 sub-bacias, conforme mostra o Mapa 02.

O complexo hidrológico pode ser descrito como um conjunto de cinco sub-bacias, definidas como áreas de contribuições das águas, que dirigem seu caudal para cada canal da seguinte forma: A sub-bacia 1, com cerca de 108 ha e o canal Doutor Moraes como receptor; a sub-bacia 2, com cerca de 167 ha e os Canais 14 de Março e Quintino. A sub-bacia 3, de 127 ha e os Canais João de Deus e Bernardo Sayão como receptor. A sub-bacia de drenagem 4, com 140,50 ha, tendo o Canal 3 de Maio como receptor. A sub-bacia 5, de 237 ha, com os canais receptores do Quintino e Baltazar, como mostra a Tabela 5.

**Tabela 5** – Sub-bacias, canais principais e respectivas áreas de contribuições.

Sub-bacia	Canal Principal	Área (ha)
1	Doutor Moraes	108,50
2	14 de Março e Quintino	167,00

Continuação do Quadro 5.

Sub-bacia	Canal Principal	Área (ha)
3	Bernardo Sayão e João de Deus	127,00
4	3 de Maio	140,00
5	Quintino e Baltazar	237,00

Fonte: Codem, 1977.

### A Bacia do São José

A Bacia do São José, assim denominada pela Prefeitura, por convenção até 1977, para ordenar a drenagem, segundo Honcy (2004), facilitou o cálculo da microdrenagem, direcionando para seus canais principais. Considerada mais uma Bacia de Belém separada da Estrada Nova, constituía um complexo hídrico de 184 ha e seus limites eram partes da Avenida Fernando Guilhon, Rua dos Timbiras, uma pequena parte da Travessa Padre Eutíquio e uma linha imaginária paralela a 70 m da Rua Cezário Alvim, na direção da Rua Veiga Cabral e a Avenida Bernardo Sayão (Codem, 1977), conforme foi mostrado no Mapa 2.

Havia nessa bacia, uma entrada do Rio Guamá, a qual bifurcava uma parte se estendendo até as Passagens Bom Jardim e a Timbiras, configurando o Igarapé do Timbiras, bem próximo ao Igarapé do Baltazar. A outra se estendia até a Rua dos Pariquis, fazendo conexão com a Rua dos Caripunas, onde a entrada do Rio Guamá se iniciava na mesma rua. Nessa estrada, iniciava um igarapé paralelo à Avenida Bernardo Sayão, originando o Igarapé do Caripunas (DNOS, 1963).

Nessa época, os Igarapés do Timbiras e do Caripunas eram considerados os principais canais da bacia e foram anexados (também por convenção) à Bacia da Estrada Nova na década de 1980 (Sesan, 2004). Ao findar-se às proximidades da Travessa Veiga Cabral, foi instalada a 10ª e última comporta, na foz do antigo Igarapé do Arsenal. Essa última entrada do Rio Guamá se originava bem à frente da Rua Veiga Cabral, estando o divisor de água da bacia a cerca de 10 metros.

Em 1973, parte da Bacia da Estrada Nova já estava ocupada. Mapas e relatórios pesquisados datados do período de 1970 demonstram a existência de 14.810,00 metros

lineares de canais, conferindo na bacia cerca de 16 canais contribuintes (Sesan, 2004). A Tabela 6 demonstra a configuração da macrodrenagem do período, onde a malha hídrica era abundante e a extensão dos canais refletia a influência hidrológica e urbanística na bacia. A Bacia de São José estava anexada à Bacia da Estrada Nova.

**Tabela 6** - Características de largura, comprimento, sub-bacia e área de contribuição da Bacia da Estrada Nova, na década de 1970.

Nº	Canal	Larg. (m)*	Ext. (m)	Sub-bacia	Área (ha)
1	Caripunas	6,50	710	São José	40,00
2	Timbiras	5,50	740	São José	64,00
3	Quintino	18,14	1.310,00	2	386,50
4	Dr. Moraes	6,33	810,00	1	96,00
5	14 de Março	11,20	1.310,00	2	732,70
6	3 de Maio	10,33	1.440,00	4	302,40
7	Bernardo Sayão	2,50	5.220,00	3	78,00
8	Baltazar	30,00	1.000,00	5	80,00
9	João de Deus	5,50	1.070,00	3	78,00
10	Bom Jardim	2,00	300,00	5	28,00
11	Euclides da Cunha	2,00	340,00	2	32,00
12	Radional I	2,00	210,00	5	8,90
13	Radional II	2,50	350,00	5	15,40

Fonte: Bases cartográficas da Codem, 1977.

\* Largura média.

#### 4.2.1.2 – Impermeabilidade da Bacia

As características de impermeabilidade permitem avaliar o grau de interferência antrópica que a Bacia sofreu. A impermeabilidade é um elemento ainda pouco percebido, entretanto significativo quando se avaliam as condições de vazão e velocidade dos caudais

provenientes das chuvas máximas. Esse fator pode se refletir em modificações no micro clima e a possibilidade do aumento de chuvas intensas nas bacias urbanas. Eles foram identificados relacionando o aumento de 16% de chuvas no período de 30 anos em Belém (Bastos et al., 2002). Sem o controle desse processo, as estratégias de combate aos efeitos podem significar custos ainda maiores para o orçamento público.

O grau de impermeabilidade da bacia é o fator fundamental para avaliar mudanças no comportamento da drenagem. Os problemas derivados da substituição da cobertura vegetal por materiais impermeáveis (asfalto, cimento, etc.) são considerados os grandes responsáveis pelas mudanças no balanço hídrico, questão amplamente tratada no Capítulo II.

O nível de impermeabilidade da Bacia na cartografia pesquisada é de 28,57%, correspondendo à impermeabilização apenas nas sub-bacias 1 e 2, o que caracteriza uma área de cerca de 275,500 ha.

### **4.3 - Situação atual da Bacia**

#### **4.3.1 - Comprimento, largura e área**

A pesquisa cartográfica nas bases de 1998 e, sobretudo a de campo, aponta uma nova configuração para a bacia. As observações ao Plano Diretor Urbano de 1993 e dados obtidos através de informações da biblioteca da Secretaria de Saneamento de Belém – Sesan, nos mostram que os canais de macrodrenagem João de Deus, Radional I e II, Bom Jardim (Sesan, 2004), oficializados como ainda pertencentes à Bacia da Estrada Nova, não se enquadram nessa classificação. Esses canais foram classificados pela Prefeitura (PDU, 1993) como de macrodrenagem. Entretanto, a cartografia de 1998 e a pesquisa de campo nos mostram que aqueles não poderiam ser canais de macrodrenagem de uma bacia hidrográfica urbana, pois não apresentam condições suficientes para acumular chuva com um período de retorno de 100 anos. Maiores detalhes serão apresentados no segundo Capítulo desta dissertação.

Esses canais já estavam em processo de extinção, sendo seus talwegues substituídos por estruturas de microdrenagem, aterrados e adicionados ao plano viário como vias locais. Como exemplo típico, podemos citar os antigos canais Radional I e II, que foram tubulados

e aterrados e o João de Deus, que foi aterrado, restando apenas uma pequena vala de drenagem. Os dois últimos foram enquadrados na microdrenagem da bacia (período de retorno de 2,5 a 10 anos), como mostra a Figura 6.

**Figura 6** – Vala da Passagem João de Deus.



Fonte: Lima, 2004.

#### **4.3.2 - A configuração a partir da cartografia de 1998 e de pesquisa de campo**

A configuração obtida através da pesquisa demonstra a Bacia Hidrográfica Estrada Nova com 910,94 ha é caracterizada como um conjunto de 10 sub-bacias correspondentes a 8 canais principais: Doutor Moraes, 14 de Março, Caripunas, Timbiras, 3 de Maio, Arsenal Quintino e Bernardo Sayão. O comprimento linear somado totaliza 10.792,25 metros lineares de canais, distribuídos nos bairros Condor, Jurunas, Cremação, parte do Batista Campos, Guamá, São Braz, Nazaré e Cidade Velha. A Tabela 4 apresenta a extensão, a área e a largura média atual dos principais canais da Bacia da Estrada Nova. O Mapa 3 mostra as condições atuais da bacia da estrada nova, no qual estão configuradas as suas sub-bacias de drenagem.

**Tabela 7** - Extensão, área e largura média atual dos principais canais da Bacia da Estrada Nova.

Sub-Bacias	Canal receptor	Largura	Extensão (m)	Área
n° 1, 2, 4 e 8	Bernardo Sayão	2,50	5.200	188,95
n° 3	3 de Maio	4,50	1.560	115,41
n° 5	14 de Março	4,92	1.137	160,15
n° 6	Dr. Moraes	4,30	729	109,70
n° 7	Quintino	4,65	1.465	200,77
n° 9	Caripunas	2,50	338	59,28
	Timbiras	3,60	836	
n° 10	Arsenal	4,34	458	76,68

Fonte: Codem, 1998.

O nível de impermeabilização está baseado no quantitativo de vias asfaltadas da Bacia e é de cerca de 53%, ou seja, um pouco mais da metade representando certa influência, mas não decisiva, comparado a bacias urbanas do sul e sudeste. Entretanto, as conseqüências do problema não estão sendo investigadas especificamente na pesquisa, mas a quantificação revela apenas o nível de ruas asfaltadas e sua conseqüente contribuição para evidenciar um diagnóstico no qual é possível entender a dinâmica das águas a partir da relevância do nível de asfaltamento na Bacia.

O Mapa 4 mostra que o nível de asfaltamento da bacia, identificado em vermelho, não está sendo contabilizado a impermeabilização dos lotes construídos, estacionamentos e comércio, que provavelmente elevaria esta taxa.

#### 4.4 - Situação urbanística

O desaparecimento de rios, igarapés e veios na bacia ocorreu com o conluio entre o poder público e os habitantes da bacia, quando da efetivação de obras e serviços, visto que na história dos conflitos de terras em Belém, existiram muitas tensões na área da bacia (Mourão, 1987).

O Igarapé do Baltazar, considerado o mais longo braço do Rio Guamá dentro da cidade, apresenta extensão aproximada de 300 m de largura na sua maior parte. Do ponto de entrada até o final, o igarapé formava uma malha hídrica de grande monta, em um quadrilátero limitado pelas Avenidas Fernando Guilhon, Alcindo Cacela e Bernardo Sayão, juntamente com a Rua São Miguel.

Tratava-se de um igarapé caudaloso, com dimensões médias que faziam conexão com o antigo Igarapé do Quintino (atualmente canal), desembocando no Rio Guamá. Com o tempo, a área que sofreu intenso processo de ocupações desordenadas, a partir da década de 1960, passou a comprometer as funções naturais do igarapé. Como consequência, ele se transformou em um canal e hoje está oficialmente extinto. Seu desaparecimento se confunde com a história da ocupação da bacia.

As mudanças físicas na Bacia da Estrada Nova se consolidaram a partir da década de 1960, com a construção da Avenida Bernardo Sayão, fato que desencadeou uma nova dinâmica urbanística. Essas mudanças levaram, aos poucos, à densificação da bacia e à transformação do ambiente hídrico natural através da implantação da macrodrenagem, elementos estes que também sofreram influências das modificações do uso do solo.

#### **4.4.1 - O Canal Bernardo Sayão**

O Canal Bernardo Sayão, antes da intervenção da década de 1940, não existia (DNOS, 1963). A hidrologia do sistema consistia da relação dos igarapés com a cidade, tendo o movimento natural das marés e as chuvas intensas como reguladores.

Grande parte da bacia era considerada área de expansão da cidade e, na época, a densidade era baixa. A cidade funcionava a partir da curva de nível nº 4 e, conseqüentemente, o que se tinha antes dessa base cartográfica eram extensas áreas de várzeas nas curvas nº 3 a nº 3,9, além de rios e igarapés nas inferiores à curva de nível nº 3. Um dado considerável nesse período, baseado na cartografia de 1942, do Serviço Especial de Saúde Pública – Sesp, era que a partir das fozes dos igarapés que entravam no continente na área da bacia, havia aproximadamente 1 quilômetro até chegar à curva de nível nº 4, significando a existência de, no mínimo,  $5,5 \text{ km}^2$  (1 km x 5,5 km) de áreas permanentemente alagadas, ou seja, mais da metade dos  $9,64 \text{ km}^2$  que abrangem a Bacia.

#### **4.5 - As leis de uso do solo na Bacia**

Inicialmente, a predominância de rios e igarapés dificultou os assentamentos. Entretanto, fatores como aumento da densidade populacional, baixa valorização do preço do solo e o processo de desenvolvimento econômico de ocupação informal nas áreas passaram a incidir na forma de ocupação.

A convivência temporal entre obras e serviços e ocupações informais foi responsável pela configuração atual da Bacia. Ela se consolidou devido à grande pressão, de um lado, feita pelas comunidades residentes, que em função da dinâmica de movimentação espacial, com origem principalmente nos anos 70, vieram se localizar em áreas de pouco valor imobiliário. Esse foi o fator que as levou, em função da real necessidade de sobrevivência, a residir mais próximo do centro urbano, concentrado de serviços e empregos.

##### **4.5.1 - Lei de Desenvolvimento Urbano do Município de Belém**

A Lei municipal de 1988, chamada de Lei de Desenvolvimento Urbano do Município de Belém, consistia em um sistema de hierarquização viária e zoneamento. O conjunto escalonado do traçado viário era definido por vias denominadas vias-tronco, estrutural, arterial primária, arterial secundária e coletora/distribuidora, como mostra o Mapa 5.

O zoneamento se definia pela Zona Habitacional, caracterizada por: baixa densidade ou ZH – 1, de 0 a 150 hab/km<sup>2</sup>; média densidade, que se dividia em ZH – 4, com 150 a 225 hab/km<sup>2</sup>; ZH – 5, de 225 a 300 hab/km<sup>2</sup>; ZH – 2, de 110 a 170 hab/ hab/km<sup>2</sup> e ZH – 3, de 110/170 hab/km<sup>2</sup>. A zona habitacional de alta densidade se definia por ZH – 7, com 300/700 hab/km<sup>2</sup> e ZH – 6, de 500 hab/km<sup>2</sup>. As demais zonas eram denominadas de: Proteção de Recursos Naturais – ZPRN; Industrial – I; Comércio e Serviço – ZCS1, ZCS 2, ZCS 3, ZCS 4 e ZCS 5; Zonas de Uso Misto – ZUM 1, ZUM 2, ZUM 3 e ZUM 4. As Zonas de Função Especial – ZFE eram definidas pelas áreas institucionais de Belém. Elas se dividiam em militar e civil.

A Bacia está distribuída na Zona habitacional nº 4 – ZH 4. A distribuição da hierarquização viária dentro na Bacia ficou definida da seguinte maneira: 5 vias na categoria de arterial secundária, 14 coletoras e distribuidoras e 3 locais, conforme apresenta a Tabela 8.

**Tabela 8** - Distribuição das vias da bacia, baseada na LCCU de 1988.

<b>Arterial Secundária</b>	
1	Av. José Bonifácio
2	Trav. 9 de janeiro
3	Av. Alcindo Cacela
4	Trav. Padre Eutíquio
5	Trav. Apinagés
<b>Coletora/distribuidora</b>	
1	Rua Cezário Alvim
2	Rua dos Pariquis
3	Rua Engº F. Guilhon
4	Rua dos Mundurucus
5	Rua Augusto Côrrea
6	Av. Roberto Camelier
7	Av. Generalíssimo Deodoro
<b>Local</b>	
1	R. Osvaldo de C. Brito
2	Rua dosTamoios
3	Rua dos Timbiras

Na Lei de 1988, a via denominada João de Deus foi escalonada como via coletora/distribuidora e tem grande importância no Capítulo 5 no que diz respeito à proposta de reconceituação do termo via sanitária.

#### 4.5.2 - Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1999

A Lei Complementar de Controle Urbanístico - LCCU de 1999 (PMB, 1999), que dispõe sobre o parcelamento, ocupação e uso do solo urbano do município, reestruturou o zoneamento e o sistema viário.

A modificação do sistema viário compreende a criação de duas categorias viárias definidoras dos movimentos da cidade: O Corredor de Tráfego e o Corredor de Comércio e Serviço. Nesse sentido, passaram a existir 69 vias de comércio e serviços e 56 corredores de tráfego. A Tabela 9 e o Mapa 6 mostram a distribuição dessas duas categorias na bacia.

**Tabela 9** - Distribuição hierárquica das vias, implementada pela LCCU de 1999.

Hierarquia	Nº	Vias	Trecho
<b>C.T.</b>	1	Alcindo Cacela	Av. Bernardo Sayão/Av. Pedro Miranda
	2	Apinagés	Trav. Cons. Furtado/Av. José Bonifácio
	3	Augusto Corrêa	Av. Bernardo Sayão/R. Barão de I. Mirim
	4	Bernardo Sayão	Trav. Veiga Cabral/Rua Augusto Corrêa
	5	Padre Eutíquio	Trav. João Diogo/Av. Bernardo Sayão
	6	9 de Janeiro	Trav. Padre Eutíquio/Trav. A. Barreto
	7	Barão de I. Mirim	Av. José Bonifácio/Rua Augusto Corrêa
	8	Roberto Camelier	Trav. Cons. Furtado/Av. Bernardo Sayão
<b>C.C.S.</b>	1	Alcindo Cacela	Av. Bernardo Sayão/Rua dos Pariquis
	2	Augusto Corrêa	Av. Eunice Weaver/R. Barão de I. Mirim
	3	Padre Eutíquio	Av. Bernardo Sayão/R. Fernando Guilhon
	4	Barão de I. Mirim	Av. José Bonifácio/R. Augusto Corrêa
	5	Mundurucus	Av. Bernardo Sayão/Av. Roberto Camelier
	6	Alcindo Cacela	R. Bernal do Couto/R. dos Pariquis
	7	Gen. Deodoro	R. Fernando Guilhon/R. dos Timbiras
	8	Padre Eutíquio	R. dos Mundurucus/R. Fernando Guilhon
	9	Conselheiro Furtado	Trav. Quintino Bocaiúva/Av. J. Bonifácio
	10	Mundurucus	Trav. Quintino Bocaiúva/Av. J. Bonifácio

**Continuação da Tabela 9:**

	11	Mundurucus	Av. Roberto Camelier/Trav. Padre Eutíquio
	12	9 de Janeiro	R. dos Pariquis/Trav. Conselheiro Furtado
	13	Pariquis	Trav. Quintino Bocaiúva/Av. J. Bonifácio
	14	Quintino Bocaiúva	R. Fernando Guilhon/R. dos Timbiras
	15	3 de Maio	R. dos Pariquis/Trav. Conselheiro Furtado

**4.6 - Intervenções recentes na Bacia da Estrada Nova**

A Bacia da Estrada Nova, incluindo suas subacias, é conceituada pela prefeitura como a mais complexa, em termos de intervenção e, que segundo a mesma, para liberar e organizar a drenagem a partir dos fundos de vale, necessitaria de grandes recursos financeiros. Haveria grande dispêndio na indenização de melhorias uma vez que, em virtude de sua forma de ocupação, os assentamentos localizam-se na faixa não-edificante ou de domínio dos furos e igarapés.

A bacia apresenta 22.612 m de rede, com diâmetros variando de 0,50 m a 1,20 m em galerias pluviais, 0,30 m a 0,50 m nas espinhas e nas redes auxiliares. Como mostra o Mapa 7.

A abertura de vias, consolidação das existentes e outras intervenções urbanísticas, implantação de redes de drenagem, etc. enfatizam o percurso de obras e seus respectivos reflexos na bacia. Para demonstrar em que bases conceituais as mudanças da forma urbana ocorreram, é novamente necessária uma metodologia que avalie, a partir de uma amostragem menor, o processo de intervenção na bacia.

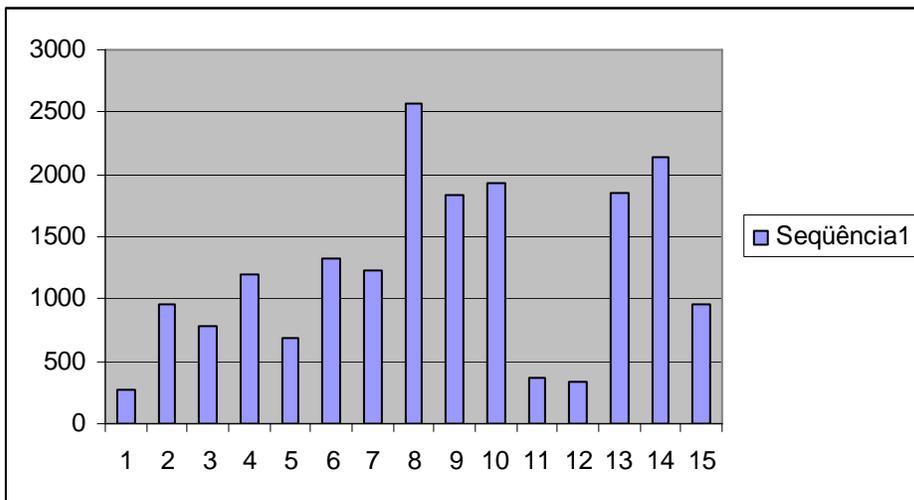
O estudo cartográfico de 1998 e de campo engloba 15 projetos executados nas principais ruas da bacia. O quadro de projetos elaborado pelo poder público municipal é apresentado na Tabela 10.

**Tabela 10** - Quadro de projetos na Bacia da Estrada Nova.

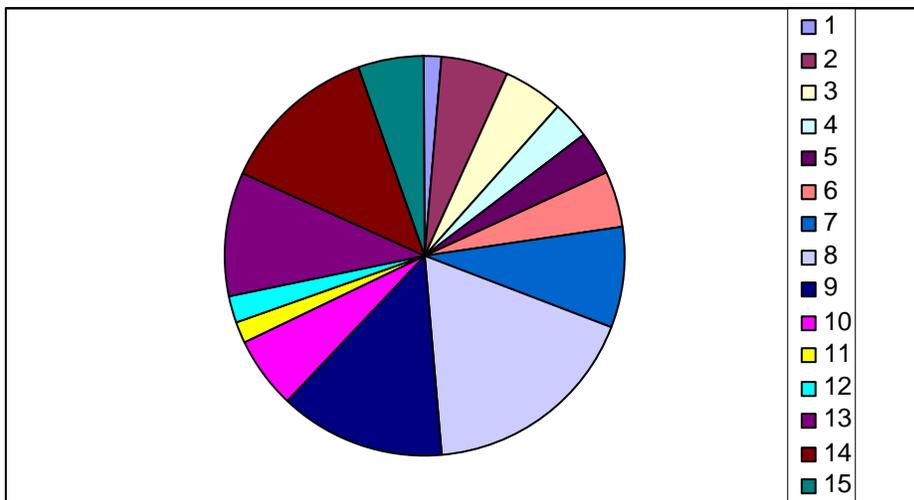
Nº	Via	Trecho	Galeria (m)	Poços de visita (un)	Bocas-de-lobo (un)
1	Av. Gen. Deodoro	R. Mundurucus e Caripunas	265	5	12
2	Av. Alcindo Cacela	Pass. Umarizal e S. J. Tadeu	956	20	33
3	Av. J. Bonifácio	R. Barão de Igarapé. Mirim e Av. Bernardo Sayão	784	16	62
4	R. Osvaldo de C. Brito	Trav. Honório à Av. B. Sayão.	1191	11	23
5	R. Cezário Alvim	Praça Amazonas e Av. B. Sayão	685	13	37
6	R. dos Mundurucus	Av. Gen. Deodoro e Trav. 9 de Janeiro	1330	16	32
7	R. dos Pariquis	Av. J. Bonifácio e Av. R. Camelier.	1222	28	74
8	R. Eng. F. Guilhon	Av A. Cacela/ Dr. Morais	2575	63	141
9	Tr. Padre Eutíquio	R. dos Timbiras e Av. B. Sayão.	1834,50	47	91
10	R. dos Tamoios	R. Camelier e B. Sayão	1930	21	52
11	R. dos Timbiras	Trav. C. de Carvalho e Av. R. Camelier	360	6	12
12	R. Tupinambás	R. dos Tamoios e R. dos Pariquis	330	8	16
13	Tr. Apinagés	Rua dos Pariquis à Trav. Q. Bocaiúva.	1850	35	94
14	Av. Roberto Camelier	Av. Cons. Furtado e Av. B. Sayão.	2139	46	104
15	R. Augusto Corrêa	Trav. B. de Ig. Mirim/Av. B. Sayão	950	19	41

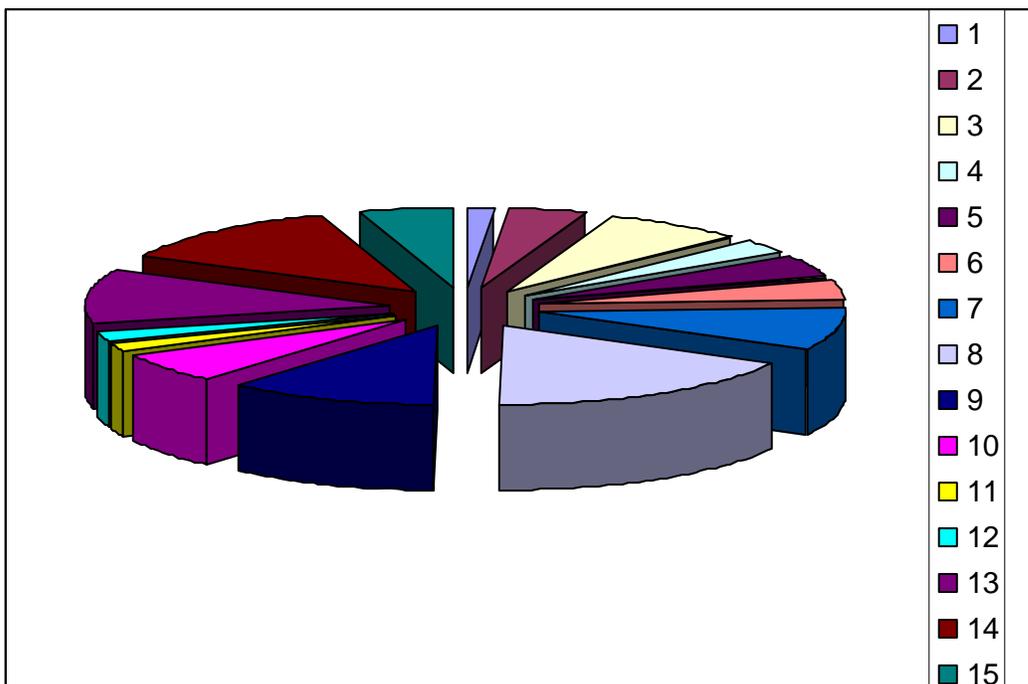
Baseado na Tabela 10, os gráficos 1, 2 e 3 mostram as vias com maior comprimento linear de galeria, maior poços de visita e maior número de bocas de lobo, respectivamente.

**Gráfico 1** - Vias com maior comprimento linear de galeria.



**Gráfico 2** - Vias com maior número de poços de visita.



**Gráfico 3** - Ruas com maior número de bocas-de-lobo.

A Tabela 11 mostra o enquadramento das leis urbanísticas de 1988 e 1999, elaboradas pelo poder público municipal.

**Tabela 11** - Principais vias da Bacia enquadrando as leis urbanísticas de 1988 e 1999.

Nº	Via	Função até 1988	Função a partir de 1999	Ext. do trecho	L (m)	Ext. (m)	Sub-bacia
1	Av. G. Deodoro	Local	Local	265	13	265	
2	Av. A. Cacela	A. S. - ZH 4	C.T/ ZH 2e, ZUM 7, ZUM 4, ZH 2 - D	1019,25	13	947	S-3 do Canal Quintino e S-3 do Canal Bernardo Sayão e Sub-bacia do Canal 3 de Maio

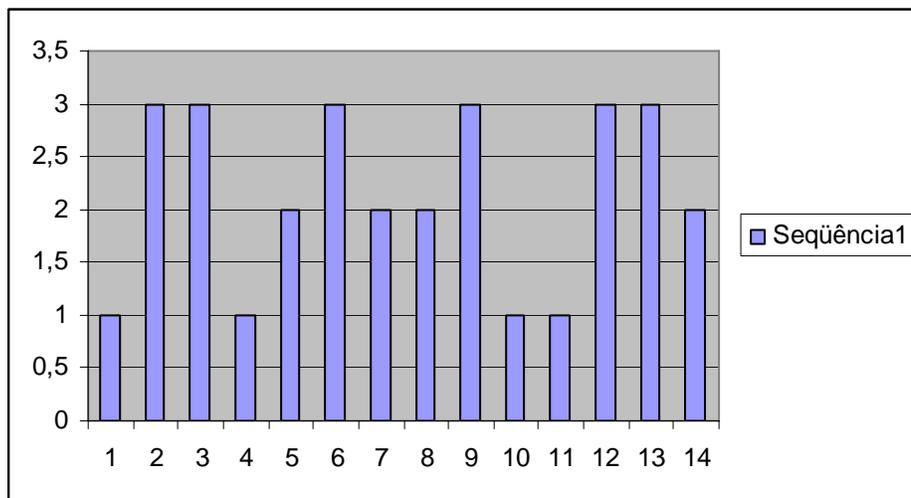
Continuação da Tabela 11

Nº	Via	Função até 1988	Função a partir de 1999	Ext. do trecho	L (m)	Ext. (m)	Sub-bacia
3	Av. J. Bonifácio	A. S. - ZUM 1	C. T. ZH 2 - e	800	15	788	S-2 do Canal Bernardo Sayão
4	R. Osvaldo de C. Brito	Local - ZH 4	Local - ZH 2-e; ZH - c	784,44	9	786	Sub-5 do Canal B. Sayão
5	Rua Cezário Alvim	V.C/D - ZH 4	Local - ZH 2-e; ZH - c	734	10	719	Sub-5 do Canal Bernardo Sayão
6	R. dos Mundurucus	A. S. - ZH 6 e C/D - ZH 4.	C.C.S	1330	13	1330	
7	Rua Pariquis	C/D - ZH 6 e ZH 4	C.C.S.- ZUM 7 e ZH 2- e	1222	13	1222	
8	R. Eng. F. Guilhon	C/D - ZH 4 e ZH 6	Local	2575	13	2575	
9	Trav. P. Eutíquio	A. S. - ZH 4 e ZH 6	C.T e C.C.S.- ZH 2 -e; ZH 7	1330	15	1731	Sub-1 e 2 do C. Quintino, Sub-bacia do Canal 3 de Maio e Sub-2 do Canal Bernardo Sayão.
10	Rua dos Tamoios	Local	Local - ZH 2 - e	1334	13	1018	Sub-5 do Canal Bernardo Sayão
11	Rua dos Timbiras	Local	Local	360	13	360	
12	R. dos Tupinambás	ZH 6	Local - ZH2 - e	310	13	300	Sub-3 do Canal do Quintino
13	Trav. Apinagés	A. S. - ZH 4 e ZH 6	C.T. - ZUM 7, ZH 2 - e	1038	13	946	Sub-3 do Canal do Quintino e Sub-3 do Canal do B. Sayão

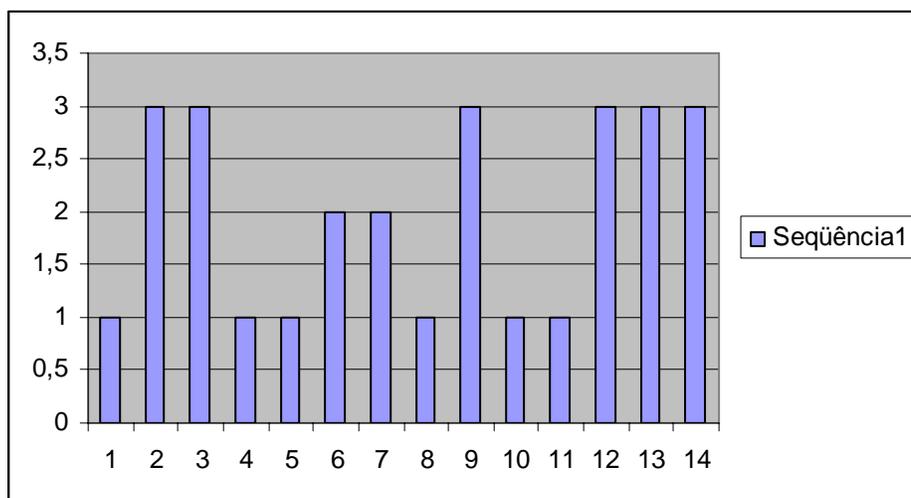
Continuação da Tabela 11

Nº	Via	Função até 1988	Função a partir de 1999	Ext. do trecho	L (m)	Ext. (m)	Sub-bacia
14	Av. R. Camelier	A. S. - ZH 6 e C/D - ZH 4	C.T. - ZH 2 - e	2280	15	2160	Sub-5 do C. B. Sayão; Sub-bacia dos Canais Timbiras e Caripunas; sub 3 do Quintino e sub 3 do Bernardo Sayão
15	Rua A. Corrêa	C/D - ZH 4	C.T.- ZH 2 - e	939	20	940	Sub-1 do Canal Bernardo Sayão

Com base Tabela 11, os gráficos abaixo apresentam as vias mais importantes, de acordo com as Leis de 1988 e de 1999, respectivamente.

**Gráfico 4** - Ruas mais importantes, condicionando a Lei de 1988.

**Legenda:** 3: Corredor de Tráfego; 2: Corredor de Comércio e Serviços; 3: Via Local.

**Gráfico 5** - Ruas mais importantes, condicionando a LCCU de 1999.

**Legenda:** 3: Corredor de Tráfego; 2: Corredor de Comércio e Serviços; 3: Via Local.

A Tabela 12 mostra a extensão da drenagem nas vias Arterial Secundária e Corredor de Tráfego, baseada nas Leis de 1988 e 1999.

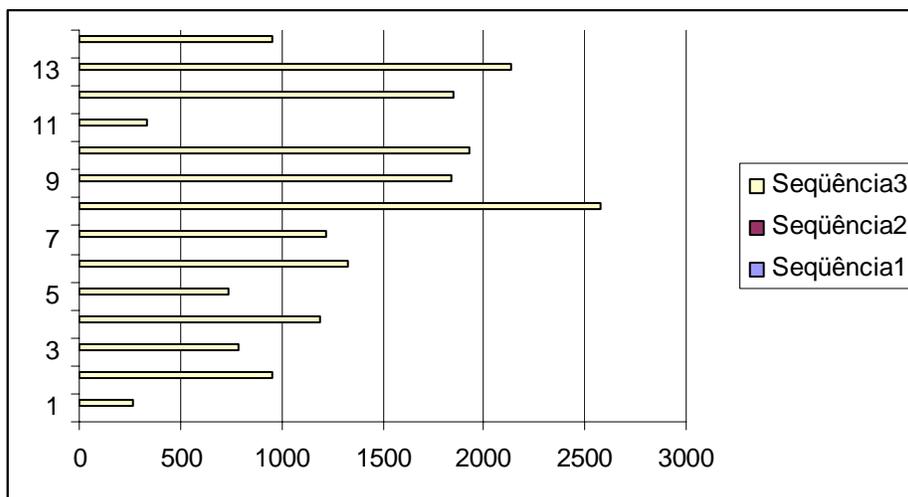
**Tabela 12** - Extensão da drenagem nas vias principais da bacia.

Via	Trecho	Função até 1988	Função a partir de 1999	Dreno (m)	L (m)
Av. A. Cabela	Pass. Umarizal e S. Judas Tadeu	A. S.	C.T	1019,25	13
Av. José Bonifácio	R. B. I. Mirim e Av. B. Sayão	A. S.	C.T	784	15
Trav. P. Eutíquio	R. dos Timbiras e Av. B. Sayão	A. S.	C.T	1834,5	15

Continuação da Tabela 12.

Via	Trecho	Função até 1988	Função a partir de 1999	Dreno (m)	L (m)
Trav. Apinagés	R. dos Pariquis e Trav. Q. Bocaiúva	A. S.	C.T	1850	13
Av. Roberto Camelier	Av. C. Furtado e Av. B. Sayão	A. S.	C.T	2139	15

Gráfico 5: Extensão da drenagem nas vias principais da Bacia.



Baseado na Tabela 12, o gráfico acima mostra a extensão das vias principais, de acordo com as Leis de 1988 e 1999.

#### 4.7 - Conclusões sobre a pesquisa nos projetos e em campo

##### Quanto aos projetos:

a) Concepção em drenar a via longitudinalmente, escoando para um outro plano inferior por diferença de cota:

A Bacia da Estrada Nova é considerada pelos governos estadual e federal como uma bacia em que 72,7% de sua área são alagáveis (Cohab, 1997). Isso significa que a urbanização da bacia foi assentada nos braços dos rios e igarapés, e que qualquer plano de drenagem deveria ser alicerçado em uma estratégia de continuidade.

Os projetos estão voltados para viabilizar o escoamento apenas da via, lançando suas águas para a jusante, transferindo, assim, o problema dos alagamentos para um outro plano imediatamente inferior, ou seja, um ciclo vicioso: não resolvendo os problemas hidrológicos de alagamentos da bacia, a qual foi urbanizada sem organização da sua hidrologia natural devido à sua ocupação desordenada.

b) Uso de galeria pluvial em meio de via:

As normas de implantação de galerias pluviais privilegiam a locação no eixo da via. Entretanto na Bacia, em áreas que outrora foram braços de rios e igarapés, a introdução de uma concepção que possibilitasse o uso nas laterais evitaria situações complicadas e de difícil resolução.

A avenida Alcindo Cacela, por exemplo, no trecho citado no projeto (da Pass. Mucajás à Av. Bernardo Sayão), apresenta alagamentos na época chuvosa, possui relevo quase plano, com diferenças de cotas de, no máximo, 6 cm. O projeto da via realizado na década, procurava da forma mais convencional possível localizar a galeria no centro da via, não considerando o traçado longitudinal quase plano, ou seja, são 904 metros de galeria a 1% ou 1 cm de declividade metro a metro, ou seja, em quase 1 km, a diferença entre o início do escoamento e o seu lançamento é de 90 cm. Em 900 metros lineares, a variação era de menos de 1 metro.

c) Uso em maior constância de declividade mínima:

A declividade mínima em grandes extensões representa baixa velocidade, possibilita sedimentação de sólidos, causando obstrução na galeria, a tônica da maioria dos 15 projetos. Existem projetos que apresentam poços de visita de até 240 metros entre eles.

Há uma extrema complexidade na implantação de uma estrutura viária quando se lida com bacias em que a maioria de sua área está em cota de alagamento, sobretudo quando se criam galerias no eixo das vias e tendo como alternativa o recobrimento mínimo

para a tubulação, pelo motivo da área ser quase plana. Entretanto a Bacia foi sendo ocupada gradativamente e as distribuições das galerias poderiam ter outras soluções, o que não foi percebida pelos projetistas.

A causa poderia ser em função da política de priorização do sistema viário em relação ao de drenagem. A elaboração e implementação da maioria dos projetos avaliados nesta pesquisa datam do período compreendido entre 1970 e início de 1980. Os projetos viários eram elaborados por engenheiros civis e, como os planos viários eram concebidos em primeiro plano, os de microdrenagem tinham caráter secundário. Na maioria das vezes, vinham para dar soluções onde o sistema viário já tinha sido implantado (Pereira, 2004).

A pesquisa sobre a autoria dos projetos aponta para os topógrafos da prefeitura de Belém. Os projetos de microdrenagem foram desenvolvidos predominantemente por técnicos de nível médio, formados na prática em topografia (Sesan, 2004).

A utilização das áreas de expansão ou o uso das áreas alagadas era um processo gradual. As vias da Bacia foram se definindo com as ocupações. As ruas surgiam primeiro, depois a intervenção, e por último, a preocupação com hidrologia, sobretudo em função das precipitações. Dessa forma, o profissional que fosse elaborar os projetos de microdrenagem poderia ser um técnico de nível médio ou até um prático, caracterizando, assim, um caráter secundário (Sesan, 2004).

### **Quanto à situação urbanística da área:**

A pesquisa de campo nas vias em que os projetos se baseiam evidenciou, no geral, grande desgaste das redes, falta de manutenção e impermeabilização sem técnica, fazendo com que os poços de visita desapareçam, dificultando a manutenção e a vedação das bocas de lobo.

Um exemplo de gestão equivocada do sistema no que tange ao desaparecimento dos poços de visita e lacramento das bocas de lobo é o da Avenida Generalíssimo Deodoro, entre as Ruas dos Mundurucus e Caripunas. A pesquisa observou 242 m de via impermeabilizada em asfalto e constatou a inexistência de poço de visita e boca de lobo aparente. Todas as bocas de lobo estavam lacradas por argamassa e os poços estavam

invisíveis, causando problema gravíssimo de manutenção, em função da dificuldade de acesso.

No decorrer das inserções na área, foram sendo percebidas anomalias que podem ser definidas como problemas de alagamentos em seis áreas com rede de drenagem na bacia.

A primeira está localizada na Avenida Alcindo Cacela, entre Passagem Umarizal e Travessa Padre Eutíquio. A segunda está situada na Avenida Fernando Guilhon, entre Travessa de Breves e Avenida Bernardo Sayão; a terceira está na Avenida Roberto Camelier com a Avenida Conselheiro Furtado; as quarta e quinta foram localizadas na Rua dos Pariquis e na Rua dos Mundurucus, entre Travessa 14 de Março e Av. Alcindo Cacela, respectivamente. A sexta área foi localizada na passagem Euclides da Cunha, entre Av. Conselheiro e Rua dos Caripunas, conforme foi mostrado no Mapa 7.

A combinação entre hidrologia natural e a estrutura de drenagem profunda não possui eficiência necessária, persistindo alagamentos de até 0,50 m de altura, os quais esgotam lentamente e, em tempos de chuvas torrenciais, permanecem até a próxima estiagem. A hidrologia natural é uma das possíveis causas desses fatores, o que é demonstrado na pesquisa, no mapa de 1940 e o que evidencia, na área, a existência de braços de igarapés nas cotas 2,50 a 3,0, muito próximos das vias que são atingidas por alagamentos, com distâncias variáveis. Essas áreas próximas aos talwegues foram aterradas, entretanto ainda hoje, nos miolos de quadra (fundo dos quintais), persistem cotas variando nas curvas de nível 2,0 e 3,0 que, obviamente, sofrem influência das marés. Outra causa da permanência de alagamentos são as comportas. Elas estão fora de operação há décadas, permanecendo constantemente aberta, e na coincidência entre chuvas máximas e maré alta, os alagamentos são inevitáveis.

# Capítulo V - Via sanitária. O conceito reconsiderado

---

## 5.1 - Concepções de intervenções públicas

A noção de drenar, a partir do entendimento do regime de bacia hidrográfica, norteia qualquer projeto de engenharia hidráulica. Entretanto, seu aperfeiçoamento passou por vários processos até chegar ao estágio atual. A condução de Silveira (2000), das influências quanto à estruturação da drenagem pública no Brasil, delinea uma linha evolutiva que serve de base para a estruturação do conceito de abrangência do termo via sanitária na Bacia da Estrada Nova.

A partir dessa referência, a gestão de drenagem urbana no Brasil possui três importantes fases: conceito higienista, racionalização e normalização dos cálculos hidrológicos e abordagem científica e ambiental do ciclo hidrológico, as quais serão expostas a seguir.

### 5.1.1 - A primeira fase

É identificada como o período higienista, da qual faz parte a concepção de embelezamento, com influência na saúde pública. Essa concepção é originada da relação entre o urbanismo de melhoramentos, o embelezamento e o sanitário, responsáveis por ações e métodos significativos no começo do século, destacando-se a relação entre doenças, microvetores ou insetos e água.

Foi um período de pouca qualificação técnica, pois as ações de drenagem em municípios eram pontuais e irrisórias. O reflexo dessa fase nos projetos de drenagem estava no uso de dados incompatíveis com as características naturais do local.

Iniciou-se a importação de fórmulas para o cálculo das vazões de projeto. O método racional ainda não tinha sido definido e os cálculos eram feitos da forma mais aleatória possível, fazendo com que as vazões de projeto fossem dimensionadas sem nenhum parâmetro efetivamente concreto, porque não havia medidores de chuvas (pluviômetro ou

pluviógrafo) ou eram raros. Essa característica não estava relacionada apenas com países atrasados tecnologicamente, mas com todos os principais que produziam ciência na virada do século XIX para o XX.

A chuva máxima para o dimensionamento era baseada através dos dados externos aos da área onde seria implantado o projeto. A exemplo, havia o uso de séries históricas de chuva de projeto de países, com outras características meteorológicas e hidrológicas.

O rebatimento no Município de Belém, obtido através de pesquisa em documentos do DNOS, em entrevistas com ex-gestores públicos e mapas da Codem, levaram a sugerir que em Belém, os aterramentos do Lago Piri, o dique-estrada Bernardo Sayão, na Bacia da Estrada Nova tiveram como intuito o de combater a malária, bem como as canalizações de alguns braços de rios e igarapés, os quais podem ter configurado esse período.

### **5.1.2 - A segunda fase**

Chamada etapa da racionalização e normatização, a partir da constatação da necessidade de produzir projetos condizentes com a realidade, essa fase é marcada pela negação do empirismo das fórmulas e parâmetros estrangeiros. Estava condicionada à tentativa de nacionalização dos dados intervenientes (ciclo hidrológico, solo, tipo de uso, costumes, etc) e define-se tal período como o da racionalidade hidrológica, no qual se buscava maior coerência dos cálculos de dimensionamento e utilização de parâmetros condizentes com a realidade.

Essa concepção foi estabelecida combatendo os problemas do período higienista. O principal deles era a dificuldade de obtenção de dados locais de precipitação, devido ainda não haver pesquisas mais completas, pelos poucos pluviógrafos disponíveis, medidores de quantidade de chuva e coeficientes de perdas por infiltração, evaporação e etc., para a obtenção da vazão de projeto.

O método racional foi usado a partir da década de 1930, com o aparecimento de maior número de pluviógrafos e, com ele, o aspecto fundamental que orienta o cálculo: *o tempo de concentração*, relativo à duração da precipitação máxima na bacia. Entretanto, alguns aspectos ainda não haviam se consolidado, como por exemplo, o parâmetro *tempo de retorno*, que era desconhecido, dificultando o projetista de medir o alcance do

empreendimento, o tamanho do investimento e, por conseguinte, o da obra de engenharia. Os outros dados, como o *coeficiente de perdas e da velocidade* continuaram inconclusivos, em função da ausência de pesquisas para a validação no Brasil.

O método foi consolidado na década de 1950, na forma utilizada até hoje e incentivado por poucas pesquisas científicas, mas algumas com alta relevância para o dimensionamento das redes pelo País. A principal delas foi um estudo amplo e pioneiro do Departamento Nacional de Obras de Saneamento-DNOS, em 1957, sobre as chuvas intensas no Brasil. Definia curvas de leis empíricas de distribuição de frequência de chuvas para várias durações em 98 postos pluviométricos espalhadas pelo Brasil.

Esse estudo veio ao encontro do preenchimento das principais lacunas para elaborar projetos de drenagem: dados de chuvas compatíveis com as condições climáticas brasileiras. Isto desencadeou problemas com o uso indiscriminado do método, devido à ausência de normas brasileiras que unificassem as ações em todo território e ao uso indiscriminado de fórmulas estrangeiras sem validade local.

Essa concepção orientou a maioria das ações das décadas de 1960 e 1970 e orienta até hoje os projetos de drenagem feitos pelo poder público no Brasil. Uma outra característica dessa linha evolutiva era a visão localizada de intervenção, a qual o sistema viário era prioritário, em detrimento das questões de drenagem urbana.

Até os anos setenta, época dos Planos nacionais de saneamento, a drenagem urbana não era considerada uma ação de saneamento, sobretudo a microdrenagem, que agia dissociadamente de um sistema viário, embora o urbanístico viesse primeiro, para posteriormente ocorrer a utilização de soluções de drenagem (Pereira, 2004).

Entretanto, por vários elementos, entre eles os problemas financeiros e a pouca qualificação técnica, os governos locais apenas seguiram com dificuldade algumas

mas emanadas do DAEE (1980), optando por ações pontuais de construção de rede de drenagem, geralmente como solução localizada para o sistema viário, lançando sempre para jusante o problema de alagamento.

A influência no Município de Belém, segundo esta pesquisa, as entrevistas com ex-gestores públicos e os mapas da Codem, pode estar nas formas de gestão das administrações locais responsáveis pela drenagem urbana, refletindo nos projetos de drenagem de rua sem análise dos efeitos na bacia, macrodrenagem da bacia do Una, Planos

Urbanísticos dissociados das questões da infra-estrutura e ausência de leis e normas locais. A ausência da noção de bacia hidrográfica trouxe muitas conseqüências na Bacia da Estrada Nova. Entre outras, citamos implantação de redes de microdrenagem e sistema viário em áreas de ocupação. Essas intervenções buscavam definir a função daquele espaço, onde o sistema hídrico natural estava perdido, devido sua total disfunção e descaracterização provocada pelas ocupações.

Um dos exemplos mais explícitos é em relação a manutenção das estruturas de drenagem que só foram consolidadas a partir do início dos anos oitenta, com a criação de departamento de drenagem municipal. E ainda sua principal atividade era a microdrenagem, enquanto o extinto DNOS era responsável pela macrodrenagem (Honey, 2004).

Esse fator se deu, principalmente, na tentativa de equacionar problemas comuns no dia-a-dia da cidade, como por exemplo, o aterramento de áreas próximas ao centro de comércio em Belém, além da necessidade de implantar ou corrigir traçados de sistema viário e a dificuldade de compreender o sistema hídrico.

### **5.1.3 - A terceira fase**

Ainda está em processo de desenvolvimento, descrita por Silveira (2000), propõe, através do emprego de modelos, uma abordagem científica e principalmente ambiental, incentivando uma visão de caráter holístico. Traduzida pela tentativa de conhecer melhor os fenômenos de forma mais científica, buscando recriá-los de forma reduzida, o que permite sua melhor visualização. Os modelos hidrológicos são a expressão de tal momento, os quais, em função do atraso tecnológico, estão apenas começando em Belém.

Os modelos possibilitaram, entre outros, os seguintes fatores: a relação dos vários aspectos da evolução das aglomerações urbanas com os impactos ambientais advindos delas; os reflexos do sistema viário, enquanto produto da urbanização; a avaliação desses impactos, relacionando-os com a bacia hidrográfica, sua importância no traçado urbanístico dos planos de cidade e os sistemas de saneamento, no caso da pesquisa, o da drenagem urbana.

A influência dessa fase, em Belém, introduz o conceito de bacia hidrográfica urbana, articulada com o traçado urbanístico da cidade. Entretanto, essa relação articula, a partir dos dados apresentados no Capítulo IV, os elementos característicos do planejamento urbano, voltados ao funcionamento de uma hierarquização viária, bem como à natureza das intervenções realizadas na Bacia da Estrada Nova. Assim, o conceito de bacia hidrográfica e seu funcionamento hidrológico serve como fundamento para que o conceito de via sanitária seja reconsiderado.

## **5.2 - O conceito de via sanitária na Bacia da Estrada Nova**

Atualmente, a via sanitária é vista no contexto de bacia urbana como um instrumento que possibilita a manutenção e a limpeza do canal, através de equipamentos manuais ou mecânicos. Incluem-se aqui as pequenas ruas ou vielas de difícil acesso, as quais o poder público intervém minimamente (Honcy, 2004; Araújo, 2004), ou através de intervenções mais avançadas, introduzindo a função de referenciar a colocação de coletor tronco, em se tratando de sistema de esgotamento sanitário (Pereira, 2004).

Tais concepções, à exceção de Pereira (2004), inclui o termo, enquadrando-o no aspecto de viela, defendido por Botelho (1998), que considera via sanitária como pequenas vielas de difícil acesso, nas quais o poder público dota de condições básicas de saneamento (água, esgoto, condições mínimas de instalações para coletas alternativas de lixo).

Nessa lógica, o uso de via sanitária na Bacia foi alicerçado nas concepções de viela e marginal de canais, que norteou todas as intervenções na bacia da Estrada Nova. Essas considerações foram sistematizadas através de entrevistas concedidas por três ex-secretários de saneamento e dois projetistas, lembrando que estes últimos construíram cerca de 90% de todos os projetos da bacia.

### **5.2.1 - Bases para a estruturação do conceito**

Apesar da preocupação de escoamento e seus reflexos na visão de bacia hidrográfica urbana, o termo via sanitária pouco contribuiu para a significação do eixo de análise sobre o desequilíbrio entre o plano urbanístico e hidrológico. Isso porque há a necessidade de

discutir, refletindo o uso público do espaço enquanto acesso e sua importância para o sistema viário, mesmo desconectado de ações de saneamento.

Existem características semelhantes na forma de ocupação em algumas áreas de Belém. Espaços que sofreram intensas ocupações sem loteamento tecnicamente adequado, sobretudo em áreas identificadas como baixadas, criam um contato constante com ambientes insalubres e sem objetividade de acesso entre pontos nesses lugares.

Alguns fatores contribuem para o agravamento dos problemas nessas áreas, sendo os principais as chuvas intensas por longos períodos e suas conseqüências nesses ambientes. Entre outros, podemos citar a falta de escoamento das águas, provocando acumulação nos pontos mais baixos, que outrora foram braços de rios e igarapés. Esses pontos de fundos de vale foram intensamente aterrados pelos loteamentos e, conseqüentemente, perderam por completo suas características naturais.

A análise dessas concepções conduz a uma visão mais abrangente, na qual as estruturas de drenagem tornam-se prioritárias e assumem integralmente o papel de um sistema de saneamento, se trabalhadas a partir do conceito de via sanitária. Nessas específicas condições, caracteriza-se a combinação entre o urbanístico e saneamento.

A reflexão de via sanitária está alicerçada na compreensão de que a rede de drenagem está contida no conceito de sistema de saneamento. Entretanto, pela relação de causa e efeito com as estruturas urbanísticas, o sistema viário foi considerado o principal, com a priorização de vias como infra-estrutura básica, não levando em consideração o sistema de drenagem. muitas vias foram responsáveis pelo agravamento dos alagamentos à jusante.

Uma nova maneira de conceituar via sanitária, tomando como referência a Bacia da Estrada Nova, é esclarecer que os sistemas viário e de drenagem, mesmo apresentando peças infra-estruturais, é visto de forma orgânica, pois um depende do outro para o bom funcionamento, entretanto devem ser analisados de maneira que se possa avaliar o desempenho da drenagem, relacionando a bacia e, em seguida, avaliar a compatibilidade entre a maior contribuição de escoamento superficial e profundo e a estrutura viária.

A via sanitária está embasada no resgate do fundo de vale através das estruturas de drenagem e viária, criando um conceito de via em função da grande contribuição de escoamento à montante de inúmeras ruas, o que possibilita a referência estrutural. Em

decorrência, ela deve ser dimensionada, considerando, além do aspecto urbanístico, o seu funcionamento como condutor hidráulico, vinculando no seu escopo a visão sistêmica natural, condensando, dessa forma, a análise da pesquisa. Assim, resolvem-se problemas de planejamento com o intuito de evitar alagamentos e inundações de forma não pontual, ampliando a visão do saneamento ambiental enquanto processo integrado.

Em um ambiente de alto índice de precipitação, a via sanitária pode ser um grande condutor hidráulico. Deve estar relacionada aos aspectos de intensidade pluviométrica, hidrologia e de sistema viário. Eles relacionam os vários aspectos da evolução das aglomerações urbanas, sobretudo os impactos ambientais delas provenientes.

A condução de grandes caudais, através da via, apresenta as seguintes características: a) maior área de contribuição da drenagem de montante; b) via de maior extensão de rede de drenagem; c) ruas que se transformam em canais a jusante.

### **5.2.2 - Aspectos funcionais**

A via sanitária, em relação à hierarquização viária de 1988 e 1999, pode possuir característica de Corredor de Tráfego ou Corredor de Comércio e Serviços ou Via Coletora e Distribuidora. A introdução dessa visão de via permite a preocupação de aumentar o interesse com acessibilidade em espaços densificados, viabilizando a hidrologia suficiente para a via considerada e principalmente seu entorno, dotando a área de uma estrutura viária como parte de um sistema urbanístico ambientalmente equilibrado.

Essa unidade viária, da qual faz parte o sistema da coleta das vias locais e distribuídas para as principais é, portanto, coletora e distribuidora e também secundária estrutural (Lei do Uso do Solo de 1988). Pode ser, também, um Corredor de Comércio e Serviços – CCS e Corredor de Tráfego (Lei de 1999). A concepção visa ligar vias a outras existentes, na tentativa de dar consistência na estruturação da malha e dar sentido aos termos preferência e acessibilidade de ruas, becos, vielas e pequenas passagens. Pode apresentar, também, aspectos de avenidas com funções e características de vias principais, que na Lei Complementar de Controle Urbanístico – LCCU – 1999, é caracterizada por Corredor de Tráfego (CT)

Das 15 vias estudadas na bacia, através da análise dos projetos quanto à sua efetividade, foram observadas algumas vias que se enquadram na proposta de reconceituar via sanitária na bacia: a) Avenida R. Camelier; b) Rua Cesário Alvim; c) Rua dos Pariquis; d) Travessa Padre Eutíquio; e) Rua dos Apinagés; f) Rua Augusto Corrêa; g) Rua Eng. Fernando Guilhon; h) Rua dos Tamoios; i) Rua dos Mundurucus e Avenida José Bonifácio, como mostra o Mapa 8.

**Tabela 13** – Vias sanitárias envolvendo as sub-bacias.

Nº	Via	Função até 1988	Função a partir de 1999	Ext. do trecho	L (m)	Dreno (m)	Sub-bacia
1	Av. A. Cacela	A. S. - ZH 4	C.T/ ZH 2e, ZUM 7, ZUM 4, ZH 2 - D	1019,25	13	947	S-4, S-5 e S-7
2	Av. J. Bonifácio	A. S. - ZUM 1	C. T. ZH 2 - e	800	15	788	S-2
3	R.Osvaldo de C. Brito	Local - ZH 4	Local - ZH 2-e; ZH - c	784,44	9	786	Sub-10
4	Rua Cezário Alvim	V.C/D - ZH 4	Local - ZH 2-e; ZH - c	734	10	719	Sub-10
5	R. dos Mundurucus	A. S. - ZH 6	C.C.S	1330	16	32	5,6,7 e 9
6	Rua Pariquis	C/D - ZH 6 e ZH 4	C.C.S.- ZUM 7 e ZH 2- e	1222	28	74	5,6,7 e 9
7	R. Eng. F. Guilhon	C/D - ZH 4 e ZH 6	Local	2575	63	141	7 e 4
8	Trav. P. Eutíquio	A. S. - ZH 4 e ZH 6	C.T e C.C.S.- ZH 2 -e; ZH 7	1330	15	1731	7 e 4
9	Rua dos Tamoios	Local	Local - ZH 2 - e	1334	13	1018	7 e 10
10	Rua Tupinambás	ZH 6	Local - ZH2 - e	310	13	300	10

**Continuação da Tabela 13.**

<b>N°</b>	<b>Via</b>	<b>Função até 1988</b>	<b>Função a partir de 1999</b>	<b>Ext. do trecho</b>	<b>L (m)</b>	<b>Dreno (m)</b>	<b>Sub-bacia</b>
11	Trav. Apinagés	A. S. - ZH 4 e ZH 6	C.T. - ZUM 7, ZH 2 - e	1038	13	946	10
12	Av. R. Camelier	A. S. - ZH 6 e C/D - ZH 4	C.T. - ZH 2 - e	2280	15	2160	7 e 4
13	Rua A. Corrêa	C/D - ZH 4	C.T.- ZH 2 - e	939	20	940	1

**5.2.3 - Aspectos hidrológicos**

As características tropicais levam a um clima de alta instabilidade, tendendo à incidência de chuvas convectivas, com uma precipitação anual média dos últimos 30 anos em torno 3.001,3 mm/ano. Uma chuva de 24 horas, no mesmo período, em torno de 136 mm, implica chuvas medidas em pluviógrafo de 5, 10 e 15 minutos com índices muito maiores que a média de 24 horas (Bastos et al., 2002).

Isso faz com que grandes caudais passem pelas principais estruturas viárias e pelas redes da drenagem na bacia, procurando pontos mais baixos. Esse fator evidencia situações de alta relevância no aspecto sanitário, quando conduz e dilui altas concentrações de resíduos sólidos e líquidos no solo urbano, o que implica uma maior responsabilidade no projeto de dimensionamento das redes de drenagem.

**5.3 - Eixos fundamentais para o reconceito do termo na Bacia**

É possível citar três eixos fundamentais para o reconceito do termo da bacia. Como primeira consideração, há os aspectos meteorológicos, através do aumento gradativo das chuvas intensas. Os aspectos hidrológicos também são importantes nesse sentido, pois há vias que recebem maior número de contribuição de outras, bem como há aquelas que

funcionam como cabeceiras de canais receptores. Por último, os aspectos urbanísticos têm fundamental relevância no tema, através da condição urbanística hierarquicamente superior às outras vias, além da maior responsabilidade, seja ela viária, urbanística ou hidráulica.

As vias com maior contribuição são as mais extensas e se enquadram na LCCU/1999 como Corredores de Tráfego e Corredores de Comércio e Serviços. Entretanto, há aquelas que perderam suas características preferenciais na lei atual e apresentam função de via sanitária pelo conceito proposto, considerando sua função no escoamento das águas pluviais e a locação dos projetos de drenagem. Assim, as vias sanitárias definem o novo funcionamento hidrológico da bacia.

### **5.5 - Uma outra maneira de conceituar vias na Bacia da Estrada Nova**

Através da análise na pesquisa, apontou-se para as vias denominadas pela LCCU/1999 de Corredores de Tráfego e Corredores de Comércio e Serviços. Entretanto, há exceções, com a inclusão de vias locais, em virtude de apresentarem características de coletora/distribuidora. Essa definição está contida na LCCU de 1988 e modificada na Lei atual. A importância desse tipo de via como escoadouro e sua função urbana deve ser aliada à via sanitária, visto que ela também recebe a contribuição da drenagem de outras vias consideradas locais pelo seu desempenho no sistema viário.

O reconceito proposto conduz a 12 vias: Av. Alcindo Cacela, Rua Augusto Corrêa, Trav. Padre Eutíquio, Rua dos Mundurucus, Trav. 9 de Janeiro, Av. José Bonifácio, Trav. Três de Maio, Quintino Bocaiúva, Av. Roberto Camelier, Av. Bernardo Sayão, Rua dos Apinagés, Av. Fernando Guilhon, Rua dos Pariquis e Rua dos Tamoios. Todas estão relacionadas como vias de tráfego de escala superior, onde se trabalha o acesso e desadensamento de elos locais a essas vias preferenciais, à exceção da Av. Fernando Guilhon, caracterizada pela LCCU de 1999 como uma via local.

O aspecto sanitário é evidenciado em função de sua carga hidráulica. Por essas vias passam um volume elevado de caudais transportados por condutos de maior diâmetro até o lançamento, destacando-se, assim, o papel de sistema de drenagem urbana enquanto uma estrutura de saneamento.

## Capítulo VI - Considerações finais

---

### 6.1 - Objetivos alcançados

Quantos aos objetivos gerais e específicos da pesquisa, os vínculos entre planos urbanísticos e hidrologia foram amplamente analisados, descrevendo suas interfaces e constatando a revisão de conceitos, tanto aqueles ligados à intervenção no sistema viário como de aspectos hidrológicos.

Um outro objetivo contemplado refere-se à possibilidade de, nas vias implementadas, a partir do conceito de via sanitária, avaliar a forma como as mesmas foram implantadas e sua funcionalidade, do ponto de vista urbanístico e da drenagem.

Um dos objetivos mais importantes foi debatido no texto com veemência, através da associação entre sistema viário e de drenagem, identificando cada aspecto e sua complementaridade, sem perder de vista a função da eficiência e a efetivação do sistema de drenagem enquanto um organismo de saneamento.

### 6.2 - Conclusões sobre a Bacia da Estrada Nova

Um aspecto importante da pesquisa é o desmembramento da Bacia da Estrada Nova em sub-bacias de drenagem para efeito de análise. É possível observar, através desse método que a bacia não se enquadra no conceito de bacia hidrográfica, apresentado no Capítulo II, pois o mesmo apresenta apenas um enxutório, considerado em estudo preliminar como o Canal Bernardo Sayão.

A pesquisa aponta a existência de mais outros enxutórios na bacia: Canal Quintino, Caripunhas, Timbiras e Três de Maio. A Bacia da Estrada Nova pode ser considerada um complexo de pequenas bacias urbanas, pois cada uma tem seu enxutório ou talvegue, com todas as características físicas que definem uma bacia hidrográfica urbana.

Outra importante constatação da pesquisa é a extinção de canais que, até os anos 90, eram contabilizados pelo cadastro do município e pelo último cadastro realizado pela prefeitura: João de Deus, Radional I e II.

A impermeabilização da bacia ou a relativa homogeneização do coeficiente de escoamento superficial “C”, bem como o mapa, confeccionado pela pesquisa, demonstraram que a bacia já sofre com o problema do aumento dos picos de vazão. Tal desgaste se dá devido à sua impermeabilização, que se apresenta com pouca intensidade, pois a bacia ou o complexo de bacias da Estrada Nova possui cerca de 53% de áreas impermeabilizadas, sobretudo à montante.

Essa impermeabilidade das áreas se configura em um grande problema, ainda que em estágio inicial, comparado com cidades como Porto Alegre - RS.

No mapa de 1998, as cotas mais baixas estão na curva 3, tendendo à curva 4 e, em algumas confluências, há nítidas mudanças, variando entre cotas 3,80 a 4,30.

As dimensões do canal de acumulação Bernardo Sayão, que desde sua construção, eram consideradas pelos construtores como impróprias para a função de canal principal da bacia, tornaram o sistema inócuo para armazenar os caudais de montante, devido à pouca profundidade, de cerca de 2,0 a 2,50, na parte mais profunda e apenas 4,0 m largura, também na parte mais larga.

É questionável a forma com a cidade foi planejada para dar suporte às obras de infraestrutura, com base apenas na demanda do uso e ocupação dos espaços urbanos, aterrando muitos dos córregos naturais e criando, a partir do tempo, barreiras quase intransponíveis para o caminho das águas.

A concepção que orienta a ação do poder público é de impor a idéia de organização à não-convivência com o ambiente natural da cidade, o que demonstra uma relação direta com a absorção do espaço de várzea para fins de uso, traduzindo, com o tempo, o caráter econômico e especulativo.

Outro aspecto fundamental é a questão do acesso. A aglomeração do espaço, na condição de grandes contingentes populacionais ocupou desordenadamente a bacia, possibilitando que extensas áreas ficassem sem um traçado viário coerente, criando, assim, uma trama viária, sem atentar para uma organização de hierarquia, na qual a circulação de veículos e de pedestres ficou prejudicada.

Mesmo que na prática, a solução urbanística tenha exigido algum tipo de mudança no traçado viário, o mesmo não foi realizado como forma de responder às exigências e os interesses sociais envolvidos. A intervenção pelo poder público (identificadas com implantação de rede de microdrenagem, retificação e aprofundamento da calha dos canais contribuintes, mudança do traçado urbanístico com o prolongamento e até criação de novas vias, impermeabilização das existentes), dota a Bacia da Estrada Nova de condições incontestáveis quanto à forma de intervenção. Todas tentam dar soluções de drenagem nos traçados viários já existentes, caracterizando a supremacia do sistema viário sobre os de infra-estrutura.

Na prática, houve a busca da solução urbanística, impingindo algum tipo de mudança no traçado viário, com todas as dificuldades referentes à forma de ocupação dessas bacias urbanas e, sobretudo em relação à hidrologia do espaço. Inclui a prática de raciocinar na perspectiva de esgotar a água de áreas e não-ruas, ou seja, do longitudinal para o plano geral. Essa prática faz

parte de uma mudança conceitual sofrida no Brasil a partir dos anos 70, sobretudo através das idéias advindas da Europa e dos Estados Unidos.

Outras visões quanto ao conceito são mais conclusivas quando relacionam o termo a *escoamento superficial*, como é o caso do DAEE/CETESB (1980), que define a rua como um vetor fundamental da acessibilidade urbana, além de ser um importante elemento do sistema de drenagem da porção urbanizada.

Em que pese o índice de chuvas na bacia é um ponto de extrema relevância dentro de uma visão hidrológica. O clima equatorial leva a uma temperatura média anual com mínima de 22,5 °C e a máxima de 32,7 °C, com uma umidade relativa de cerca de 84% (Bastos et al., 2002).

A partir da análise entre estratégias urbanísticas e drenagem, a questão do aumento das chuvas, que pode ter relação ao microclima da bacia, torna clara a necessidade da combinação, quando se percebe mudanças significativas nos últimos 30 anos (de 1967 a 1996) em 463 mm.

Esses dados caracterizam a possível influência de elementos urbanísticos, tais como criação de áreas impermeáveis a montante da Bacia e os mesmos foram confirmados em Belém. Estudos realizados em Belém demonstram a convergência de opiniões acerca das modificações climáticas nas três décadas citadas.

Em um ambiente de alto índice de precipitação, a via sanitária deve ser um grande condutor hidráulico. A condução de grandes caudais, através da via, apresenta as seguintes características: a) maior área de contribuição da drenagem de montante; b) via de maior extensão de rede de drenagem; c) ruas que se transformam em canais à jusante.

Esse fenômeno natural é responsável diretamente pela malha hídrica e caracteriza uma bacia de alto índice pluviométrico. Dependendo do tipo de caminho percorrido, que podem ficar retidos em áreas de pouco ou nenhum escoamento. Por outro lado, devido à topografia (relevo plano), malha hídrica abundante, forma de ocupação urbana, a relação com as chuvas constantes o ano todo, foram os principais responsáveis pelo desequilíbrio entre estratégias espaciais de ordenamento territorial e sistemas de drenagem.

A lixiviação ou movimentação dos caudais carreando materiais de montante para jusante, ocasionada pelas precipitações, é conduzida principalmente pelas ruas estruturais da bacia, levando em conta as leis urbanísticas. Essas vias possuem grande responsabilidade do ponto de vista sanitário ao conduzirem grande quantidade de água com sedimentos e resíduos sólidos pelas sub-bacias hidrológicas.

A criação de canais apresentou sua tônica também aproximadamente durante a gestão em Belém do DNOS. É importante observar que tal fato ocorreu, sobretudo, na Bacia da Estrada Nova e na Bacia do Tamandaré. Estas ações foram descompatibilizadas de uma clareza de

organização de drenagem da bacia. Essa visão foi introduzida, a partir do avanço no conceito de bacia hidrográfica enquanto concepção de saneamento.

Por um lado, ainda a maioria das intervenções no Brasil visam apenas à demanda imediata e locacional, sem relação com os fatores gerais da bacia. Estas intervenções se referem ao controle, tanto de obras viárias como a construção de equipamentos de drenagem. As intervenções deveriam ser realizadas na perspectiva de um controle urbanístico vinculado ao equilíbrio real da hidrologia urbana, possibilitando relacionar vários aspectos provenientes das aglomerações urbanas, sobretudo os impactos ambientais advindos.

Atualmente, identifica-se a possibilidade de uma evolução do conceito de via sanitária em Belém, o que para alguns técnicos da administração pública entrevistados na pesquisa, já se ampliou e muito, em comparação à concepção de marginal de canais. Assim, a visão de complementaridade entre acesso, desadensamento e, principalmente, o saneamento, passa a ter maior significado.

Em áreas de várzea nas quais o processo de ocupação foi desordenado, o conceito deve ser revisto. A Bacia da Estrada Nova, na sua complexidade, era área de várzea e ainda hoje apresenta a cota média da bacia com altimetria de alagamento. Ela sofreu modificações e hoje possui estrutura viária definida, entretanto, com problemas de drenagem, exatamente em função da não-compatibilidade entre os planos urbanísticos e de drenagem.

A introdução dos aspectos hidrológicos no espaço urbano (áreas de interesse ambiental) ou espaços onde existem fragilidades das condições naturais (áreas próximas de fundo de vales ou em torno de bacias principais de acumulação dos fluxos hídricos da bacia hidrográfica urbana) considera as concepções presentes em intervenções, visando organizar o sistema viário.

### **6.3 - Revendo pressupostos**

Este trabalho buscou a investigação de parâmetros de planejamento para a elaboração de projetos de drenagem das bacias hidrográficas urbanas, em consonância com o ordenamento territorial e inserido em uma definição de integração de ações de drenagem.

Dentro dessa abordagem, o estudo empírico, empreendido na Bacia da Estrada Nova, demonstrou que a condução do planejamento urbano nos bairros que a compõem privilegiou ações desarticuladas entre os parâmetros urbanísticos e as intervenções de drenagem.

A qualidade ambiental dos sistemas urbanos depende da existência de uma ligação entre o urbanístico e o ambiental. A concepção que permeou e alicerçou a pesquisa esteve voltada para

o equacionamento na gestão de cidades e, fundamentalmente, para as bacias hidrográficas urbanas e as ações de organização do espaço urbano no seu interior.

O cerne da questão é o enquadramento prático entre o fazer a cidade, com sua complexidade na administração, por vezes dicotômica entre o plano urbanístico e ações administrativas de gestão pública, além da ocupação e do controle do espaço urbano e o sistema hidrológico natural em um ambiente de chuvas intensas, como é o caso da bacia em questão.

Assim, esta pesquisa supõe a potenciação da rede de drenagem como parte de um sistema de saneamento, embora tal função seja historicamente negligenciada, devida ao desconhecimento dos gestores públicos da importância de investimentos no setor. A drenagem só foi considerada como parte do saneamento na década de 1980, quando de sua inclusão no item de saneamento básico.

As conclusões extraídas das entrevistas feitas com os projetistas e com os ex-gestores públicos demonstraram que o sistema de drenagem nos últimos 30 anos (tempo equivalente à gestão dos sujeitos entrevistados) era um aspecto secundário em relação ao sistema viário. Na Bacia da Estrada Nova, as ações de drenagem eram realizadas para complementar as ações de intervenção viária. Geralmente, construía-se a via ou a obra era iniciada e, posteriormente, tentava-se a inclusão da drenagem.

O conceito de via sanitária, funcionalmente, tem a tarefa de rearticular novos projetos de vias locais, observando sua conexão com a via urbanisticamente superior. Como exemplo, os arredores da Travessa Apinagés podem ser projetados a partir da clareza de articulação com um coletor maior. Assim, a passagem conectada a uma viela ou passagem em uma via sanitária, utiliza um conceito urbanístico vinculado ao sanitário.

A manutenção, limpeza e pequenas obras de retificação na bacia assumem aspectos estratégicos vinculando saneamento e saúde pública. Atualmente, a bacia não é vista pelo poder público como um sistema único e integrado e não relaciona a drenagem como parte de saneamento ambiental. A manutenção do poder público é precária, realizada apenas em caráter emergencial.

As vias que se enquadram no conceito poderiam sofrer revisão de norma, introduzindo novas tecnologias, sobretudo nas singularidades, poços de visitas, bocas e outras estruturas que, com o passar do tempo, apresentaram processo de desgaste e defasagem.

A pesquisa nos projetos das 15 vias demonstraram a fragmentação das ações devido a falta de integração entre os projetos. O controle da bacia visando a articulação das ações não foi identificado.

A vinculação entre o urbanístico e a drenagem não se apresenta ainda como modelo de orientação das intervenções em bacias de drenagem. Atualmente, o poder público municipal

realizou projetos de intervenção, o que já é de conhecimento público, pois o tema é de licitação publicada. A intervenção urbanística e a de drenagem são desarticuladas. O projeto só justifica a estrutura de drenagem à montante, a continuidade da intervenção, pois à jusante não é prevista e principalmente não é indicada, porque foge do assunto da licitação, ou seja, são ações pontuais sem articulação com o resto da bacia.

## Referências Bibliográficas

- ABRH. Avaliação e controle da drenagem urbana. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS. 2000.
- ACIOLY, Cláudio Jr. & DAVIDSON Forbes. Densidade Urbana: Um instrumento de planejamento e gestão urbana. Rio de Janeiro. Mauad, 1998.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA<<http://www.Cbhidrore.org.Br/baciahidro.htm>> acesso em 10 maio de 2004,14:50.
- ARAÚJO, Euirbe Castro de. Depoimento sobre conceituação de via sanitária em Belém [jan. 2004]. Entrevistador: LIMA, Henrique N. S. Belém, 2004. 2 fitas cassetes (60 min).
- AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. Manual de hidráulica. 7. ed. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1991.
- BARTH, Rubens Terra. Planos diretores em drenagem urbana: proposição de medidas para sua implementação. São Paulo: EDUSP, 1998.
- BASTOS, Gilberto Riscinho. Drenagem urbana – notas de aula. Editora Universitária/UFGA, Belém, 1999.
- BASTOS, T. X. et al. Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.
- BERTONI, Juan Carlos. Elementos de hidrometeorologia. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- BIO – Revista brasileira de saneamento e meio ambiente, nº 22, abr/jun 2002 Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Porto Alegre, 2002.
- BIDONE, Francisco. Drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- BORDALO, Carlos. Gestão ambiental em bacias hidrográficas: um estudo de caso dos mananciais do Utinga/PA. Dissertação de Mestrado. FCT/UNESP. Presidente Prudente, 1999.
- BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Águas de chuva – engenharia das águas pluviais nas cidades. 2ª edição. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1998.
- CARDOSO, Ana Cláudia. O espaço alternativo, vida e forma urbana nas baixadas de Belém. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Belém: UFPA, 2001. No prelo.
- CHOAY, F. O Urbanismo. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1979.
- CODEM. Acervo de mapas de projetos, 1977

- COHAB. 2001. Plano Diretor de Transporte Urbano da região metropolitana de Belém. PDTU.Cohab/Sedurb/Jica. Belém. Relatório final.
- CONGRESSO MUNICIPAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Anais. Belém, 2003.
- DAEE/CETESB. Drenagem urbana: Manual de projeto (por) Departamento de Águas e Energia Elétrica (e) Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2 ed. São Paulo, 1980.
- DNOS – Departamento Nacional de Obras de Saneamento. Estudos e projetos de saneamento para a cidade de Belém – Estado do Pará. Relatório preliminar. Rio de Janeiro, 1963.
- FERRARI, Célson. Curso de planejamento municipal integrado. 2 ed. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1979.
- FILHO, Cândido de Araújo. Depoimento sobre conceituação de via sanitária em Belém [abr. 2004]. Entrevistador: LIMA, Henrique N. S. Belém, 2004. 2 fitas cassetes (60 min).
- GARCEZ, Lucas Nogueira & ALVAREZ, Guillermo Acosta. Hidrologia. 2 ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1999.
- GRAZIA. de Grazia. Plano diretor: instrumento de reforma urbana. Rio de Janeiro: Fase, 1990.
- HONCY, Wadir. Depoimento sobre conceituação de via sanitária em Belém [jan. 2004]. Entrevistador: LIMA, Henrique N. S. Belém, 2004. 2 fitas cassetes (60 min).
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. Disponível em <http://ibge.gov.br> Acesso em 20 abr. 2004.
- IPEA. A dimensão urbana do desenvolvimento econômico-espacial brasileiro. Brasília, 1997.
- Jornal O Liberal. Invasões na área de expansão em Belém. O LIBERAL, Belém, 10 out. 2001. Folha Atualidades, Caderno 1, p. 8.
- LAROUSSE, Ática. Dicionário da língua portuguesa – Paris: Larousse/São Paulo: Ática, 2001.
- LEME, Francílio Paes. Engenharia do Saneamento Ambiental. Ed. LTC. Rio de Janeiro, 1984.
- LIMA, José Júlio. Ordenamento territorial e infra-estrutura urbana: desafios para a gestão de serviços públicos. In: Simpósio: Amazônia, Cidades e Geopolítica das Águas. Belém: NAEA/UFPa, 2003. p. 115-118.
- LINS, Vital. Depoimento sobre conceituação de via sanitária em Belém [jan. 2004]. Entrevistador: LIMA, Henrique N. S. Belém, 2004. 2 fitas cassetes (60 min).
- LISBOA, Flávia & MENDES, Waldinei. Ocupação urbana e degradação ambiental: A problemática do lançamento de efluentes domésticos nas bacias hidrográficas do município de Belém/PA. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Sanitária, Belém: UFPA, 2003.
- MARICATO, Ermínia. ARANTES, Otilia e VAINER, Carlos. A cidade do pensamento único. Petrópolis: Vozes, 2000.

- OLIVEIRA, Isabel Cristina Eiras de. Estatuto da cidade; para compreender... Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 2001.
- PARANAGUÁ, Patrícia. Belém sustentável. 1. ed. Belém: Imazon, 2003.
- PEREIRA, Luís Otávio. Depoimento sobre conceituação de via sanitária em Belém [maio 2004]. Entrevistador: LIMA, Henrique N. S. Belém, 2004. 2 fitas cassetes (60 min).
- PMB – Prefeitura Municipal de Belém. Plano Diretor Urbano – 1991/2010. Belém: Diário Oficial do Município, 1993.
- PMB – Prefeitura Municipal de Belém. Lei de Desenvolvimento do Município de Belém – 7401/88. Belém: Diário Oficial do Município, 1988.
- PMB – Prefeitura Municipal de Belém. Lei Complementar de Controle Urbanístico – LCCU - 1999. Belém: Diário Oficial do Município, 1999.
- PMB/Sesp. Levantamento cartográfico de 1942, com base no ano de 1975. Belém, 1975.
- PORTO, Rubens. escoamento superficial direto. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.). Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1995.
- PORTO et al. Drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E. M. & MARQUES, Davi M. L. da Motta (orgs.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- RODRIGUES, Edmilson. Aventura urbana: urbanização, trabalho e meio ambiente em Belém. Belém: NAEA/UFPA, 1996.
- SESAN – Secretaria Municipal de Saneamento. Acervo de mapas de projetos implementados na Bacia da Estrada Nova. Belém, 2004.
- SILVEIRA, André L. L. – Hidrologia urbana no Brasil in: TUCCI, Carlos E. & MARQUES, Davi da Motta. Avaliação e controle da drenagem urbana. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS. 2000.
- THADEU, Paulo. Pioram chances de emprego em Belém. O LIBERAL, Belém, 10 ago. 2003. Folha Atualidades, Caderno 1, p. 7.
- TRINDADE Jr. Saint-Clair Cordeiro da. Produção do espaço e uso do solo urbano em Belém. Belém: Naea/UFPA/Vanguarda, 1997.
- TUCCI, Carlos E. M. & MARQUES, Davi da Motta Motta (orgs.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- TUCCI, Carlos E. & MARQUES, Davi da Motta. Avaliação e controle da drenagem urbana. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS. 2000.
- TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- TUCCI et al. Drenagem urbana. Coleção ABRH de recursos hídricos. Ed. UFRGS, 1995.

- TUCCI, Carlos E. Inundações urbanas. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS. 2000.
- TUCCI, Carlos E. M. Necessidade do planejamento da drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.
- TUCCI et al. Banco de eventos de cheias de bacias urbanas brasileiras. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS. 2000.
- UFMG – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Desa. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Volume 2. Minas Gerais, 1995.
- VARGAS, Heliana Comim & RIBEIRO, Helena. Novos instrumentos de gestão urbana. EDUSP. São Paulo. 2001.
- VILLAÇA, F. Uma contribuição para a história do planejamento urbano no Brasil. In: Deák C. Schiffer, S. (org.). O processo de urbanização no Brasil. São Paulo: Edusp/Fupam, 1999.
- YOUNG, Roberto. Sistemas de drenagem de baixo custo – práticas de dimensionamento e construção. 1992.
- ZAHED, F. Kamel & Marcellini, Drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2000.

## **Anexo 1: Levantamento das condições de drenagem de vias na Bacia Estrada Nova**

### **Av. Generalíssimo Deodoro – Mundurucus/Caripunas**

A Avenida Generalíssimo Deodoro, no trecho das Ruas dos Mundurucus e Caripunas, possui comprimento de 242 m e largura de 13 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via coletora e distribuidora e estava localizada na Zona Habitacional 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Municipal nº 2, sua função foi modificada para Corredor de Comércio e Serviços – CCS e identificada na Zona de Uso Misto 7.

Do ponto de vista da hidrologia, está na sub-bacia de contribuição 01 com 167 ha, que tem o Canal da Quintino como receptor principal e lança direto, através de 03 tubos de 2,00 m de diâmetro, no Rio Guamá. Localiza-se entre as curvas de nível 3,0 a 7,0.

A montante inicia o escoamento na cota 6,70, passando para 5,07, 4,82 e 3,92 no lançamento. Recebe contribuição da Rua dos Pariquís, juntando-se ao caudal no trecho seguinte de 92 m até o canal. Topograficamente, permite o escoamento superficial, com declividade de 0,027 m/m, significando o desnível de 2,7 em cada metro e viabilizando um movimento eficaz na superfície até seu receptor, que pode ser uma boca-de-lobo ou o próprio canal.

A intervenção em projeto foi elaborada no início da década de 1980. É composto por 45 m de galerias de diâmetro de 1,00 m com declividade de 0,006m/m; 110 m de diâmetro 0,80 m sendo 60 m de declividade 0,012m/m e 50 m de 0,0095m/m. Quanto às singularidades, possui 05 poços de visita e 12 bocas-de-lobo.

### **Avenida Alcindo Cacela**

A Avenida Alcindo Cacela, no trecho entre as Passagens Umarizal e São Judas Tadeu, apresenta distância de 980 m e largura de 13 m. Urbanisticamente, em lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via arterial secundária e estava localizada na Zona Habitacional 4. Em

1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Tráfego - CT e de Comércio e Serviços – CCS e identificada na Zona Habitacional 2e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem de contribuição nº 02, com área de 16,94 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 5,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. A montante inicia o escoamento na cota 4,63, passando para 4,33; 4,19; 4,15; 4,25; 4,05; 4,25 e 4,19 no lançamento. Recebe contribuição à montante, nas cotas 7,20 e 5,72; juntando-se a várias contribuições nas seguintes passagens: Umarizal, na cota 4,68; na Parintins, na 4,05 em escoamento superficial; Mucajás e Apinagés, nas cotas 4,43 e 4,05, respectivamente, em drenagem profunda.

Por fim, o lançamento, através de 2 tubos de diâmetro 1,00 m no Canal Bernardo Sayão, na cota 4,19.

A intervenção em projeto foi elaborada no fim da década de 1990 e é composta por 151,5 m de galeria, com diâmetro de 0,60 m e declividade de 0,001m/m; 45 m de diâmetro 0,80 m, de declividade 0,0001m/m; 351,50 de dois tubos de diâmetros de 0,80 m de declividade de 0,001m/m; e 378 de dois tubos de diâmetros de 1,00 m. Quanto às singularidades, possui 19 poços de visita e 33 bocas-de-lobo.

### **Avenida José Bonifácio**

A Avenida José Bonifácio, no trecho entre as Ruas Barão de Igarapé Mirim e Av. Bernardo Sayão, apresenta comprimento de 800 m e largura de 15 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via arterial secundária e estava localizada na Zona de Uso Misto nº 1. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Tráfego - CT e identificada na Zona Habitacional 2 - e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem de contribuição nº 02, com área de 33,80 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 7,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. A montante inicia o escoamento na cota 6,97, onde recebe a contribuição da Av. Barão de Igarapé Mirim nas cotas 9,28; 8,73; 8,63; 7,68 e 7,43. A partir da cota 6,97 na Av. José

Bonifácio a montante passa para as de jusante 5,16; 4,96; 4,51; 4,61; 4,61; 3,96; 3,91 e 3,76 no lançamento.

Recebe contribuição nas seguintes passagens: Vila Ramos, nas cotas 5,27; 5,01 e 4,96; parte da Rua Paulo Cícero; parte direita de montante para jusante da Av. José Bonifácio, nas cotas 5,42; e 5,11. Lado esquerdo 5,76 e 5,51. Na Passagem Serrão apresenta cota 5,26. Passagens Santa Fé e Popular nas cotas 5,11 e 4,51 e 4,91 e 4,86, uma com drenagem superficial, a outra profunda respectivamente. Por fim, o lançamento se dá na cota 3,76.

A intervenção em projeto foi elaborada do ano de 1989 e é composta por 14 trechos de poço-a-poço de visita, numerados de 1 a 26, perfazendo 16 e 62 bocas-de-lobo. Com 784,8 m de galeria, variando nos diâmetros 1,00 a 1,20 m. Sendo distribuído 244,80 m inicialmente pelos diâmetros de 1,00 m da seguinte forma: 65 m com declividade de 0,0021 m/m. O restante, 110 m com declividade 0,0046 m/m e 73 m com declividade 0,0054 m/m. Os 540 m de galeria diâmetro de 1,20 diâmetro apresentam 2 tubos por trecho até o lançamento com declividade 0,001m/m.

### **Rua Osvaldo de Caudas Brito**

A Rua Osvaldo de Caudas Brito, no trecho entre a Travessa Honório José dos Santos e Av. Bernardo Sayão, apresenta comprimento de 784 m e largura de 9 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via local e na LCCU de 1999 foi mantida. Estava localizada na Zona Habitacional 4 – ZH 4. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua zona foi modificada para Zona de Serviços “c” ou ZH – c.

Está localizada na sub-bacia de drenagem da Osvaldo de C. Brito, com 13,80 ha de área e entre as curvas de nível 4,0 e 6,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. A montante inicia o escoamento na cota 5,72, passando para 5,47; 5,30; 5,25; 5,22 e 4,34 no lançamento.

A intervenção em projeto foi elaborada na década de 1970, e é composto por 15 m de galeria de 0,50 m, 26 m de diâmetro de 0,60 m. 245 m de galeria, com diâmetro de 0,80

m e 905 m diâmetro de 1,00 m. A partir do diâmetro 0,80 m, a declividade é de 0,002 m/m em todos os trechos. Quanto às singularidades, possui 9 poços de visita e 22 bocas-de-lobo.

### **Rua Cezário Alvim**

A Rua Cezário Alvim, no trecho entre Praça Amazonas e Av. Bernardo Sayão, apresenta distância de 734 m e largura de 10 m. Urbanisticamente, em lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via coletora/distribuidora e estava localizada na Zona Habitacional 4 – ZH 4. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para via local e identificada na fronteira da Zona Habitacional 4 e ZH 2-e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem de contribuição, com área de 17,50 ha e entre as curvas de nível 4,0 e 6,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. Está próxima do divisor de águas da bacia na Rua Veiga Cabral 146,00 m. Recebe contribuição superficial à montante nas cotas 6,14 e 5,87. A montante inicia o escoamento na cota 5,72, passando para 5,47; 5,30; 5,25; 5,22 e 4,34 no lançamento.

A intervenção em projeto é composta por 60 m de galeria, de diâmetro de 0,60 m, com declividade de 0,013 m/m, 240 m de diâmetro 0,80 m, de declividade 0,002 m/m; 385 m de diâmetro de 1,00 m de declividade de 0,002 m/m. Quanto às singularidades, possui 13 poços de visita e 37 bocas-de-lobo.

### **Rua dos Mundurucus**

A Rua dos Mundurucus, no trecho entre a Travessa 9 de Janeiro e Avenida Generalíssimo Deodoro, apresenta comprimento de 800 m e largura de 15 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via arterial secundária e estava localizada na Zona Habitacional 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Tráfego – CT e identificada na Zona Habitacional 2 - e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem, com área de 166,01 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 7,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor.

De montante/jusante Cotas de contribuições; 11,51; 10,47; 7,73; 5,91; 5,67; 5,24, 5,01; 4,89; 4,33; 4,27; 3,9 e 2,8. Curvas 2 a 12 .

Projeto dos anos de 1970 e reformado em 1991 (Sesan, 2004) 185 m Ø 1,00; i = 0,0023 m/m. 367 de 2Ø de 1,20. Declividade de 0,0015 m/m. 11 poços de visita e 27 bocas-de-lobo.

### **Rua dos Pariquis**

A Rua dos Pariquis, no trecho entre a José Bonifácio e Alcindo Cacela, apresenta distância de 800 m e largura de 15 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via coletora/distribuidora e estava localizada na ZH 4 e ZH 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Comercio e Serviços - CCS, ZUM 7 e ZH 2 - e

Está localizada na sub-bacia de drenagem com contribuição de área de 166,01 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 12, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. A montante inicia o escoamento na cota 6,97, passando para 5,16; 4,96; 4,51; 4,61; 4,61; 3,96; 3,91 e 3,76 no lançamento.

Cota montante/jusante 11,73; 10,11; 8,32; 6,18; 5,74; 5,25; 4,96; 4,28; 3,30 e 3,40. Mont/jus. 4,62; 4,22; 4,02; 3,92 e 3,40. Mont/jus. 6,14 e 5,05. Mont/jus. 5,25; 5,02 e 5,05. Curvas 3 a 12.

Projeto, trecho 1 = 890 m de Ø de 1,00; i = 0,001 e 0,003 m/m. 165 m de Ø de 0,80; i = 0,011 e 75 m de Ø de 0,60; i = 0,015 m/m. 44 bocas-de-lobo; 17 poços de visita. Trecho 2 = 190 m de Ø 0,80 m; 40 m de Ø de 0,60 m; i = 0,002 m/m todo trecho. 6 poços de visita e 14 bocas-de-lobo. Trecho 3 = 327 m de Ø de 0,80; i = 0,002 m/m. 6 poços de visita e 16 bocas-de-lobo.

## **Rua Engenheiro Fernando Guilhon**

Av. Engenheiro Fernando Guilhon, está localizada nos trechos entre as Avenidas José Bonifácio e Alcindo Cacela; Av. Generalíssimo e Trav. 14 de Março; Trav. Apinagés e Av Roberto Camelier, com cerca de 3500 m e largura variável ente 12 a 15 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características Coletora/distribuidora - ZH 4 e ZH 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para local.

Está localizada na sub-bacia de drenagem compreendida pela área de contribuição relativa ao canal de área 100,40 ha/1 km<sup>2</sup> e entre as curvas de nível 3,0 e 9,0, que tem o Canais 3 de Maio e Bernardo Sayão como receptor.

A montante inicia o escoamento nos trechos 1: 8,17; 7,44; 6,37; 4,76; 3,67. Trecho 2: 3,67; 3,82; 3,62. Trecho 3: 4,37; 3,67. Trecho 4: 4,37; 3,94. Trecho 5: 4,54; 3,94. Trecho 6: 4,54; 4,19. Trecho 7: 4,19; 3,74; 3,72. Trecho 8: 3,62; 3,93; 3,60; 3,45; 3,62. Curvas de nível 3 a 9.

A intervenção em projeto é composta da Av. A. Cacela e Dr. Moraes: 730 m de Ø de 1,00 m; i = 0,002 m/m. 1711 m de Ø de 0,60; i = 0,002 m/m. 180 m de Ø de 0,60; i = 0,01 m/m. Da Trav. D. Moraes e Av. R. Camelier: 415 m de Ø de 0,80 m; i = 0,02 m/m. 140 m Ø de 0,60 m; i = 0,003 m/m. Da Av. R. Camelier e Av. Bernardo Sayão: 180 m de Ø de 1,00; 475 m de Ø de 0,80 m. 250 m de Ø de 0,60 m. Declividade i = 0,002 m/m em todos os trechos. Possui 53 poços de visita e 117 bocas-de-lobo.

## **Travessa Padre Eutíquio**

A Trav. Padre Eutíquio, no trecho entre Rua dos Timbiras e Av. Bernardo Sayão, apresenta distância de 1.330 m e largura de 15 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via arterial secundária e estava localizada na ZH 4 e ZH 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Tráfego - CT e Corredor de Comércio e Serviços. Identificada na ZH 2 – e, ZH 7.

Está localizada na sub-bacia de drenagem com área de 29 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 6,0, que tem os Canais da Quintino e Bernardo Sayão como receptores. Recebe contribuição nos trechos 1: 5,47; 4,37; 3,94; 3,88. Trecho 2: 3,79; 3,59. Trecho 3: 3,59; 3,43 e 3,38. Trecho 4: 3,63; 3,93; 3,98; 3,99; 3,95. Trecho 5: 3,95; 4,05. Trecho 6: 3,95; 3,75 e 3,55 (canal).

O projeto foi composto de 733 m de Ø de 1,00 m; 949 m de Ø de 0,80; 621 m de Ø de 0,60. Possui 47 poços de visita e 91 bocas-de-lobo.

### **Rua dos Tamoios**

A Rua dos Tamoios, no trecho entre a Avenida Roberto Camelier e Av. Bernardo Sayão, possui comprimento de 1.034,62 m e largura de 12,40 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, apresentava características de via local e estava situado na Zona Habitacional 4 – ZH 4. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi mantida. Entretanto, em se tratando de zoneamento, foi mantida a via em Zona Habitacional, acrescentado a denominação 2-e, ficando ZH 2-e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem de contribuição na própria rua, com área de 16 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 6,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. A montante inicia o escoamento na cota 6,79, passando pela contribuição nas cotas: 5,05; 4,92; 5,12; 4,61; 4,43 e 3,50 no lançamento.

A intervenção em projeto é composta por 1.036 m de galeria, com diâmetro de 0,80 m, sendo 344 m com declividade de 0,002 m/m e 692 m de declividade 0,001 m/m; 916 m de diâmetro de 1,00 m, declividade 0,0015 m/m. Quanto às singularidades, possui 21 poços de visita e 52 bocas-d- lobo.

### **Rua dos Timbiras**

A Rua dos Timbiras, no trecho entre a Avenida Roberto Camelier e a Travessa Carlos de Carvalho, apresenta comprimento de 216,54 m e largura de 11 m em via impermeabilizada e 135 m de comprimento e 10 m largura em leito natural.

Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via local e estava localizada na Zona Habitacional 4 – ZH 4. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi mantida, porém dentro da nova concepção, que orientou a revisão, o trecho ficou identificado como Zona Habitacional 2 - e. Possui 3 cruzamentos e não existe mudança de hierarquia viária.

Está localizada na sub-bacia de drenagem do Canal do Timbiras, com área de contribuição para o canal de 0,24 km<sup>2</sup> e entre as curvas de nível 3,0 e 6,0; que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor. O trecho possui drenagem profunda, contendo 6 poços de visita e 12 bocas-de-lobo visíveis. A montante inicia o escoamento na cota 4,69, recebendo contribuição da Av. Roberto Camelier, de montante para jusante, a partir da cota 4,58 pela Avenida R. Camelier.

O escoamento segue pela Travessa Timbiras, percorrendo 196 m até a cota no eixo da via 5,49 na Travessa Honório José dos Santos. A partir desse ponto, percorre 154 m em via de leito natural até o poço de visita na cota 3,85. É lançado em seguida a 9 m de distância no Canal do Timbiras, na mesma rua.

A intervenção, bastante antiga, data da década de 1970 (Sesan, 2004) é composta por 720 m de galeria, com 2 de Ø de 1,00 m, com declividade de 0,002 m/m em todos os trechos. Quanto às singularidades, possui 6 poços de visita e 12 bocas-de-lobo.

A verificação do projeto *in loco* demonstrou a ratificação em todos os trechos quanto a 2 Ø de 1,00 m. Quanto aos poços de visita, foram propostos 7, sendo os mesmos identificados no trecho pesquisado.

Foi observado em abertura, nos dois últimos poços de visita antes do lançamento, que a declividade de 0,002 m/m foi obedecida, não existindo alagamentos, mas somente uma diferença acentuada entre as cotas 4,69 (confluência da Av. R. Camelier com a Rua dos Timbiras) e a cota 5,49 (Honório José dos Santos/Timbiras), demonstrando na observação, dificuldade de escoamento pela via a partir do ponto de cota 4,69, entretanto pela proximidade do lançamento, cerca de 200 m, mesmo não aparecendo no cadastro da Codem de 1998

### **Travessa dos Tupinambás**

A Travessa dos Tupinambás, no trecho entre as Ruas dos Tamoios e dos Pariquis, apresenta comprimento de 310 m e largura de 12,50 m.

Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via local e estava localizada na Zona Habitacional 6 – ZH 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi mantida, porém, dentro da nova concepção que orientou a revisão, o trecho ficou identificado como Zona Habitacional 2 - e. Possui três cruzamentos e não existe mudança de hierarquia viária.

Está localizada na sub-bacia de contribuição que tem a própria Travessa dos Tupinambás como captora, com área de 25 ha e entre as curvas de nível 5,0 e 8,0, que tem o Canal da Quintino como receptor. Em drenagem profunda, a montante inicia o escoamento na cota no eixo da via 6,79; na confluência com a Rua dos Tamoios e segue com intersecção das Ruas dos Mundurucus e Pariquis nas cotas respectivas 7,01 e 5,05.

Recebe contribuição dos lados direito e esquerdo da Pariquis, nas cotas 6,14 e 5,02, com lançamento em poço de visita na cota 5,05. Esse caudal é lançando a 900 m, desse ponto no Canal Quintino, na cota 4,09.

A intervenção em projeto foi elaborada no início da década de 1980 (Sesan, 2004) e é composta por 44 m de galeria, com diâmetro de 0,60 m; 286 m de diâmetro de 0,80 m. A declividade em todos os trechos é 0,006 m/m. Quanto às singularidades, possui 8 poços de visita e 16 bocas-de-lobo.

### **Travessa Apinagés**

A Travessa Apinagés, no trecho entre a Avenida Alcindo Cacela e Travessa Quintino Bocaiúva, apresenta comprimento de 1.011 m e largura de 13 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via arterial secundária e estava localizada na Zona habitacional 4. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações,

sua função foi modificada para Corredor de Tráfego - CT e identificada na Zona Habitacional 2 - e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem da Travessa Apinagés, com área de 20,50 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 7,0, que tem o Canal Quintino como receptor. Recebe contribuição nas cotas de montante para jusante: 4,19; 4,09; 3,93; 3,54 até o lançamento no Quintino, e da cota 4,19 até o outro lançamento, na cota 4,05 na Av. Alcindo Cacela.

A intervenção em projeto é composta por 190 m de galeria, com diâmetro de 0,60 m, 550 m de diâmetro 0,80 m, 510 m de diâmetro de 1,00 , declividade 0,002 m/m em todos os trechos. Quanto às singularidades, possui 19 poços de visita e 48 bocas-de-lobo.

### **Avenida Roberto Camelier**

A Avenida Roberto Camelier, no trecho entre Av. Conselheiro Furtado e Av. Bernardo Sayão, apresenta distância de 2280m e largura de 15 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via arterial secundária e coletora/distribuidora e estava localizada nas Zonas Habitacional 4 e 6. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Tráfego - CT e identificada na Zona Habitacional 2 - e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem de contribuição com área de 11,60 ha/1,16 km<sup>2</sup> e entre as curvas de nível 3,0 e 6,0, que tem os Canais da Quintino e da Bernardo Sayão como receptores. De montante/jusante contribuição nos trechos: Trecho 1: 5,15; trecho 2: 5,65; 5,30; trecho 3: 5,30; 5,25; 4,85; 4,58; trecho 4: 4,69; 4,19; 3,84; 3,34; 3,58; 3,43; trecho 5: 4,10; 4,08; 3,68; 3,53; 3,43; trecho 6: 4,09; 4,11; 4,20; 3,99; 3,75; 3,50; 3,65; 3,60. A Av. Roberto Camelier apresenta curvas de nível 3 a 6.

No projeto proposto, na década de 1979, consta 1.888 m de Ø de 1,00 m; 635 m de Ø de 0,80; 74 m de Ø de 0,60. 220 m de Ø de 0,50 m. Possui 46 poços de visita e 104 bocas-de-lobo.

## **Rua Augusto Corrêa**

A Rua Augusto Corrêa, no trecho entre as Ruas Barão de Igarapé Mirim e Av. Bernardo Sayão, apresentam comprimento de 939 m e largura de 20 m. Urbanisticamente, em Lei Complementar de Controle Urbanístico de 1988, esse trecho de via apresentava características de via coletora/distribuidora e estava localizada na Zona Habitacional 4 de. Em 1999, com a LCCU reeditada pela Lei Complementar nº 2 e alterações, sua função foi modificada para Corredor de Tráfego - CT e identificada na Zona Habitacional 2 - e.

Está localizada na sub-bacia de drenagem de contribuição na Rua Augusto Côrrea, com área de 9,0 ha e entre as curvas de nível 3,0 e 7,0, que tem o Canal da Bernardo Sayão como receptor.

Recebe contribuição da Rua Barão de Igarapé Mirim cota 7,78 e seguintes Passagens: 3 de Outubro: 4,62; Presidente Vargas: 4,18 e 26 de Junho: 3,56 e a Rua Epitácio Pessoa. Por fim, o lançamento na cota é de 3,11.

A intervenção da década de 1980 (Sesan, 2004) é composta por 160 m de galeria, com Ø de 0,50 m declividade de 0,02 m/m, 785 m de Ø de 0,80 m, com declividade 0,002 e 0,003 m/m e 666 m de tubos de Ø de 1,00 m com declividade de 0,002 m/m. Quanto às singularidades, possui 19 poços de visita e 41 bocas-de-lobo.

## **Anexo 2: Modelo do questionário aplicado entre os ex-gestores e projetistas sobre a Bacia da Estrada**

1. Como resoluções acerca do sistema viário influenciam a implantação dos sistemas de drenagem e esgotamento sanitário?
2. Quais as experiências existentes? Por iniciativa do poder público?
3. Quais as ações de planejamento urbano visando alterar a dinâmica espontânea de ocupação nas áreas objeto de intervenção?
4. Quais os critérios utilizados para a efetivação dos aterros em quintais? Em que momento de intervenção sanitária ocorrem?
5. Como se dá e se dava o processo de definição do percurso das obras e quais os índices urbanísticos considerados?
6. Como é a interface entre a tomada de decisão sobre o objeto de drenagem e para trato com indenizações? Você teve participação, em algum momento, de ações na sub-bacia da Estrada Nova?
7. O que você entende por via sanitária?