



Prefeitura Municipal de Santa Cruz das Palmeiras

Estado de São Paulo



LEI Nº 2.181

(Projeto de Lei nº 34/2015, de autoria do Poder Executivo Municipal)

"Aprova o Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de Santa Cruz das Palmeiras".

A Câmara Municipal de Santa Cruz das Palmeiras aprova e a Prefeita Municipal promulga a seguinte lei:

Art. 1º. Fica aprovado o Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de Santa Cruz das Palmeiras, nos termos do Anexo I que integra a presente.

Art. 2º. O Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de Santa Cruz das Palmeiras tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana, visando evitar perdas econômicas, melhoria das condições de saúde e meio ambiente da cidade dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos.

Art. 3º. O Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de Santa Cruz das Palmeiras tem como metas:

I – Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana e a compatibilização desse desenvolvimento com a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;

II – Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco;

III – Estabelecer uma convivência harmônica da população com os corpos d'água, utilizando como instrumento o controle da expansão da mancha de ocupação urbana e do tipo de uso e ocupação mais adequado na bacia.

Art. 4º. As despesas decorrentes da presente lei correrão por conta das dotações próprias do orçamento vigente, suplementadas, se necessário.

Art. 5º. Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação.

Santa Cruz das Palmeiras, 23 de novembro de 2015.


Rita de Cássia Peres Teixeira Zanata
Prefeita Municipal

Publicado no quadro de editais da Prefeitura e no jornal A Folha de Santa Cruz das Palmeiras em 28/11/2015.


Francisco Bueno
Chefe de Gabinete



Prefeitura Municipal de Santa Cruz das Palmeiras

Estado de São Paulo



FIPAI Fundação para o Incremento da
Pesquisa e do Aperfeiçoamento Industrial

Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

Santa Cruz das Palmeiras - SP

**Santa Cruz das Palmeiras
2015**



Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas
Prefeitura Municipal de Santa Cruz das Palmeiras.

Responsáveis: Prof. Titular José Leomar Fernandes Júnior

Prof. Associado Valdir Schalch

Doutoranda Amanda Borges Ribeiro



Sumário

1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO	5
1.1	Histórico	5
1.2	Localização.....	5
1.3	Aspectos socioeconômicos.....	6
1.3.1	Infraestrutura urbana.....	6
1.3.1.3	Economia.....	7
1.3.1.4	Geografia	7
1.3.2	Principais bairros	8
1.3.2.1	Clima	9
1.3.3	Demografia	10
1.3.4	Hidrografia.....	11
2	DADOS E CARACTERÍSTICAS DA UGRHI 09	13
2.1	Localização.....	13
2.2	Aspectos físico-territoriais.....	14
2.2.1	Morfologia.....	14
2.2.1.1	Clima	14
2.2.1.2	Uso e ocupação do solo	15
2.3	Padrões de urbanização	16
2.3.1	Índice de atendimento do saneamento básico.....	16
2.4	Recursos hídricos.....	18
2.4.1	Mananciais de interesse regional.....	18
2.4.2	Águas subterrâneas	19
2.4.3	Enquadramento dos corpos d'água.....	19
2.4.4	Disponibilidade hídrica.....	20
3	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	21
3.1	Sistema de drenagem urbana existente	21
3.1.1	Microdrenagem.....	21
3.1.2	Macrodrenagem	22
4	ESTUDO DE DEMANDAS E CONTRIBUIÇÕES	24
4.1	Sistema de abastecimento de água.....	24
4.1.1	Áreas do município sujeitas ao abastecimento público	24



4.1.2	Cota <i>per capita</i> de água	24
4.1.3	Coefficientes de majoração de vazão	25
4.1.4	Metas de atendimento	25
4.1.5	Metas para redução de perdas	26
4.1.5.1	Estimativa das demandas	27
4.1.5.2	Estimativa da redução de perdas por ligação	29
4.2	Drenagem urbana e manejo de águas pluviais	31
4.2.1	Resultados da simulação hidrológica	36
4.3	Sistema de drenagem pluvial urbana	37
4.3.1	Interpretação dos resultados	37
5	BASES LEGAIS E NORMATIVAS	41
5.1	Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007	41
5.1.1	Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)	42
5.1.2	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	43
5.1.3	Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas	44
6	RECOMENDAÇÕES FINAIS	45
6.1	Cadastro Topográfico	45
6.2	Estudos Hidrológicos	45
6.2.1	Parâmetros Físicos da Bacia	45
6.3	Estudos Hidráulicos	46
	REFERÊNCIAS	47
	ANEXO	48



1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

1.1 Histórico

O município de Santa Cruz das Palmeiras tem sua origem no povoamento iniciado em 1870. De acordo com crônica local, em 1876, Manuel Valério do Sacramento contruiu uma pequena capela em sua fazenda, em louvor a Santa Cruz. O vilarejo que se formou ao redor dela foi chamado de Santa Cruz dos Valérios. Após a doação de terras de outra fazenda, de nome “Palmeiras” pela Condessa Maria Eugênia Monteiro de Barros, passou a ser chamado de Santa Cruz das Palmeiras.

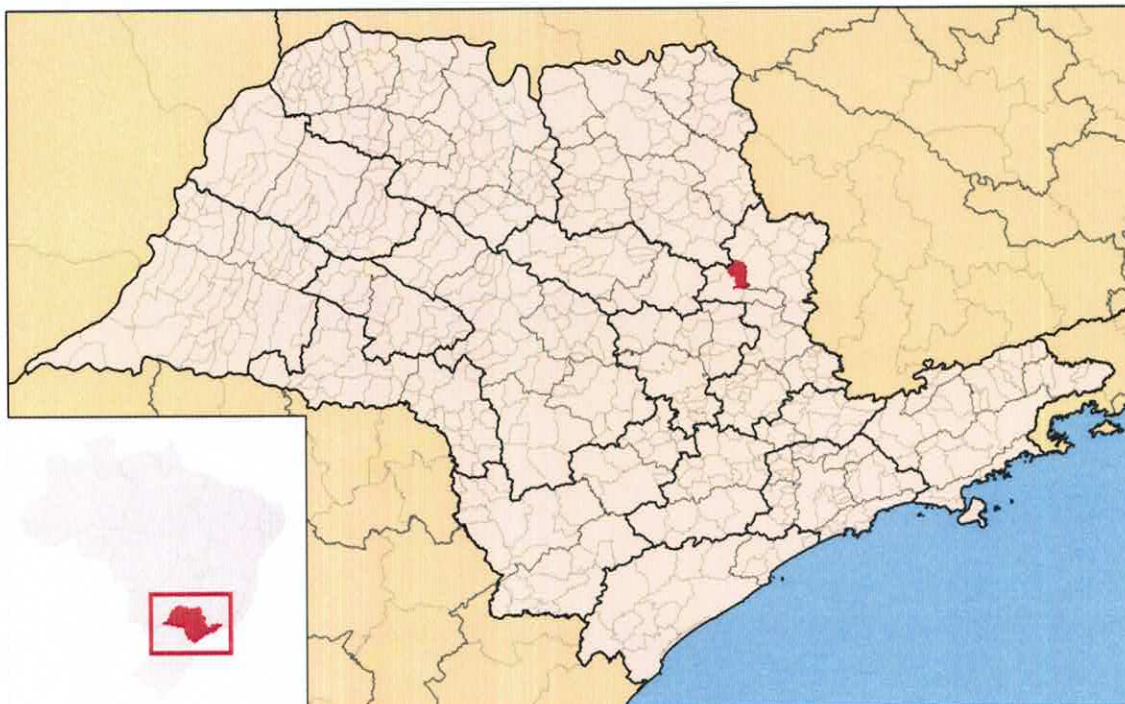
A vila foi elevada a freguesia do município de Casa Branca em 1881, desmembrando-se dele no mesmo ano. Em 1885, foi elevada a categoria de cidade.

O rápido crescimento do povoado nessa época se deve principalmente ao seu solo formado por terras roxas, que permitiram o desenvolvimento de cafezais. Santa Cruz das Palmeiras se destacou como um dos maiores produtores de café do Oeste Paulista. Entretanto, sucessivas crises cafeeiras a partir de 1905 retraíram a economia da municipalidade e a população parou de crescer. As atividades agrícolas foram novamente incentivadas mais tarde, após a instalação de usinas açucareiras em Pirassununga, cidade vizinha. Foi a vez de produtos como a cana-de-açúcar e também o algodão e laranja.

1.2 Localização

Santa Cruz das Palmeiras é um município do interior de São Paulo, localizado na Bacia do Rio Mogi Guaçu, a nordeste do estado, a 30 Km da Rodovia Anhanguera e a 250 Km da capital. Situa-se nas coordenadas geográficas 21° 49' 36” de latitude Sul e 47° 15' 03” de longitude Oeste. O município se estende por 295 Km² e sua altitude é de 644 metros acima do nível do mar.

Figura 1 - O município de Santa Cruz das Palmeiras no estado de São Paulo



1.3 Aspectos socioeconômicos

1.3.1 Infraestrutura urbana

1.3.1.1 IDH-M

O Índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDH-M) de Santa Cruz das Palmeiras é 0,728.

1.3.1.1.1 Saúde

Santa Cruz das Palmeiras dispõe de 17 estabelecimentos de saúde, sendo 8 públicos municipais e 9 privados. Dos estabelecimentos privados, 3 atendem também o SUS. Os casos mais graves são encaminhados para grandes centros hospitalares em Ribeirão Preto, Campinas, São Paulo, São João da Boa Vista, Bauri e Barretos.

A mortalidade infantil até 1 ano de idade no município é de 466,2 por 100 mil crianças. A esperança de vida ao nascer é de 73,71 anos. O IDH-M Longevidade é de 0,805.



1.3.1.1.2 Educação

O município conta com 6 estabelecimentos de ensino pré-escolar (3 municipais e 3 privados). O ensino fundamental, por sua vez, é oferecido em 11 estabelecimentos (4 municipais, 4 estaduais e 3 privados). Dos 6 estabelecimentos que oferecem ensino médio, 3 são públicos e 3 são privados.

A taxa de analfabetismo na população de 15 anos ou mais é de 8,14%, superior aos índices da Região de Governo e do estado de São Paulo. O IDH-M Educação é de 0,635.

1.3.1.2 Transporte

Quanto ao transporte rodoviário, as empresas de ônibus que servem ao município de Santa Cruz das Palmeiras são Rápido d'Oeste e Danúbio Azul. A cidade possui um terminal rodoviário.

1.3.1.3 Economia

O valor do PIB per capita em Santa Cruz das Palmeiras em 2010 foi de R\$10.326,39 por hab/ano, inferior aos valores da Região de Governo e do Estado (R\$17.836,95 e R\$30.264,06 respectivamente). O PIB do município representa apenas 0,02% do PIB do estado de São Paulo.

Contribuem para este valor principalmente o setor de serviços, seguido da agropecuária e depois da indústria.

1.3.1.4 Geografia

O município possui uma área total de 295,337 Km², dos quais 7,856 Km² são área urbana. Existem 2.760 ha de Mata Atlântica e 186 ha de Reflorestamento. Sua topografia é plana com suaves ondulações e amplos vales pluviais e solo tipo latossolo roxo.

Santa Cruz das Palmeiras pertence, juntamente com outros 89 municípios, à Região Administrativa de Campinas. Também faz parte da Região de Governo de São João da Boa Vista. Faz divisa com os municípios de Tambaú, Santa Rita do Passa Quatro, Casa Branca ao Norte, Pirassununga, Aguaiá ao Sul, Casa Branca a Leste e Porto Ferreira a Oeste.



1.3.2 Principais bairros

Os principais bairros de Santa Cruz das Palmeiras são:

- Centro
- Jardim São Carlos
- Jardim Arlindo Ramos
- Jardim Centenário
- Jardim Santa Lúcia
- Padre Anchieta
- Pedro Duarte
- Maria Moura
- Jardim Santa Cecília
- Vila Guilherme
- Ettore Marquezelli
- Orlando Belomi
- Duílio Posse
- Olga Calegari Bento
- Jardim Bela Vista
- Jardim Santa Luzia
- Jardim Pedro Ometto
- Vila Penteado
- Cidade Alta
- Jardim das Palmeiras
- Vila Bortoni
- Jardim Kennedy
- Santa Teresinha
- Parte do Centro
- Jardim Brasil
- Vila Bento Altarajo
- Vila Meira
- Vila Santa Cruz
- Vila Andrade
- Vila Santa Tereza



- Chácara Maria Tereza
- Jardim Arlindo de Oliveira
- Vila Bonati
- Vila Prudente
- Vila Vertente

1.3.2.1 Clima

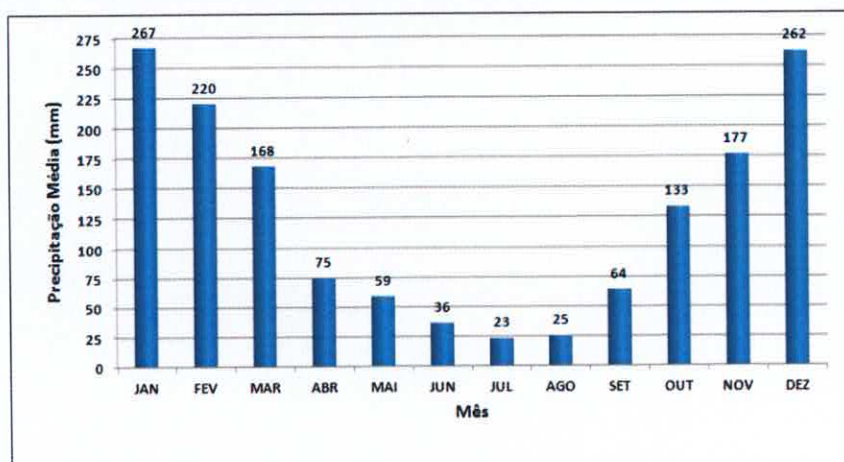
O clima no município de Santa Cruz das Palmeiras é tropical. A temperatura média anual é de cerca de 21,8°C, sendo a mínima igual a 10,9°C e a máxima igual a 28,3°C.

Quadro 1 - Temperaturas e Pluviometria de Santa Cruz das Palmeiras

MÊS	TEMPERATURA DO AR(°C)			CHUVA (mm)
	Mínima média	Máxima média	Média	
JAN	18.6	29.8	24.2	265.4
FEV	18.8	29.9	24.3	217.0
MAR	18.1	29.6	23.8	168.1
ABR	15.5	28.2	21.9	75.8
MAI	12.8	26.4	19.6	58.8
JUN	11.5	25.3	18.4	36.3
JUL	10.9	25.6	18.3	23.1
AGO	12.4	27.9	20.1	25.3
SET	14.4	29.0	21.7	64.3
OUT	16.1	29.3	22.7	134.8
NOV	16.9	29.5	23.2	175.0
DEZ	18.0	29.3	23.6	261.5
Ano	15.3	28.3	21.8	1505.4
Min	10.9	25.3	18.3	23.1
Max	18.8	29.9	24.3	265.4



Figura 1 - Precipitação Média Mensal no Período de 1936 a 2000, Estação C4-029



1.3.3 Demografia

Em 2010, Santa Cruz das Palmeiras teve seu número de habitantes contado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em 29.932 pessoas, sendo que a população estimada para 2014 foi de 32.384 pessoas. Assim, a densidade demográfica é de 101,35 habitantes por quilômetro quadrado, superior à densidade demográfica da sua Região de Governo (76,56 hab/Km²) e inferior à do estado de São Paulo (168,96 hab/Km²).

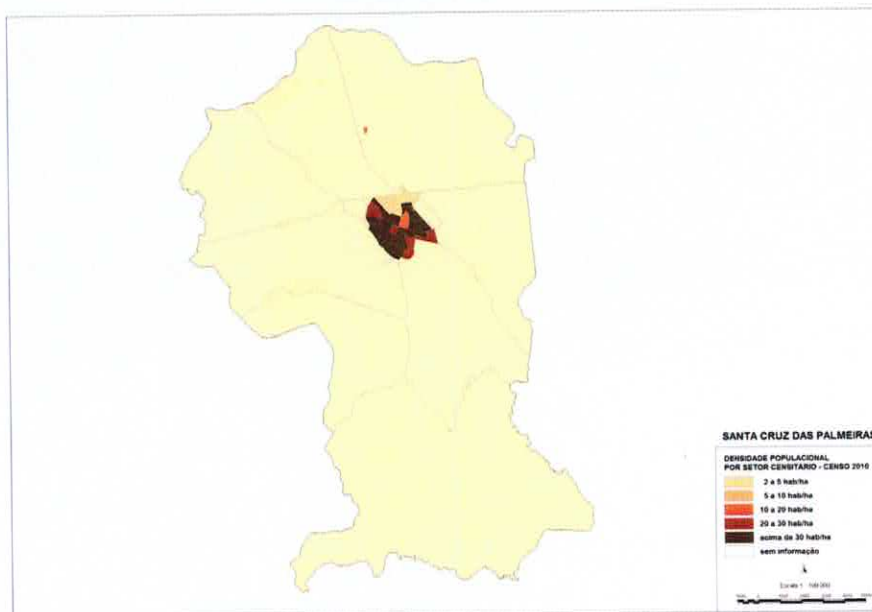
A taxa geométrica de crescimento anual da população de Santa Cruz das Palmeiras foi de 1,31% ao ano (de 2000 a 2010), superior às médias da Região de Governo e do Estado (0,38% e 0,87% respectivamente).

A taxa de urbanização é de 96,89%, também superior aos índices da Região de Governo e do Estado (88,81% e 95,94% respectivamente).

Quadro 2 - Crescimento Populacional de Santa Cruz das Palmeiras - Prefeitura Municipal

Ano	Urbana	Rural	Total
1920	-	-	12.784
1930	-	-	Não houve contagem
1940	2.743	5.624	8.367
1950	3.087	5.468	8.555
1960	5.216	5.224	10.440
1970	8.565	4.435	13.000
1980	12.831	3.254	16.085
1991	19.352	2.463	21.819
1996	22.311	1.635	23.946
2000	24.029	1.527	25.556
2010	29.001	931	29.932

Figura 3 - Densidades residenciais por setores censitários do município de Santa Cruz das Palmeiras – CENSO 2010



1.3.4 Hidrografia

Santa Cruz das Palmeiras está inserida na Sub-Bacia do Jaguari Mirim, integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos Mogi Guaçu – UGRHI 9. O principal córrego da cidade é o Córrego Pessegueiro, de pequeno porte, com águas agitadas e aparência turva. Além dele, o Ribeirão das Tabaranas e o Ribeirão Feio contribuem para o abastecimento do município.

Também são rios, ribeirões e córregos que cortam o município:

- Córrego Santa Clara
- Ribeirão das Pedras
- Ribeirão Quebra Cuia
- Ribeirão das Tabaranas
- Córrego Tabaraninha
- Córrego Fazenda Dominginhos
- Ribeirão Feio ou da Prata
- Córrego das Lavrinhas
- Córrego Barreirinho
- Córrego São Joaquim



- Ribeirão dos Cocais
- Córrego Lourenção
- Córregos das Ortizes

2 DADOS E CARACTERÍSTICAS DA UGRHI 09

Os itens a seguir foram baseados no relatório do CONSÓRCIO ENGECORPS MAUBERTEC.

2.1 Localização

A UGRHI 9 está localizada na região nordeste do Estado de São Paulo e apresenta limites com as UGRHIs: 05-Piracicaba/Capivari/Jundiaí; 16-Tietê/Batalha; 15-Turvo/Grande; 12-Baixo Pardo/Grande; e 4-Pardo, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Localização da UGRHI 9 no Estado de São Paulo



A UGRHI 9 abrange a área geográfica de 59 municípios, dos quais 27 têm sua área totalmente contida na bacia, 10 têm toda sua área urbana localizada na UGRHI, 4 municípios têm parte da área urbana contida na bacia e 18 municípios têm apenas parte de sua área rural localizada na área de estudo. Destes, 41 municípios totalmente ou parcialmente contidos dentro dos limites da UGRHI 9 serão contemplados neste estudo, sendo estes: Aguai, Águas



da Prata, Águas de Lindóia, Américo Brasiliense, Araras, Barrinha, Conchal, Cravinhos, Descalvado, Dumont, Engenheiro Coelho, Espírito Santo do Pinhal, Estiva Gerbi, Guariba, Guataporá, Itapira, Jaboticabal, Leme, Lindóia, Luiz Antônio, Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Monte Alto, Motuca, Pirassununga, Pitangueiras, Pontal, Porto Ferreira, Pradópolis, Rincão, Santa Cruz da Conceição, Santa Cruz das Palmeiras, Santa Lúcia, Santa Rita do Passa Quatro, Santo Antônio do Jardim, São João da Boa Vista, Serra Negra, Sertãozinho, Socorro, Taquaral e Vargem Grande do Sul.

2.2 Aspectos físico-territoriais

2.2.1 Morfologia

2.2.1.1 Clima

Segundo a classificação de Köppen, a UGRHI 9 apresenta dois tipos climáticos: Cwa e 350 Aw. O primeiro é mesotérmico (subtropical e temperado), com verões quentes e chuvosos, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, e o segundo é caracterizado por clima quente com chuvas de verão e inverno seco, tendo o mês mais frio temperatura média superior a 18°C.

Os municípios de Aguai, Águas da Prata, Águas de Lindóia, Américo Brasiliense, Araras, Cravinhos, Descalvados, Espírito Santo do Pinhal, Itapira, Lindóia, Mogi Guaçu, Mogi Mirim, Pirassununga, Santa Cruz da Conceição, Santa Lúcia, Santa Rita do Passa Quatro, Santo Antônio do Jardim, São João da Boa Vista, Serra Negra, Socorro e Vargem Grande do Sul possuem o clima Cwa. Os demais municípios da bacia possuem clima classificado em Aw.

Conforme série histórica de 10 anos da CETESB (2008), estima-se que as precipitações médias anuais na UGRHI 9 são em torno de 1.300 mm/ano.

A UGRHI 9 é composta pela bacia do rio Mogi Guaçu e seus afluentes, sendo os principais pela margem direita: os rios Onça, Itupeva, Claro e Jaguari-Mirim; e pela margem esquerda: os rios Eleutério, do Peixe, do Roque, Bonito, Araras e Mogi Mirim.

A UGRHI 9 possui área total de 15.004 km² e está dividida em cinco sub-bacias:

- Sub-bacia Alto Mogi;
- Sub-bacia Peixe;
- Sub-bacia Jaguarí Mirim;
- Sub-bacia Médio Mogi (antigo Médio Mogi Superior);
- Sub-bacia Baixo Mogi (antigo Médio Mogi Inferior).

Figura 5 - Configuração da UGRHI 9 e sub-bacias



2.2.1.2 Uso e ocupação do solo

Conforme ressalta o Plano de Bacia (CBH-MOGI, 2008), a grande maioria da área da bacia do rio Mogi Guaçu é ocupada com agricultura, destacando-se em ordem decrescente as sub-bacias do Baixo Mogi, Médio Mogi e Alto Mogi, cujas porcentagens de uso do solo são 86%, 64% e 63% respectivamente. Nessas áreas predomina-se a cultura de cana-de-açúcar.

Já a sub-bacia do Peixe tem como predomínio de uso do solo a pastagem (53% da área da sub-bacia), que ocorre em toda a parte leste da bacia. Na UGRHI 9 também se



encontram manchas de silvicultura, que estão associadas às indústrias de papel e celulose localizadas nos municípios de Mogi Guaçu e Luiz Antônio.

O Quadro 3 apresenta a distribuição do uso do solo na bacia do rio Mogi Guaçu nas sub-bacias Alto Mogi, Peixe, Jaguari Mirim, Médio Mogi e Baixo Mogi.

Quadro 3 - Distribuição do uso do solo na UGRHI 9

Tipo de Uso do Solo	Distribuição dos usos do solo em porcentagem				
	Alto Mogi	Peixe	Jaguari Mirim	Médio Mogi	Baixo Mogi
Agrícola	62,78	14,44	51,82	63,90	86,02
Cobertura nativa	15,30	25,05	19,36	20,27	10,18
Silvicultura	5,39	1,12	3,04	9,23	0,45
Pastagem	10,93	53,27	22,36	3,98	0,49
Urbanizada	4,10	3,63	2,09	1,84	2,12
Outros	1,50	2,49	2,34	0,78	0,74

2.3 Padrões de urbanização

2.3.1 Índice de atendimento do saneamento básico

As informações foram obtidas do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 9 – Ano Base 2011 (CBH-MOGI, 2013) para o abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos.

Abastecimento de água:

- Número de municípios que apresentam índice de atendimento de água Bom em 2010: 22.
- Síntese da situação: este indicador é importante visto que a meta do CBH-Mogi, em seu Plano de Bacia, é o atendimento de 100% da população urbana com abastecimento público de água.
- Orientações para gestão: o grande problema para atingir 100% de abastecimento da população é o crescimento de novos bairros e distritos, mas a revisão do Plano de Bacia deve insistir na meta, buscando a universalização do atendimento.

Esgotamento sanitário:

- Proporção de efluente doméstico coletado em relação ao efluente doméstico total gerado em 2011: 94,0%.



- Proporção de efluente doméstico tratado em relação ao efluente doméstico total gerado em 2011: 50,0%.

- Proporção de redução da carga orgânica poluidora doméstica em 2011: 41,0%.

- Carga orgânica poluidora doméstica remanescente em 2011: 43.909 kg DBO/dia.

- Síntese da situação: a coleta de efluente doméstico na região permaneceu estável e é classificada como Bom (acima de 90%) nos últimos anos, apesar do aumento populacional. Quanto ao indicador de proporção de efluente doméstico tratado em relação ao efluente total gerado houve uma melhoria constante ao longo dos anos o que fez com que atingisse a categoria de Regular (de 50 a 90%). A redução da carga orgânica poluidora doméstica e da carga poluidora voltou a melhorar em 2011. Esse fato trouxe grande preocupação no CBH-MOGI, considerando que os problemas com o esgotamento sanitário são aqueles apontados como os mais críticos da região e motivo de grandes esforços dos municípios para minimização dos seus impactos.

- Orientações para gestão: o monitoramento da operação das Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) pelo órgão ambiental é fundamental para a melhoria do indicador. O esgotamento sanitário de forma adequada é a meta de maior importância a ser continuamente buscada pelos planos municipais de saneamento.

Manejo de resíduos sólidos:

- Resíduo sólido domiciliar gerado em 2011: 583 t/dia.

- Resíduo sólido domiciliar disposto em aterro enquadrado como Adequado em 2011: 64%.

- Número de municípios que dispõem resíduos em aterros com IQR (Índice de Qualidade de Aterros) Adequado em 2011: 28.

- Síntese da situação: atualmente, segundo o Inventário de Resíduos Sólidos da CETESB (2011), 28 municípios apresentaram situação “adequada”, enquanto 9 apresentaram situação “controlada” e apenas 1 apresentou situação “inadequada” (Estiva Gerbi). Com isto, 64% do resíduo total gerado pela UGRHI 9 (583 t/dia) está sendo destinado adequadamente, seguido de 35% acondicionado de forma controlada, restando 1% sendo destinado de forma inadequada.

- Orientações para gestão: na UGRHI 9 a situação vem melhorando, todavia é preciso investimentos em fechamentos de lixões e encerramento de aterros sanitários por esgotamento de sua vida útil. Além de investimentos em ações de coleta seletiva, reciclagem e



compostagem e logística reversa de que trata a Lei Federal nº 12.305, de 02/08/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A melhoria se deve a ações do governo estadual no controle e fiscalização realizado pela CETESB e ações proativas do programa Município Verde e Azul.

2.4 Recursos hídricos

2.4.1 Mananciais de interesse regional

Segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 9 – Ano Base 2011 (CBH-MOGI, 2013) os mananciais de interesse regional atuais e futuros localizados na UGRHI 9 são:

- Ribeirão das Anhumas (Estiva Gerbi, Mogi Guaçu e Espírito Santo do Pinhal);
- Rio da Itupeva (Espírito Santo do Pinhal, São João da Boa Vista e Aguai);
- Córrego Rico (Guariba e Jaboticabal);
- Córrego da Forquilha (Araras e Conchal);
- Córrego Monte Verde (Santa Lúcia e Américo Brasiliense);
- Ribeirão Santa Rosa (Descalvado, Porto Ferreira e Pirassununga);
- Ribeirão Areia Branca (Porto Ferreira e Descalvado);
- Córrego Jaboticabal (Águas de Lindóia e Socorro);
- Ribeirão do Meio (Leme e Araras);
- Ribeirão do Pinhal (Engenheiro Coelho, Conchal, Mogi Mirim e Araras);
- Ribeirão do Roque (Pirassununga, Santa Cruz da Conceição, Leme e Araras);
- Ribeirão da Penha (Serra Negra e Itapira).

Já os mananciais de grande porte localizados na UGRHI 9 são:

- Rio Mogi Guaçu - 28 municípios;
- Rio Jaguari-Mirim (Águas da Prata, Santo Antônio do Jardim, São João da Boa Vista e Vargem Grande do Sul);
- Rio do Peixe (Socorro, Serra Negra, Águas de Lindóia, Lindóia e Itapira).



2.4.2 Águas subterrâneas

Conforme apresentado no Plano de Bacia da UGRHI 9 (CBH-MOGI, 2008), a porcentagem da área de afloramento dos aquíferos principais na bacia está apresentada no Quadro 4.

Quadro 4 - Área de afloramento dos aquíferos na UGRHI 9

Sistema Aquífero	Hidráulica	Tipo Dominante	Área (%)	Vazão (m ³ /s)
Pré-Cambriano	Fissural/Mista	Livre	15,42	3 a 23
Serra Geral	Fissural	Livre	22,86	7 a 100
Serra Geral (intrusivas)	Fissural	Livre	7,39	1 a 12
Tubarão	Granular	Livre	19,76	0 a 20
Guarani	Granular	Livre, Confinado	19,87	20 a 80
Bauru	Granular	Livre	8,00	0 a 20
Passa Dois	-	-	6,71	-

Segundo o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 9 – Ano Base 2011 (CBH-MOGI, 2013), os principais aquíferos localizados na UGRHI 9 são: Pré-Cambriano, Serra geral, Tubarão, Guarani e Bauru.

2.4.3 Enquadramento dos corpos d'água

Os mananciais superficiais apresentados são enquadrados, segundo a Resolução CONAMA 430/2011 e constantes no Plano de Bacia da UGRHI 9 (CBH-MOGI, 2008), conforme apresentado a seguir:

- Classe 2: Rio da Itupeva, Ribeirão Anhumas (parcial), Córrego da Forquilha, Córrego Monte Verde, Ribeirão Santa Rosa, Ribeirão Areia Branca, Ribeirão do Pinhal, Ribeirão do Roque, Ribeirão da Penha, Rio Mogi Guaçu, Rio Jaguari-Mirim e Rio do Peixe;
- Classe 3: Córrego Rico e Ribeirão do Meio, Ribeirão Anhumas (parcial);
- Classe 4: Córrego Jaboticabal.



2.4.4 Disponibilidade hídrica

Segundo informações do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 9 – Ano Base 2011 (CBH-MOGI, 2013) a disponibilidade hídrica superficial na bacia corresponde aos seguintes valores apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Disponibilidade hídrica superficial na UGRHI 9

Vazão média (Q _{médio})	Vazão mínima (Q _{7,10})	Vazão com 95% de permanência (Q _{95%})	Balando hídrico (% demanda/disponibilidade)
199 m ³ /s	48 m ³ /s	72 m ³ /s	33,4%

Já para a disponibilidade hídrica subterrânea, os valores estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Disponibilidade hídrica subterrânea na UGRHI 9

Reserva explotável	Balando hídrico (% demanda/disponibilidade)
24 m ³ /s	12,4%



3 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Os itens a seguir foram baseados no relatório do CONSÓRCIO ENGECORPS MAUBERTEC.

As principais características da sub-bacia do Jaguari Mirim são: alta suscetibilidade a processos erosivos, pontos dispersos de cobertura vegetal nativa e secundária localizadas principalmente na porção leste da sub-bacia e economia baseada em atividades agrícolas e pastoris. O sistema de drenagem natural do município é composto, principalmente, pelo Córrego do Pessegueiro e Ribeirão Feio.

3.1 Sistema de drenagem urbana existente

3.1.1 Microdrenagem

O sistema de microdrenagem urbana capta as águas escoadas superficialmente e as encaminha até o sistema de macrodrenagem através das seguintes estruturas: meio-fio ou guia, sarjeta, boca-de-lobo, poço de visita, galeria de água pluvial, tubo de ligação, conduto forçado e estação de bombeamento (quando necessário).

O município dispõe de estruturas de drenagem na área urbana. Porém, o levantamento em planta da rede de drenagem e demais informações técnicas relativas ao número de estruturas, dimensões como extensão da rede, diâmetro das galerias, número de bocas-de-lobo, localização dos poços de visita etc., não está cadastrado ou disponível para consulta. Também não há informação sobre a manutenção e limpeza periódica do sistema de microdrenagem.

Entretanto, a rede de galerias pluviais abrange aproximadamente toda a área urbana do município, com exceção a loteamentos recentes ou projetados. Adicionalmente, durante a visita técnica, as principais estruturas coletoras de águas pluviais foram indicadas em planta.

A incapacidade de um sistema de microdrenagem fica evidenciada pela ocorrência de pontos de alagamento durante chuvas intensas, potencializados pelo aumento do escoamento superficial direto. Os pontos de alagamento no Município são:

- Jardim Centenário;
- Rua Dr. Mello;



- Vila Bortone, ao redor das ruas Campos Salles e Treze de Maio;
- Rua Moacir Mazzotti;
- Rua João Feltrin e arredores, na Vila Penteado.

3.1.2 Macrodrenagem

A macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural, ou seja, constituída pelos córregos, riachos e rios que se localizam nos talwegues e vales. No caso do município de Santa Cruz das Palmeiras os cursos d'água identificados são:

- Córrego do Pessegueiro; e
- Ribeirão Feio.

As águas de chuva, ao alcançar um curso d'água, causam o aumento da vazão por certo período de tempo. Este acréscimo na descarga da água tem o nome de cheia ou enchente. Quando essas vazões atingem tal magnitude a ponto de superar a capacidade de descarga da calha fluvial e extravasar para áreas marginais, habitualmente não ocupadas pelas águas, caracteriza-se uma inundação.

Há três pontes onde há um aumento significativo do nível d'água durante eventos críticos:

- Avenida Armando Penteado, ponte sobre o Córrego do Pessegueiro;
- Rua Campos Salles, ponte sobre o Córrego do Pessegueiro;
- Ponte sobre Ribeirão Feio, logo após confluência do Córrego do Pessegueiro.



Figura 6 - Ponte da Avenida Armando Penteadado



Quanto aos detalhes do sistema macrodrenagem, não foram encontrados estudos ou referências técnicas e, tampouco, documentos que permitissem uma análise e descrição mais aprofundada.

Não foram identificados estudos relativos a projetos de estruturas para o sistema de drenagem urbana.



4 ESTUDO DE DEMANDAS E CONTRIBUIÇÕES

Os itens a seguir foram baseados no relatório do CONSÓRCIO ENGECORPS MAUBERTEC.

4.1 Sistema de abastecimento de água

4.1.1 Áreas do município sujeitas ao abastecimento público

No caso específico de Santa Cruz das Palmeiras, o estudo de demandas considerou as populações já atualmente abastecidas pelo sistema público, composta pelo Distrito de Santa Cruz das Palmeiras. Ressalta-se que o município não possui outros distritos, além do Distrito Sede.

4.1.2 Cota *per capita* de água

Conforme definição do SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS), em seu quadro de indicadores, o consumo médio per capita (IN₀₂₂) pode ser obtido através do volume de água consumido (excluindo-se o volume de água tratada exportado, caso ele exista), dividido pela população atendida com abastecimento de água. Esse consumo médio por habitante, por definição, inclui, também, o consumo comercial, público e industrial (pequenas indústrias, excluindo-se o consumo de processo).

No caso do município de Santa Cruz das Palmeiras, uma vez que não há informações sobre o volume consumido, em 2012, considerou-se uma cota per capita de 150 L/hab.dia, resultando em um volume anual de 1.627,53x1.000 m³ relativo a uma população abastecida de 29.727 habitantes. Ressalta-se que foi adotado como início de planejamento o ano de 2012, para o qual foram fornecidos demais dados pelo município.

Uma vez que o município é de porte populacional médio, e há uma tendência em reduzir a cota per capita dos municípios do Estado de São Paulo, será mantido o per capita de 150L/hab.dia ao longo de todo o período de planejamento (anos 2012 a 2034).



4.1.3 Coeficientes de majoração de vazão

Os coeficientes de majoração de vazão correspondem ao coeficiente do dia de maior consumo - K1 e ao coeficiente da hora de maior consumo - K2.

Os coeficientes são definidos, de acordo com a NBR-12211 (Estudo de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água), como:

- K1 - relação entre o maior consumo diário, verificado no período de um ano, e o consumo médio diário, nesse mesmo período;
- K2 - relação entre a vazão máxima horária e a vazão média do dia de maior consumo.

Admitiram-se, como válidos, dados conservadores ($K1=1,20$ e $K2=1,50$), já que são valores comumente empregados em projetos de sistemas de abastecimento de água.

4.1.4 Metas de atendimento

O Sistema de Abastecimento de Água de Santa Cruz das Palmeiras apresenta um índice de atendimento urbano, através da rede pública, de 100% (Prefeitura 2013 – relativo ao SNIS IN₀₂), valor correspondente ao Distrito Sede. Esse contingente correspondia em 2010 a uma população de 29.727 habitantes (Prefeitura 2013 – relativo ao SNIS AG₀₂₆ - ligações ativas - micromedidas ou não), para uma população total de 30.682 habitantes no município (Projeção – Base – IBGE – 2010 – GEO₀₁₂).

O indicador AG₀₂₆ é referido às populações urbanas efetivamente atendidas (ligações ativas), podendo haver um contingente adicional de populações nessas localidades ainda não atendidas pela rede pública. Na área rural, onde predominam pequenos núcleos e domicílios dispersos, utilizam-se poços rasos.

Para a nova concepção dos sistemas, foi considerado que o atendimento ao Distrito Sede (áreas urbanas) será integral durante todo o período de planejamento, mantendo-se, portanto, o atendimento atual que corresponde a 100% da população dessa localidade (AG₀₂₆ e IN₀₂₃). Na área rural (populações disseminadas), existe planejamento específico.



4.1.5 Metas para redução de perdas

Como não existe ainda uma configuração perfeitamente definida para a rede de distribuição de Santa Cruz das Palmeiras, incluindo o Distrito Sede (existência de macromedidores, setores de manobra, medição, etc.), fica difícil a avaliação isolada do índice de perdas por setor ou zona de abastecimento. Essa avaliação deve ser efetuada partindo-se de índices já verificados, considerando a área total atualmente atendida.

Apesar do município ainda não possuir um programa de redução de perdas em andamento, o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMSB) - 2013 (Consórcio ENGECORPS MAUBERTEC) propõe metas para a redução do índice de perdas, visando à obtenção de um quadro de demandas mais coerente com os propósitos que devem nortear os municípios integrantes de todas as UGRHIs do Estado de São Paulo na situação da necessidade de economia de água.

A diminuição dos índices de perdas na distribuição proposta nesse PMSB - 2013 considera as dificuldades inerentes à implementação de um programa, os custos envolvidos e a natural demora em obtenção de resultados, que em geral envolvem as seguintes ações:

- construção de novas redes, em função da necessidade de expansão, além da substituição de redes de distribuição, tendo em vista os diâmetros reduzidos, a idade e os materiais empregados (fibrocimento e outros);
- instalação de novos hidrômetros e substituição de hidrômetros existentes, em função de defeitos e incapacidade de registro de vazões corretas;
- instalação de válvulas de manobras para configuração dos setores de abastecimento propostos;
- várias medidas relacionadas com a otimização dos sistemas, para combate e controle das perdas reais (vazamentos diversos) e das perdas aparentes (cadastro de consumidores, submedição, ligações clandestinas, gestão comercial, etc.), com base em um Programa de Redução de Perdas.

Dessa forma, propôs-se para o Distrito Sede, dentro do horizonte de planejamento (ano 1488 2034), a seguinte redução, conforme apresentado no Quadro 5.



Quadro 5 - Proposição para a diminuição dos índices de perdas na distribuição – Distrito Santa Cruz das Palmeiras – Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico - 2013

Ano	Índice de Perda (%)	Ano	Índice de Perda (%)
2012	59	2025	44
2015	59	2030	36
2020	51	2034	30

Notas

1- A diminuição dos índices de perdas, tal como apontado neste relatório, é meramente estimativa, visando-se ao cálculo das demandas ao longo do horizonte de planejamento;

2- As metas estabelecidas para o Programa de Redução de Perdas constarão do produto (P6), a partir de informações mais detalhadas a serem obtidas junto à Prefeitura Municipal.

4.1.5.1 Estimativa das demandas

Com base na evolução populacional e nos critérios e parâmetros de projeto, encontra-se apresentada, no Quadro 6, as demandas para o sistema de abastecimento de água do município, para o Distrito Sede, que equivale à totalização das demandas para todo o Município de Santa Cruz das Palmeiras – áreas urbanas.



Quadro 6 - Estimativa dos consumos e vazões distribuídas de água - Santa Cruz das Palmeiras - Distrito Sede

Ano	Popul. Urbana (hab.)	% de Atendimento	Popul. Urb. Abast. (hab.)	Cota (Inhab.dia)	Consumo Parcial Doméstico (l/s)		Consumo Total Doméstico-Industrial (l/s)		Vazão Inuser. (l/s)	IP (%)	Vazão de Perdas (l/s)		Vazão Distribuída Doméstico-Industrial (l/s)		Vazões necess. (m³)
					Q _{hab.dia}	Q _{ind.Indus}	Q _{hab.dia}	Q _{ind.Indus}			Q _{hab.dia}	Q _{ind.Indus}	Q _{hab.dia}	Q _{ind.Indus}	
2012	29.727	100	29.727	150	51,6	61,9	51,6	61,9	92,9	59,0	74,3	125,9	136,2	167,2	3.922
2013	30.117	100	30.117	150	52,3	62,7	52,3	62,7	94,1	59,0	75,2	127,5	138,0	169,4	3.974
2014	30.511	100	30.511	150	53,0	63,6	53,0	63,6	95,3	59,0	76,2	129,2	139,8	171,6	4.076
2015	30.912	100	30.912	150	53,7	64,4	53,7	64,4	96,6	59,0	77,2	130,9	141,6	173,8	4.079
2016	31.257	100	31.257	150	54,3	65,1	54,3	65,1	97,7	57,5	73,3	127,6	138,5	171,0	3.968
2017	31.606	100	31.606	150	54,9	65,8	54,9	65,8	98,8	56,9	69,7	124,6	135,5	168,5	3.903
2018	31.960	100	31.960	150	55,5	66,6	55,5	66,6	99,9	54,4	66,2	121,7	132,8	166,1	3.826
2019	32.317	100	32.317	150	56,1	67,3	56,1	67,3	101,0	52,9	63,0	119,1	130,3	164,0	3.754
2020	32.679	100	32.679	150	56,7	68,1	56,7	68,1	102,1	51,4	59,9	116,7	128,0	162,0	3.687
2021	32.972	100	32.972	150	57,2	68,7	57,2	68,7	103,0	49,8	56,9	114,1	126,6	159,9	3.616
2022	33.267	100	33.267	150	57,8	69,3	57,8	69,3	104,0	48,3	54,0	111,7	123,3	157,9	3.551
2023	33.565	100	33.565	150	58,3	69,9	58,3	69,9	104,9	46,8	51,2	109,5	121,2	156,1	3.490
2024	33.866	100	33.866	150	58,8	70,6	58,8	70,6	105,8	45,3	48,6	107,4	119,2	154,4	3.432
2025	34.169	100	34.169	150	59,3	71,2	59,3	71,2	106,8	43,7	46,1	105,4	117,3	152,9	3.378
2026	34.381	100	34.381	150	59,7	71,6	59,7	71,6	107,4	42,2	43,6	103,3	115,2	151,0	3.318
2027	34.594	100	34.594	150	60,1	72,1	60,1	72,1	108,1	40,7	41,2	101,3	113,3	149,3	3.262
2028	34.809	100	34.809	150	60,4	72,5	60,4	72,5	108,8	39,2	38,9	99,3	111,4	147,7	3.209
2029	35.025	100	35.025	150	60,8	73,0	60,8	73,0	109,5	37,6	36,7	97,5	109,7	146,1	3.158
2030	35.242	100	35.242	150	61,2	73,4	61,2	73,4	110,1	36,1	34,6	95,8	108,0	144,7	3.110
2031	35.461	100	35.461	150	61,6	73,9	61,6	73,9	110,8	34,6	32,5	94,1	106,4	143,4	3.065
2032	35.681	100	35.681	150	61,9	74,3	61,9	74,3	111,5	33,1	30,6	92,5	104,9	142,1	3.022
2033	35.903	100	35.903	150	62,3	74,8	62,3	74,8	112,2	31,5	28,7	91,0	103,5	140,9	2.981
2034	36.125	100	36.125	150	62,7	75,3	62,7	75,3	112,9	30,0	26,9	89,6	102,1	139,8	2.942



4.1.5.2 Estimativa da redução de perdas por ligação

A partir dos dados apresentados anteriormente em relação às estimativas de demandas, foram também estimadas as reduções nas perdas por ligação a partir dos seguintes critérios:

- foi utilizado o indicador do Ministério das Cidades – SNIS - IN₀₅₁, que define as perdas por ligação da seguinte forma:

$$- \text{IN}_{051} = \frac{\text{Volume (Produzido + Tratado Importado-de Serviço)} - \text{Volume Consumido}}{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água}};$$

- o volume produzido foi obtido das planilhas de demandas (equivalente às vazões distribuídas ano a ano) e o volume consumido das mesmas planilhas (consumo total ano a ano);

- o número de ligações ativas foi estimado a partir do nº dessas ligações existente em 2012, conforme indicação da Prefeitura (9.179 unidades), a partir daí, a evolução dessas ligações foi efetuada de maneira idêntica àquela efetuada para as populações urbanas abastecidas.

Com esses dados, estimaram-se as perdas por ligações ano a ano para o município de Santa Cruz das Palmeiras como um todo. Os valores obtidos encontram-se apresentados no Quadro 7.

Pode-se observar que, no caso de implementação de um Programa de Redução de Perdas, deverá ocorrer uma substancial redução das mesmas ao longo do período de planejamento, conduzindo a valores mais adequados até o final do plano, propiciando grande economia de volumes de água a serem produzidos.



Quadro 7 - Estimativa das perdas por ligação - Santa Cruz das Palmeiras - total

Ano	Popul. Urb. Abst. (hab.)	Vazão Consumida (L/s)	Vazão Distribuída (L/s)	Vazão de Perda (L/s)	nº de ligações ativas (área urbana)	Perda por Ligação (L/ligação.dia)	Valor Equivalente (%)
2012	29.727	51,6	125,9	74,3	9.179	699	59,0
2013	30.117	52,3	127,5	75,2	9.300	699	59,0
2014	30.511	53,0	129,2	76,2	9.421	699	59,0
2015	30.912	53,7	130,9	77,2	9.545	699	59,0
2016	31.257	54,3	127,5	73,3	9.652	657	57,5
2017	31.606	54,9	124,5	69,7	9.759	617	55,9
2018	31.960	55,5	121,7	66,2	9.869	580	54,4
2019	32.317	56,1	119,1	63,0	9.979	545	52,9
2020	32.679	56,7	116,7	59,9	10.091	513	51,4
2021	32.972	57,2	114,1	56,9	10.181	483	49,8
2022	33.267	57,8	111,7	54,0	10.272	454	48,3
2023	33.565	58,3	109,5	51,2	10.364	427	46,8
2024	33.866	58,8	107,4	48,6	10.457	402	45,3
2025	34.169	59,3	105,4	46,1	10.551	378	43,7
2026	34.361	59,7	103,3	43,6	10.616	355	42,2
2027	34.594	60,1	101,3	41,2	10.682	333	40,7
2028	34.809	60,4	99,3	38,9	10.748	313	39,2
2029	35.025	60,8	97,5	36,7	10.815	293	37,6
2030	35.242	61,2	95,8	34,6	10.882	275	36,1
2031	35.461	61,6	94,1	32,5	10.950	257	34,6
2032	35.681	61,9	92,5	30,6	11.018	240	33,1
2033	35.903	62,3	91,0	28,7	11.086	224	31,5
2034	36.125	62,7	89,6	26,9	11.155	208	30,0



4.2 Drenagem urbana e manejo de águas pluviais

O estudo de demanda da componente drenagem considerou como foco principal as bacias hidrográficas da área urbana e os cursos d'água nela inseridos, pois se trata dos locais onde ocorre a maioria dos problemas relacionados à drenagem. O cálculo das vazões máximas para essas bacias foi realizado através do método do Soil Conservation Service (SCS), por meio da simulação computacional com o software CAbc. A equação utilizada no método é a seguinte:

$$h_e = \frac{\left(h - \frac{5080}{CN} + 50,8\right)^2}{h + \frac{20,320}{CN} - 203,2}$$

onde:

h_e a chuva excedente em mm;

h a chuva acumulada em mm.

Já o parâmetro CN depende do tipo, e das condições de uso e ocupação do solo. Segue os tipos de solo conforme o SCS e o Quadro 8 com tais dados:

Grupo A - Solos arenosos com baixo teor de argila total, inferior a uns 8%, não há rocha nem camadas argilosas e nem mesmo densificadas até a profundidade de 1,5 m. O teor de húmus é muito baixo, não atingindo 1%.

Grupo B - Solos arenosos menos profundos que os do Grupo A e com menor teor de argila total, porém ainda inferior a 15%. No caso de terras roxas este limite pode subir a 20% graças à maior porosidade. Os dois teores de húmus podem subir, respectivamente, a 1,2 e 1,5%. Não pode haver pedras nem camadas argilosas até 1,5m, mas é quase sempre presente camada mais densificada que a camada superficial.

Grupo C - Solos barrentos com teor total de argila de 20 a 30% mas sem camadas argilosas impermeáveis ou contendo pedras até profundidades de 1,2m. No caso de terras roxas, estes dois limites máximos podem ser de 40% e 1,5m. Nota-se, a cerca de 60 cm de profundidade, camada mais densificada que no Grupo B, mas ainda longe das condições de impermeabilidade.

Grupo D - Solos argilosos (30 - 40% de argila total) e ainda com camada densificada a uns 50 cm de profundidade. Ou solos arenosos como B, mas com camada argilosa quase impermeável ou horizonte de seixos rolados.



Quadro 8 - Valores de CN para diferentes tipos de uso do solo

Tipo de uso do solo/Tratamento	Grupo Hidrológico			
	A	B	C	D
Condições hidrológicas				
Uso Residencial				
Tamanho médio do lote % Impermeável				
até 500 m ² 65	77	85	90	92
1000 m ² 38	61	75	83	87
1500 m ² 30	57	72	81	86
Estacionamentos pavimentados, telhados	98	98	98	98
Ruas e estradas:				
pavimentadas, com guias e drenagem	98	98	98	98
com cascalho	76	85	89	91
de terra	72	82	87	89
Áreas comerciais (85% de impermeabilização)	89	92	94	95
Distritos industriais (72% de impermeabilização)	81	88	91	93
Espaços abertos, parques, jardins:				
boas condições, cobertura de grama > 75%	39	61	74	80
condições médias, cobertura de grama > 50%	49	69	79	84
Terreno preparado para plantio, descoberto				
Plantio em linha reta	77	86	91	94
Culturas em fileira				
linha reta condições ruins	72	81	88	91
boas	67	78	85	89
curva de nível condições ruins	70	79	84	88
boas	65	75	82	86
Cultura de grãos				
linha reta condições ruins	65	76	84	88
condições boas	63	75	83	87
curva de nível condições ruins	63	74	82	85
condições boas	61	73	81	84
Pasto:				
s/ curva de nível condições ruins	68	79	86	89
condições médias	49	69	79	84
condições boas	39	61	74	80
curva de nível condições ruins	47	67	81	88
condições médias	25	59	75	83
condições boas	6	35	70	79
Campos				
condições boas	30	58	71	78
Florestas				
condições ruins	45	66	77	83
condições boas	36	60	73	79
condições médias	25	55	70	77

O modelo de simulação hidrológica (CABC) determina a precipitação excedente a partir da consideração da capacidade de infiltração dos solos não impermeabilizados. Para tal são utilizadas equações que simulam a infiltração no solo a partir da capacidade de absorção da parcela permeável da bacia. Torna-se assim fundamental a estimativa das áreas impermeabilizadas, não somente na condição presente, mas também a projeção do crescimento da impermeabilização no futuro. Esta estimativa visa não apenas a previsão das vazões afluentes aos sistemas de drenagem das áreas urbanas, mas também a proposição e condução de políticas de preservação da permeabilidade ou mesmo de incentivo à recuperação da capacidade de absorção perdida ao longo do processo de urbanização. A metodologia desenvolvida para a estimativa da fração impermeável (%Ai) é baseada na



relação entre densidade populacional e área impermeável. Campana & Tucci (1994) estudaram esta correlação em termos de densidade populacional (hab/ha), para três metrópoles brasileiras, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, a partir da interpretação de imagens de satélite de média resolução (30 x 30m). Detectou-se então que a impermeabilização apresenta um crescimento menor quando a densidade populacional supera 130 hab./ha, tendendo a saturação em torno de 65%.

O Quadro 9 apresenta os valores considerados para efeito de determinação da taxa de impermeabilização atual para o município de Santa Cruz das Palmeiras.

Quadro 9 - Determinação da taxa de impermeabilização atual

Ano	Domicílios		Área urbana atual (ha)	Densidade urbana (domicílios/ha)	Taxa de impermeabilização atual (%)
	Total	Urbano			
2013	9.624	9.343	351	26,6	51,85

A projeção da população da área de projeto foi estipulada considerando que nela estará concentrada toda a população urbana projetada, ou seja, não há um crescimento da área urbana e sim um adensamento. Portanto para a projeção da área impermeável foi considerado que seu crescimento é proporcional à variação da quantidade de domicílios urbanos. Desta forma, tem-se que a taxa de área impermeabilizada futura pode ser estimada relacionando essa variação mais um termo correspondente à variação da relação do número de habitantes por domicílio. A equação utilizada é:

$$A_{imp\ futuro} = \frac{domic\ futuro}{domic\ atual} \times A_{imp\ atual} + \left(\frac{pop\ futuro}{domic\ futuro} - \frac{pop\ atual}{domic\ atual} \right)$$

O Quadro 10 apresenta os valores considerados para efeito de determinação da taxa de impermeabilização futura.

Quadro 10 - Determinação da taxa de impermeabilização futura

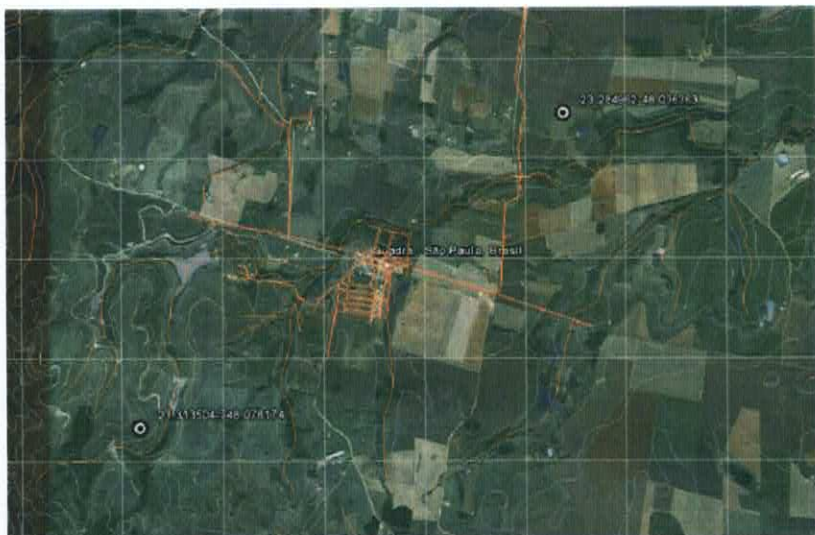
Ano	População		Domicílios		Taxa de Ocupação Urbana (hab/domicílio)	Taxa de Impermeabilização Futura (%)
	Total	Urbana	Total	Urbanos		
2013	31.085	30.117	9.624	9.343	3,22	65,00 ¹⁷
2034	37.286	36.125	13.295	12.902	2,80	

Cabe destacar que período de retorno adotado foi de $TR = 100$ anos, valor usualmente utilizado e recomendado pelo DAEE em projetos ligados a obras de macrodrenagem.

O modelo CABc - Simulador de Bacias Complexas aplica-se a problemas de Drenagem Urbana e Rural, em especial aos que podem ser classificados como macro drenagem. Sua aplicação apresenta vantagens em relação aos casos em que o Método Racional apresenta restrições, ou seja, bacias com áreas de drenagem superiores a 100 ha. O modelo aplica-se também a grandes bacias urbanas (superiores a 50 km²), uma vez que a diversidade de distribuição de chuva e ocupação do solo podem ser levadas em conta através da segmentação em sub-bacias.

O modelo trabalha sobre uma base digital de terreno, que é construída a partir da base cadastral topográfica em escala conveniente, importada dos aplicativos de CAD/GIS. O modelo permite a utilização de fotografias aéreas georreferenciadas de forma aproximada para a delimitação das sub-bacias e traçado da rede de fluxo, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Exemplo de dados básicos utilizados no Modelo CABc



A discretização das sub-bacias é feita diretamente sobre a base topográfica, que permite o cálculo dos principais parâmetros hidrológicos, como a área de contribuição, o tempo de concentração e o comprimento para translação dos hidrogramas ao longo do elemento da rede de fluxo, mostrados a seguir nas figuras 8 e 9.

Figura 8 - Exemplo de discretização em sub-bacias e traçado da rede de fluxo – Exemplo do Município de Quadra/SP

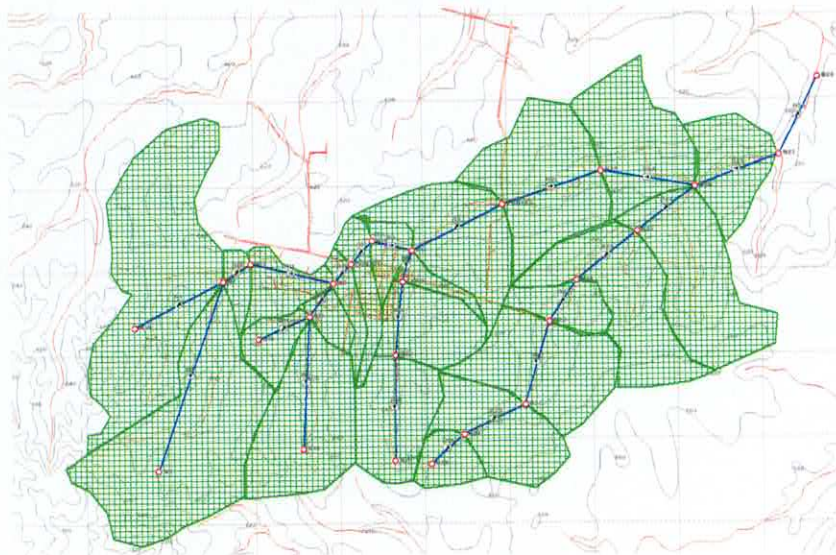


Figura 9 - Exemplo de dados básicos da sub-bacia de contribuição

Dados da Bacia Hidrográfica	
Identificação	
Nome da bacia:	R3
Nó inicial:	N3
Nó final:	PONTE2
Características físicas	
Área da bacia:	
Valor obtido do mapa (km²):	1.640
Valor a ser utilizado (km²):	1.640
Parcela impermeável:	
Área impermeável total (%):	0.00
Área diretamente conectada (%):	0.00
CN (da parcela permeável):	71
Tempo de concentração (h):	1.211
Calcular por fórmulas empíricas:	Calcular
Precipitação	
Curso d'água principal	
Comprimento:	
Valor obtido do mapa (km):	1.218
Valor a ser utilizado (km):	1.765
Velocidade (m/s):	1.50
Cota do nó inicial (m):	605.000
Cota do nó final (m):	600.000
Diferença de cotas (m):	5.000
Amortecimento:	
Coefficiente de amortecimento X:	0.50
<input checked="" type="checkbox"/> Amortece no curso d'água	
Coefficiente de redução da precipitação	
Porcentagem da chuva na bacia:	100.0

O tempo de concentração (T_c) pode ser calculado por diversas equações, para o presente estudo adotou-se a equação de Dooge apresentada a seguir:

$$T_c = 21,88 A^{0,41} S^{-0,17}$$

onde:

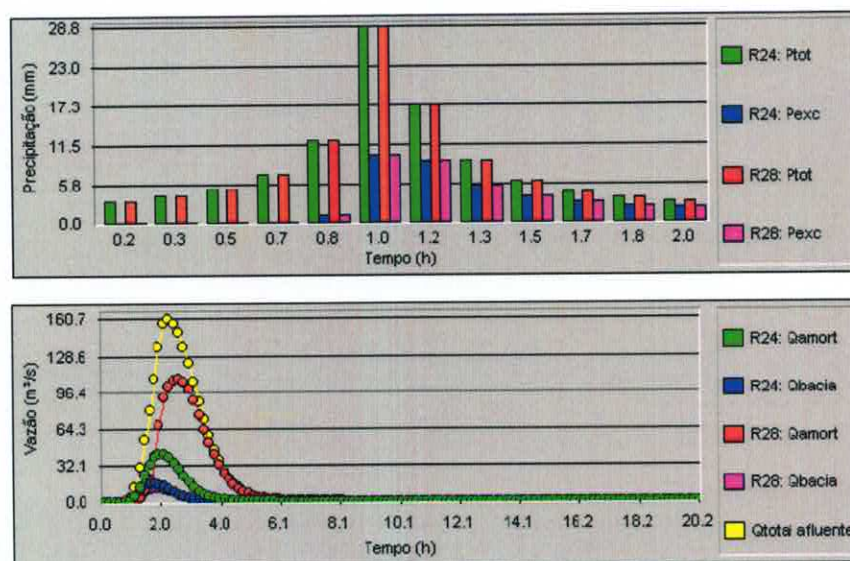
- T_c – tempo de concentração em horas;
- A – área da bacia hidrográfica em km^2 ;
- S – declividade do talvegue da bacia em m/m .

A precipitação sobre a sub-bacia é determinada a partir de um banco de dados com as equações IDF (intensidade, duração e frequência) de diferentes localidades. Essas equações foram elaboradas por Mero e Magni (1982), através de convênio Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e a Universidade de São Paulo (USP). Recentemente foi feita uma atualização e ampliação do número de equações de chuvas intensas disponíveis no Estado de São Paulo, obtidas a partir de um maior número de postos pluviográficos.

Para o presente estudo, utilizou-se a equação IDF do município de Leme devido a sua proximidade ao local.

Durante o cálculo das vazões, o modelo permite a determinação do pluviograma excedente a sua transformação em hidrogramas, compondo os diversos elementos até a obtenção de um hidrograma final representados na Figura 10.

Figura 10 - Exemplo de separação do escoamento superficial, geração e composição dos hidrogramas



4.2.1 Resultados da simulação hidrológica

A partir da base de dados específica do município, são delimitadas as sub-bacias que influenciam sobre a área urbana e/ou em locais de interesse. Foram realizadas as simulações hidrológicas cujos resultados revelaram as vazões máximas iniciais e finais para cada trecho da sub-bacia delimitada, assim como para cada nó (ou ponto de criticidade). Cabe destacar que a duração do evento pluviométrico foi determinada por meio de simulações iterativas



suficientes para que resultassem na maior vazão de pico do hidrograma, sendo que o presente caso foi uma duração de 3 horas.

Os pontos críticos referentes aos problemas de macrodrenagem e suas vazões máximas resultantes do modelo hidrológico são:

- Ponte na Avenida Armando Penteadado..... Qmáx. = 104,31 m³/s;
- Ponte na Rua Campos Salles..... Qmáx. = 119,71 m³/s;
- Ponte sobre o Ribeirão Feio após a confluência com o Córrego Pessegueiro..... Qmáx. = 287,32 m³/s.

4.3 Sistema de drenagem pluvial urbana

A partir das características hidráulicas levantadas em campo nos pontos críticos, é possível determinar sua capacidade de escoamento (vazão através de travessias construídas sobre galerias ou bueiros; vazão sob a estrutura de pontes; canais e estruturas vertedouras). Já a vazão máxima é resultado de um modelo hidrológico apresentado no capítulo anterior.

O diagnóstico do município de Santa Cruz das Palmeiras consistiu basicamente em verificar a capacidade de escoamento das estruturas nos pontos de interesse para as vazões máximas.

4.3.1 Interpretação dos resultados

O Quadro 11 apresenta a capacidade e as vazões máximas nos pontos críticos apresentados anteriormente.

Ponto Crítico	Dimensão (m)	Capacidade (m ³ /s)	Vazão Máxima (m ³ /s)
Ponte na Avenida Armando Penteadado	Largura: 10,0 e altura: 3,0	47,7	104,31
Ponte na Rua Campos Salles	Largura: 10,0 e altura: 4,5	71,2	119,71
Ponte sobre o ribeirão após a confluência com o córrego Pessegueiro	Largura: 5,0 e altura: 3,0	34,7	287,32

Em nível de planejamento é possível concluir que, tanto sob o ponto de vista hidrológico quanto hidráulico, as seções nos pontos de interesse não possuem capacidade para escoar a vazão máxima, portanto necessita ampliar sua seção, a fim de evitar problemas quando ocorrer uma chuva crítica.



Para avaliação do componente drenagem, em relação aos aspectos institucionais e pontos críticos os quadros 12 e 13 mostram os indicadores referentes ao município de Santa Cruz das Palmeiras. Observa-se que Santa Cruz das Palmeiras não pontuou dois indicadores de microdrenagem, já para a macrodrenagem, não pontuou em três indicadores.

Quadro 12 - Avaliação dos indicadores

INDICADORES DE DRENAGEM URBANA									
MICRODRENAGEM					MACRODRENAGEM				
SANTA CRUZ DAS PALMEIRAS									
INSTITUCIONALIZAÇÃO									
I1	Existência de padronização para projeto viário e drenagem pluvial	SIM	0,5	I11	Existência de plano diretor urbanístico com tópicos relativos a drenagem	SIM	0,5		
I2	Serviço de verificação e análise de projetos de pavimentação e/ou loteamentos	SIM	0,5	I12	Existência de plano diretor de drenagem urbana	NÃO	0		
I3	Estrutura de inspeção e manutenção da drenagem	NÃO	0	I13	Legislação específica de uso e ocupação do solo que trata de impermeabilização, medidas mitigadoras e compensatórias	SIM	0,5		
I4	Existência de monitoramento de chuva	SIM	0,5	I14	Monitoramento de cursos d'água (nível e vazão)	NÃO	0		
I5	Registros de incidentes envolvendo microdrenagem	NÃO	0	I15	Registros de incidentes envolvendo a macrodrenagem	NÃO	0		
TOTAL=			1,5	TOTAL=			1,0		

Quadro 13 - Avaliação do indicador relacionado à qualificação dos serviços

INDICADORES DE DRENAGEM URBANA			
SANTA CRUZ DAS PALMEIRAS			
MICRODRENAGEM		MACRODRENAGEM	
QUALITATIVO			
Q1	Inexistência de Pontos de alagamento	NÃO	0
Q1	Inexistência de pontos de inundação	NÃO	0
TOTAL=		0	0



A ausência de uma equipe de inspeção e manutenção dificulta o controle sobre a execução e conservação.

Vale destacar que o monitoramento das chuvas é realizado pelo DAEE, sendo importante o município também registrar e elaborar um banco de dados.

É necessário também o monitoramento dos cursos d'água e dos problemas envolvendo os sistemas de drenagem, a fim de o município registrar e criar um banco de dados dos incidentes e relacioná-los aos eventos naturais ocorridos.



5 BASES LEGAIS E NORMATIVAS

5.1 Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007

A Lei Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, nº 8.036, de 11 de maio de 1990, nº 8.666, de 21 de junho de 1993, nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Perante o cenário brasileiro, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

Com isso, adota a definição de saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

O planejamento poderá ser específico para cada serviço, o qual abrangerá, no mínimo:

- diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida;
- objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização;
- programas, projetos e ações necessárias para atingir os objetivos e as metas;
- ações para emergências e contingências;



- mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

5.1.1 Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)

O Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB, cuja elaboração é prevista na Lei nº 11.445/2007, doravante denominado Plansab, resulta de um processo planejado e coordenado pelo Ministério das Cidades em três etapas:

- formulação do “Pacto pelo Saneamento Básico: mais saúde, qualidade de vida e cidadania”, que marca o início do processo participativo de elaboração do Plano em 2008;
- elaboração, em 2009 e 2010, de extenso estudo denominado Panorama do Saneamento Básico no Brasil, que tem como um de seus produtos a versão preliminar do Plansab;
- “Consulta Pública”, que submeteu a versão preliminar do Plano à sociedade, promovendo sua ampla discussão e posterior consolidação de sua forma final à luz das contribuições acatadas.

Durante a vigência do Plansab, deverão ser observadas na execução da Política Federal de Saneamento Básico, tanto na execução dos programas e ações, como no cumprimento das metas estabelecidas e nas demais ações inerentes à política pública do setor, 138 estratégias. Algumas delas são apresentadas a seguir:

- Enfatizar, respeitando a autonomia de estados e municípios, a observância do Plansab na elaboração dos respectivos planos regionais, estaduais e municipais;
- Adotar ações políticas concertadas entre gestão dos recursos hídricos e dos serviços de saneamento básico, com vistas à otimização dos usos múltiplos e integrados da água, à efetiva implementação do enquadramento dos corpos de água e à outorga de uso de recursos hídricos;
- Estimular a integração entre os planos municipais e estaduais de saneamento básico e demais planejamentos setoriais, fortalecendo uma visão integrada das necessidades a partir dos territórios;
- Promover política de incentivo à criação de parcerias público-público e consórcios, para a gestão, regulação, fiscalização e prestação dos serviços de saneamento básico;



- Priorizar dotação de recursos específicos para serviços de saneamento básico em bacias hidrográficas críticas e com problemas de poluição de mananciais superficiais e subterrâneos;
- Promover a melhoria da eficiência dos sistemas de tratamento de água e de esgotos existentes;
- Fomentar o manejo dos resíduos sólidos pautados na não geração, na redução, na reutilização, na reciclagem, no tratamento e na disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Fomentar parcerias, a exemplo de consórcios, para o manejo dos resíduos sólidos;
- **Desenvolver estudos, incluindo a avaliação de experiências internacionais, sobre modelos de organização para drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, disseminando resultados;**
- **Fomentar projetos, programas e ações para o manejo das águas pluviais urbanas, priorizando a adoção de medidas estruturantes e intervenções em municípios com problemas críticos de inundação;**
- Fomentar a implantação e melhorias em adequados sistemas de macro e micromedição e o controle operacional de sistemas de abastecimento de água potável;
- Desenvolver e difundir estudos sobre modelos viáveis e eficazes de arrecadação e incentivos nos componentes drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

5.1.2 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Durante o ano de 2014 foi desenvolvido o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, baseado na Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional e em seu Decreto regulamentador nº 7.404/2010.

Em 2015, o referido plano foi aprovado pela Câmara de Vereadores do município de Santa Cruz das Palmeiras e pela CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Em comparação com a Lei nº 11.445/2007 que trata da Política Nacional de Saneamento, os resíduos sólidos tem ligação direta com os outros três pilares do saneamento básico, ou seja, os lodos gerados em Estação de Tratamento de Água (ETA), os lodos gerados em Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) e os gerados em sistemas de microdrenagem de



águas pluviais urbanas, como por exemplo, matéria orgânica, plásticos, resíduos da construção civil, metais e rejeitos.

5.1.3 Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

No projeto de obras de drenagem urbana existe sempre um alto nível de incerteza, presente em várias etapas. Contudo, é desejável diminuir essas incertezas com análises criteriosas, buscando o conhecimento das condições atuais e obras existentes. É recomendável procurar a disponibilidade de informação atualizada sobre a topografia do município, características das ruas, redes existentes, etc.

Em função do estabelecido pelo Plansab, as propostas, metas e ações relativas ao Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas de Santa Cruz das Palmeiras serão definidas perante cenários apresentados e após aprovação pelos órgãos competentes.

Através do relatório do CONSÓRCIO ENGECORPS MAUBERTEC foi possível acessar o diagnóstico da situação atual do município. O presente trabalho propõe as atividades de gestão e gerenciamento para implantação do plano.

Tal plano tem o objetivo de criar os mecanismos de gestão da infraestrutura relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana da cidade. Este planejamento visa evitar perdas econômicas, melhoria das condições de saúde e meio ambiente da cidade dentro de princípios econômicos, sociais e ambientais definidos.

O Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas tem como metas:

- Planejar a distribuição da água pluvial no tempo e no espaço, com base na tendência de ocupação urbana e a compatibilização desse desenvolvimento com a infraestrutura para evitar prejuízos econômicos e ambientais;
- Controlar a ocupação de áreas de risco de inundação através de restrições nas áreas de alto risco;
- Estabelecer uma convivência harmônica da população com os corpos d'água, utilizando como instrumento o controle da expansão da mancha de ocupação urbana e do tipo de uso e ocupação mais adequado na bacia.



6 RECOMENDAÇÕES FINAIS

6.1 Cadastro Topográfico

Não existe cadastro topográfico das estruturas de macro e microdrenagem com informações disponibilizadas de maneira sistematizada acerca das dimensões, cotas e tipos de estruturas hidráulicas que compõe o sistema. Para o adequado diagnóstico da microdrenagem é imprescindível o cadastro das redes existentes que compõem o sistema.

O cadastro de microdrenagem deve apresentar a localização, cotas e profundidades dos poços de visita, caixas, bocas de lobo e de leão e o diâmetro das tubulações desde o início da rede até seu lançamento na macrodrenagem. Para tanto, deve ser mobilizada equipe de topografia para percorrer toda a malha viária do município, em um trabalho que exige um elevado grau de precisão das informações que serão coletadas.

6.2 Estudos Hidrológicos

Devem ser realizados estudos hidrológicos para determinação das vazões de cheia considerando-se Períodos de Retorno (TR) de 100, 50, 25 e 10 anos, para dar subsídios aos estudos hidráulicos para o projeto ou verificação da capacidade dos diferentes elementos de drenagem. O Método recomendado é o desenvolvido pelo SCS (“Soil Conservation Service”), dos Estados Unidos, que vem sendo empregado no dimensionamento de obras de drenagem urbana na cidade de São Paulo.

6.2.1 Parâmetros Físicos da Bacia

Para o dimensionamento dos elementos de drenagem devem ser definidas as sub-bacias, caracterizadas pela área, comprimento do talvegue e declividade, calculados com base nas plantas de arruamento, nas curvas de nível de metro em metro, na hidrografia e nas galerias de águas pluviais existentes. A área de contribuição de cada sub-bacia é calculada com base na determinação dos divisores de água entre as sub-bacias consideradas. O tempo de duração da chuva será considerado igual ao Tempo de Concentração (TC), devendo ser adotados, se necessário, fatores de redução em função da área das sub-bacias.



Portanto, devem ser determinados o Tempo de Concentração (TC), pela fórmula de Kirpich Modificada, que majora em 50% o valor obtido pela fórmula original, para levar em consideração o tempo de escoamento até ao talvegue principal da bacia, e o Número da Curva (CN), que deve ser calculado com base no tipo de solo, na umidade antecedente e nas condições de uso e ocupação do solo, a partir da interpretação de imagens de satélite, que permite a delimitação de regiões para cada CN.

$$t_c = 85,5 \cdot \left(\frac{L^2}{I_{eq.}} \right)^{0,385}$$

onde: t_c em minutos; L em km; I_{eq} em m/km).

6.3 Estudos Hidráulicos

Para o cálculo das linhas d'água nos cursos de drenagem de Santa Cruz das Palmeiras, devem ser elaboradas seções transversais ao longo do comprimento, estendidas 200 m para cada lado, obtidas das curvas de nível de metro em metro, eventualmente complementadas com levantamento topográfico. Recomenda-se o uso do modelo computacional "Hec-Ras" ("Hydraulic Engineering Center - River Analysis System), que fornece as linhas d'água em regime transitório, em função do Tempo de Recorrência (100, 50, 25 e 10 anos).

Recomenda-se que os estudos hidráulicos comecem pelos pontos de maior preocupação em razão de constantes enchentes e transbordamentos, visando à melhoria das condições de escoamento, com aumento da seção hidráulica, obras de regularização da calha, retificação das curvas a jusante, e/ou a criação de reservatórios de detenção das águas a montante, que pode ser feita nas laterais ou com barramento transversal no curso d'água.

Finalmente, deve-se ressaltar que os estudos hidrológicos e hidráulicos recomendados podem representar importante subsídio para os necessários projetos futuros, ao mesmo tempo em que constituem a base para o planejamento de médio e longo prazo e para o monitoramento de chuva e previsão de vazões nos cursos d'água do município de Santa Cruz das Palmeiras.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.

CAMPANA, N.; TUCCI, C.E.M. **Estimativa de Área Impermeável de Macrobacias Urbanas**. RBE, Caderno de Recursos Hídricos. Volume 12, n. 2, p. 19 – 94. 1994.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2012 – Ano Base 2011**. [São Paulo]. 2013. 128 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2011**. São Paulo: CETESB, 2012. 218 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2007**. São Paulo: CETESB, 2008. 537p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. Brasília, DF.

CONSÓRCIO ENGECORPS MAUBERTEC. **Produto 2 (P2) – Coleta de dados e informações. Município: Santa Cruz das Palmeiras**. 2013. 167 p.

CONSÓRCIO ENGECORPS MAUBERTEC. **Produto 3 (P3) – Diagnóstico e Estudo de Demandas. Município: Santa Cruz das Palmeiras**. 2013. 137 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados do Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: jul. 2015.

Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**. Brasília, 2013.

SANTA CRUZ DAS PALMEIRAS. Lei Complementar nº 109. Institui o Plano Diretor Estratégico e o Sistema de Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Urbano do Município de Santa Cruz das Palmeiras. Santa Cruz das Palmeiras: Câmara Municipal. Disponível em: <<http://www.scpalmeiras.sp.gov.br/html/plano%20diretor/Plano%20Diretor.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2015.



Prof. Dr. José Leomar Fernandes Júnior

Coordenador pelo STT-EESC-USP



ANEXO – Exemplo de pesquisa envolvendo resíduos sólidos em sistemas de microdrenagem urbana



III-215 - AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE MICRO DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Rodrigo Eduardo Cordoba⁽¹⁾

Doutorando (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Marco Aurélio Soares de Castro⁽²⁾

Doutorando (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Leandro Guimarães Bais Martins⁽³⁾

Doutorando (Hidráulica e Saneamento), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Valdir Schalch⁽⁴⁾

Professor Associado, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Endereço^(1,2,3,4): Av. trabalhador Sancarlense, 400 – Cx. Postal 359 - Centro – São Carlos – SP - CEP: 13566-590 - Brasil - Tel: +55 (16) 3373-9571 - Fax: +55 (16) 3373-9550 - e-mail: cordoba@usp.br

RESUMO

O trabalho teve como objetivo principal avaliar os impactos negativos causados pelos resíduos sólidos coletados em sistemas de micro drenagem em um campus universitário. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em quatro etapas - avaliação da área em estudo; desenvolvimento de estruturas para captura dos resíduos; quantificação e caracterização qualitativa – caracterização gravimétrica; e proposição de medidas para gestão e gerenciamento desses resíduos. Resultados apontaram que o campus conta com um sistema de drenagem eficiente com manutenção periódica. Para captura dos resíduos a utilização de caixas plásticas perfuradas demonstrou ser eficiente. Na caracterização gravimétrica a matéria orgânica foi predominante representando 95,5%, seguida de resíduos da construção civil (2,4%), plásticos (1,6%), rejeitos (0,4%) e metais (0,1%). Por fim, recomenda-se o uso de estruturas de captação de resíduos em conjunto com programas de compostagem para realizar a destinação ambientalmente adequada dessa matéria orgânica predominante.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, drenagem urbana, resíduos de limpeza urbana, resíduos de poda e capina, compostagem.

INTRODUÇÃO

A Lei 11445/2007 define Saneamento básico como o conjunto de serviços, infra-estruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). O texto ainda especifica as atividades que compõem o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos urbanos:

- coleta, transbordo e transporte dos resíduos
- triagem para fins de reuso ou reciclagem, de tratamento, inclusive por compostagem, e de disposição final
- de varrição, capina e poda de árvores em vias e logradouros públicos e outros eventuais serviços pertinentes à limpeza pública urbana (BRASIL, 2007)

A Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, definiu os resíduos quanto à origem e à periculosidade, apresentando ainda a hierarquia de estratégias a serem consideradas em sua gestão e gerenciamento (da não geração à disposição final).

O arcabouço legal brasileiro procura, entre outros objetivos, equacionar, mitigar e evitar os diversos impactos negativos trazidos pelo processo de urbanização observado no país, frequentemente veloz e desordenado: a urbanização traz como resultados a impermeabilização do solo, o que aumenta o volume de águas pluviais que é escoado superficialmente e que deve ser recolhido pelos sistemas de drenagem urbana. Em conjunto com



fatores como o aumento nos padrões insustentáveis de consumo e práticas inadequadas de manejo, também gera um aumento na quantidade de resíduos detectados na drenagem urbana.

Os resíduos sólidos urbanos têm composição bastante heterogênea em termos de materiais constituintes, sendo de modo geral constituídos de parcelas orgânicas (degradáveis) e inorgânicas (degradáveis), cada qual podendo impactar o meio ambiente de forma característica – aqueles pela sua degradação, que compromete a qualidade da água e põe em risco a fauna aquática e mesmo a saúde humana; estes, por seu volume ou peso, que pode causar assoreamento ou entupimento de dutos, comprometendo a drenagem e causando alagamentos.

Assim, é fundamental analisar a parcela de resíduos sólidos que não é coletada pelos serviços de limpeza urbana e acaba por atingir os sistemas de drenagem, de modo a avaliar a eficiência destes, bem como identificar possíveis utilizações de tais resíduos, tendo em mente que a Política Nacional de Resíduos Sólidos prevê uma hierarquia de alternativas de gestão e gerenciamento que prioriza, além da não geração e da redução, a reutilização, reciclagem e o tratamento, inclusive por compostagem, dos resíduos.

Este trabalho teve como objetivo principal avaliar os impactos negativos causados pelos resíduos sólidos coletados em sistemas de micro drenagem em um campus universitário. Para alcançar o objetivo principal, foram delimitados os seguintes objetivos específicos: avaliação do sistema de micro drenagem do campus; desenvolvimento de estruturas para captura dos resíduos de limpeza urbana que atingem o sistema de micro drenagem; determinação a composição gravimétrica desses resíduos; avaliação a relação das precipitações com as quantidades de resíduos coletados; proposição de medidas de gestão e gerenciamento desses resíduos.

URBANIZAÇÃO E A POLUIÇÃO DIFUSA

Tucci (1997) aponta o significativo crescimento da população urbana no Brasil, em um processo de urbanização que não foi acompanhado de similar crescimento e desenvolvimento da infraestrutura adequada. Esta situação agrava os potenciais impactos do processo de urbanização, tais como:

- a impermeabilização das superfícies, que faz com que uma significativa parte da água que antes infiltrava-se no solo, passe a escoar; isto, combinado com o aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais, resulta no aumento das vazões máximas;
- redução da evapotranspiração do escoamento subterrâneo e lençol freático;
- aumento da produção de sedimentos devido à remoção de cobertura natural e à geração de resíduos sólidos;
- deterioração da qualidade de águas superficiais, principalmente no início das chuvas pela drenagem das águas que carregam material sólido e lavam as superfícies urbanas.

Von Sperling (1996) define a poluição das águas como sendo a adição de substâncias ou formas de energia que alterem, direta ou indiretamente, a natureza do corpo d'água de forma que prejudique os legítimos usos que dele são feitos.

Dentre os principais agentes poluidores de águas - sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nutrientes, patogênicos, matéria orgânica não biodegradável, metais pesados e sólidos inorgânicos dissolvidos - a drenagem superficial constitui uma fonte significativa dos quatro primeiros.

A poluição veiculada pela drenagem constitui um exemplo típico de poluição difusa, que atinge um corpo d'água de forma distribuída ao longo de parte de sua extensão, ao contrário da poluição pontual, que se dá de forma concentrada no espaço – como, por exemplo, um emissário descarregando esgotos em um determinado ponto de um rio (VON SPERLING, 1996). A poluição difusa em áreas urbanas é gerada pelo escoamento superficial proveniente da deposição de poluentes, de maneira esparsa, sobre a área contribuinte da bacia hidrográfica em questão: esta poluição é proveniente de atividades como a deposição atmosférica e o escoamento superficial urbano e se apresenta de forma bastante diversificada, dependendo de fatores como uso e ocupação do solo, densidade populacional, estações do ano, topografia, geologia e das características e frequência das precipitações (BRITES, 2005). A autora ressalta que uma característica marcante da poluição difusa é a variabilidade na concentração de poluentes lançados nos corpos d'água, o que dificulta o estabelecimento de diferenças na produção de cargas poluentes.



Apesar disto, a identificação das fontes geradora da poluição difusa torna-se de relevante importância para a avaliação correta do seu potencial poluidor, dos impactos gerados e também para a determinação de medidas de controle adequadas (BRITES, 2005).

RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA

Inicialmente, cabe apresentar a definição dos tipos de resíduos sólidos considerados no estudo, conforme a Lei 12305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos). Os resíduos domiciliares são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (BRASIL, 2010a). São de composição bastante heterogênea; como exemplos, citam-se: restos de alimentos, papel, papelão (jornais, livros, revistas, folhetos de propaganda, embalagens de papel, e toalhas de papel e papelão ondulado), plásticos, borracha e couro, têxteis, restos de poda e capina, madeira, vidro, latas de aço ou alumínio, outros metais (ferrosos e não ferrosos), cinzas e folhas, além de resíduos especiais (incluindo resíduos volumosos, eletroeletrônicos) e resíduos domiciliares perigosos (pilhas, óleo, pneus, além de equipamentos contendo metais pesados, como baterias de níquel-cádmio (TCHOBANOGLOUS et al. 1993; PICHTEL, 2005). Ainda conforme a Lei 12305/10, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal, caso sejam caracterizados como não perigosos. (BRASIL, 2010a).

Os resíduos de limpeza urbana originam-se da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; são constituídos por resíduos de varrição, poda e capina, além dos resíduos coletados de áreas públicas, como parques, praças e praias.

Por sua vez, os resíduos de serviços públicos de saneamento básico (RSPSB) são definidos como “os gerados nessas atividades”, excetuados os resíduos sólidos urbanos.

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são aqueles os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis (BRASIL, 2010a)

Quanto à presença de resíduos sólidos em drenagem urbana, Tucci (2004) aponta três estágios característicos do processo de urbanização, sendo que cada um deles apresenta características distintas quanto ao tipo de resíduos lançados em um sistema de drenagem:

- estágio inicial: modificação da cobertura da bacia pela retirada da proteção natural; o solo fica desprotegido; no período chuvoso há o aumento da erosão e consequentemente da produção de sedimentos. Nesta fase existe predominância dos sedimentos e pequena geração de resíduos sólidos urbanos;
- estágio intermediário: parte da população está estabelecida e ainda existe importante movimentação de terra devido a novas construções, o que causa, respectivamente, geração de resíduos sólidos urbanos e geração de sedimentos;
- estágio final: observa-se o grau mais elevado de urbanização; praticamente todas as superfícies urbanas estão consolidadas, com apenas algumas áreas de construção ou sem cobertura consolidada. Desse modo, predomina a geração de resíduos sólidos urbanos, ocorrendo geração de uma pequena parcela de sedimentos.

Neste último estágio, Tucci (2004) indica que a quantidade de sólidos totais que chegam à drenagem é função de fatores como: frequência e cobertura da coleta de resíduos domiciliares; frequência da limpeza das ruas; forma de disposição dos resíduos pela população; e frequência da precipitação.

Armitage e Rooseboom (2000) dividem os resíduos encontrados em drenagem urbana em oito tipos:

- Plásticos: sacolas, embalagens, recipientes, garrafas, caixas, fitas cassetes, seringas, utensílios
- Papéis: embalagens, jornais, folhetos, embalagens de comida e bebida, papelão
- Metais: chapa metálica, latas, tampinhas de garrafa
- Vidro: garrafas, cacos
- Vegetação: ramos e folhas de árvores, frutas e vegetais podres



- Animais: cães e gatos mortos, esqueletos variados
- Material de construção: venezianas, tábuas, postes de madeira, tijolos quebrados, pedaços de concreto
- Outros: roupas velhas, sapatos, panos, esponjas, lápis, canetas, bitucas de cigarros, pneus.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2011) a geração média de resíduos sólidos urbanos por habitante é de 381,6 kg/ano, ou 1,06kg/dia. Desse total 342,1 kg/hab/ano (ou 0,95 kg/hab/dia) são coletados. Há portanto, um remanescente de 39,5 kg/hab/ano ou 0,11 kg/hab/dia que não são coletadas. Uma parcela deste valor inevitavelmente será encaminhada para os sistemas de drenagem urbana; no entanto, Tucci (2002) já apontava a falta de informações significativas, nem mesmo em nível internacional, sobre a quantidade de resíduos que são retidos na drenagem.

Para Armitage & Rooseboom (2000), é importante estimar a quantidade de resíduos que adentram sistemas de drenagem, pois ela determinará, entre outros aspectos, a frequência da limpeza das galerias. Contudo, a taxa de geração desses resíduos é muito variável, dependendo de um grande número de fatores independentes entre si, como:

- Característica predominante da região – comercial, residencial, industrial;
- Densidade do desenvolvimento;
- Nível socioeconômico da comunidade: a geração e as características dos resíduos variam de região para região;
- Tipo de atividade industrial: algumas indústrias tendem a produzir mais resíduos que outras;
- Frequência e intensidade das chuvas: resíduos tendem se acumular até serem coletados pelo serviço de limpeza urbana ou serem levados por enxurradas até as galerias de drenagem: períodos de seca maiores significam mais oportunidades para a coleta ocorrer, mas também tendem a resultar em volumes maiores de resíduos sendo lançados no sistema de drenagem, por ocasião das primeiras chuvas da estação;
- Tipo de vegetação: os autores lembram que determinadas árvores têm folhas maiores que outras, sendo portanto de decomposição mais demorada;
- Eficiência e eficácia do serviço de limpeza urbana da região;
- Nível de consciência ambiental da comunidade, que pode resultar na redução no uso de certos produtos, na reutilização ou reciclagem de outros, ou ao menos da disposição adequada dos resíduos para coleta em lugar do simples lançamento em calçadas ou sarjetas;
- Dispositivos legais e eficiência na fiscalização, incluindo a efetiva aplicação de multas de valor adequado (ARMITAGE & ROOSEBOOM, 2000).

IMPACTOS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A bibliografia relata inúmeras formas de impactos causados pelos resíduos sólidos em sistemas de drenagem urbana (ARMITAGE & ROOSEBOOM, 2000; TUCCI, 2002; BRITES, 2005): citam-se, de início, os aspectos visuais e olfativos desagradáveis, por conta da degradação de parte da massa de resíduos.

Há riscos para a fauna aquática, pela perturbação do habitat natural devida à degradação da qualidade da água e eventual impacto ou ingestão de resíduos.

A saúde humana também pode ser prejudicada, com o aumento na propagação de doenças, contaminação da água pela putrefação do conteúdo no interior de garrafas e latas, ou organismos patogênicos em seringas e outros objetos descartados, além da eventual presença de substâncias como metais pesados, que podem se acumular ao longo da cadeia alimentar, atingindo os seres humanos.

Destaca-se ainda a possibilidade de entupimento de bocas de lobo, obstrução de sarjetas e assoreamento de galerias e canais (SÃO PAULO, 2012), prejudicando o escoamento e mesmo impedindo o funcionamento hidráulico dos sistemas de drenagem (BRITES, 2005). Este quadro acarreta custos significativos com as operações de limpeza, gerando portanto impactos de ordem econômica.

Após alcançarem a rede de drenagem, os resíduos são transportados através dos condutos, arroios, rios, lagos e estuários até eventualmente alcançarem o mar. Frequentemente, podem permanecer fixos na vegetação ao longo das margens dos arroios, rios ou lagos, ou espalhados ao longo das praias (BRITES, 2005).



MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho adotou como estratégia de pesquisa uma combinação de revisão bibliográfica e estudo de caso. A revisão bibliográfica concentrou-se nos seguintes tópicos específicos: resíduos sólidos, sistemas de drenagem urbana e dispositivos ('armadilhas') para coleta de resíduos.

Estudos de caso são investigações pormenorizadas de uma unidade em estudo específica. No caso, o estudo foi realizado em um campus universitário situado em área urbana do município de São Carlos (SP).

O estudo foi realizado em quatro etapas. Inicialmente, foi feita a avaliação da área em estudo, em especial do sistema de micro drenagem existente. Para tanto, foram consultados mapas e relatórios fornecidos pela administração do campus, bem como entrevistas semiestruturadas com engenheiros responsáveis pela manutenção desse sistema. Também foram efetuadas investigações de campo mediante registros fotográficos, utilização de aparelhos GPS (Global Positioning System), imagens aéreas, mapas da área urbana e mapas das sub-bacias urbanas.

Na segunda etapa, foram desenvolvidas estruturas para captura dos resíduos que adentram o sistema de micro-drenagem, com base na revisão bibliográfica feita previamente. A terceira etapa consistiu na captura dos resíduos, seguida de sua quantificação e caracterização qualitativa – caracterização gravimétrica.

Finalizado o estudo de caso, foram então relacionadas às propostas relativas à gestão e gerenciamento dos resíduos identificados.

ÁREA DE ESTUDO

A área 1 do Campus da Universidade de São Paulo em São Carlos (SP) está localizada no centro da cidade, em uma região já urbanizada há décadas. A própria área do Campus mostra-se totalmente urbanizada.

Inicialmente, foi feita a avaliação da área em estudo voltada ao conhecimento do sistema de micro drenagem existente.

Esta foi feita por meio de:

- análise de mapas e relatórios fornecidos pela administração do campus,
- entrevistas semiestruturadas com engenheiros responsáveis pela manutenção desse sistema.

→ *Trabalho do pessoal da SHS-319: segundo o Sr. Luiz, funcionário encarregado da manutenção da área de saneamento do campus, as canaletas de coleta de água pluvial não requerem manutenção constante, uma vez que são bastante largas e não apresentam acúmulo de resíduos. Os resíduos mais encontrados em tais canaletas são folhas de árvore e gravetos, não havendo presença significativa de resíduos domiciliares como latas de alumínio e PETs, exemplos comumente encontrados jogados em vias públicas e propícios a serem arrastados pelo vento e pela chuva para tais canais.*

- investigações de campo mediante utilização dos seguintes recursos: registros fotográficos, aparelhos GPS – Global Positioning System, imagens aéreas, mapas da área urbana e mapas das sub-bacias urbanas.

Os pontos de coleta estão localizados em duas redes de drenagem diferentes existentes no campus. A primeira rede recebe contribuição majoritária de uma área urbana externa ao campus, cortando a área sul deste. A segunda rede, na área norte, recebe apenas a drenagem interna do campus.

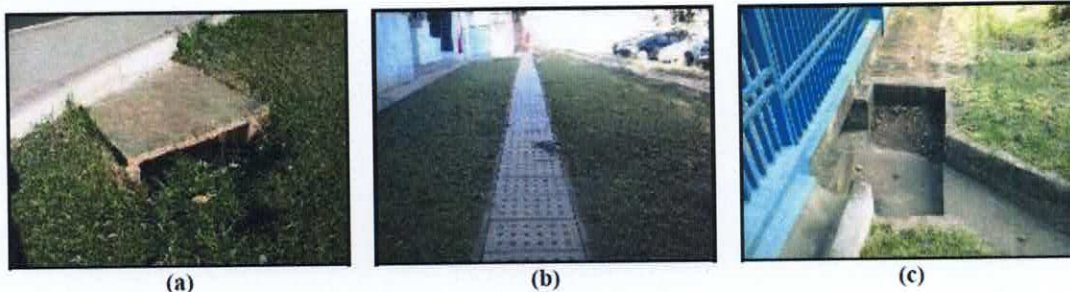


Figura 1: a) caixa de passagem pluvial ao norte do campus; b) sistema de drenagem que recebe a contribuição externa ao campus; c) sistema de drenagem após a contribuição externa e interna do campus (Fonte: os autores, 2012)

ESTRUTURAS PARA CAPTURA DE RESÍDUOS

A segunda etapa consistiu em planejar e instalar estruturas para captura dos resíduos que adentram o sistema de micro-drenagem. Inicialmente, procedeu-se a uma revisão bibliográfica específica, que apontou exemplos das diferentes estruturas ("armadilhas") desenvolvidas para esta finalidade:

- em córregos: Oliveira et al (2005) desenvolveram estrutura para captação de resíduos em córregos urbanos que envolveu a canalização de um trecho de 10 metros do corpo d'água analisado, no qual foi instalada uma gaiola basculável para captura e retirada dos resíduos. Silva et al (2011) utilizaram um dispositivo de captura fixado a um medidor de vazão construído em um trecho retilíneo do corpo d'água analisado. Brites e Gastaldini (2005), por sua vez, utilizaram redes feitas de telas de aço, instaladas transversalmente ao eixo dos rios.
- em sistemas de drenagem: Neves e Tucci (2003) apontam a utilização de cestas e redes presas aos condutos dos sistemas de drenagem.

Face à revisão empreendida, e considerando a menor escala do sistema de drenagem considerado, optou-se por utilizar armadilhas que consistiram basicamente em caixas plásticas gradeadas de três tamanhos diferentes: no sentido de garantir a melhor adaptação possível em cada ponto do sistema de drenagem, por vezes foi empregada uma combinação de duas caixas instaladas uma após a outra no sistema de drenagem.

Área norte

Ponto 1: recebe essencialmente a contribuição externa ao Campus; foi utilizada uma combinação de caixas, unidas com arame; em cada caixa foi colocado um pequeno bloco para evitar que o escoamento de água arrastasse as caixas pelo sistema de drenagem (Figura 2).

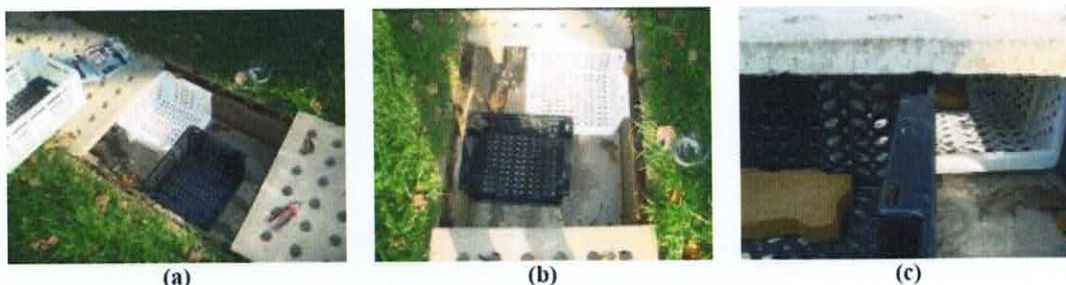


Figura 2: a) instalação das caixas; b) vista superior das caixas e fixação com arames; c) ancoragem com uso de blocos de concreto (Fonte: os autores, 2012)

Ponto 2 (próximo ao Departamento de Engenharia de Produção): recebe a soma das contribuições interna e externa do campus. Foi instalada uma caixa que foi também calçada por pesos, para evitar deslocamento (Figura 3).



(a)

(b)

(c)

Figura 3: a) instalação das caixas; b) vista superior das caixas e fixação com arames; c) ancoragem com uso de blocos de concreto (Fonte: os autores, 2012)

Ponto 3 (próximo ao edifício E1): recebe somente as contribuições interna. Foi instalada uma caixa no interior da boca de lobo (Figura 4).



(a)

(b)

(c)

Figura 4: a) local de instalação da caixa; b) vista superior da boca de lobo; c) caixa fixada em baixo da boca de lobo (Fonte: os autores, 2012)

Ponto 4 (próximo ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo - IAU): recebe somente as contribuições interna. Foi instalada uma caixa no interior da boca de lobo (Figura 5).



(a)

(b)

(c)

Figura 5: a) local de instalação da caixa; b) vista superior da boca de lobo; c) caixa fixada em baixo da boca de lobo (Fonte: os autores, 2012)

CAPTURA E CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E VOLUMÉTRICA DOS RESÍDUOS

Procedeu-se à retirada das armadilhas para caracterização gravimétrica junto ao Laboratório de Resíduos Sólidos, conforme Figura 6.



Figura 6: a) Retirada da armadilha Ponto 1; b) Retirada da armadilha Ponto 3; c) Retirada da armadilha Ponto 4 (Fonte: os autores, 2012)

Quando do momento da coleta, dos quatro pontos de coleta, apenas um apresentava os resíduos com um teor mais significativo de umidade. Assim, após a coleta, os resíduos foram espalhados sobre uma lona para se proceder à secagem, enquanto se procedia à caracterização das outras massas de resíduos coletadas.

Na caracterização, os resíduos foram divididos nos seguintes tipos, separados cada qual em um balde:

- matéria orgânica (folhas, galhos);
- plásticos (sacos, sacolas, embalagens de salgadinhos, copos);
- rejeitos (papéis, embalagens de papel, bitucas de cigarro, etc.);
- RCC (pedaços de tijolos, concreto e peças pré-moldadas, etc.);
- metais (latas de aço, alumínio, outros objetos metálicos).

Após a caracterização, foi feita a pesagem de cada um dos tipos de resíduo. Logo de início, a matéria orgânica destacou-se como o tipo mais presente. Desse modo, tais resíduos foram mantidos nos baldes para a pesagem, que foi feita em uma balança Toledo 3400, com capacidade para 30kg. Os demais resíduos, presentes em quantidades bem menores, eram transferidos para béqueres e pesados em uma balança Digimed com capacidade para 2kg.

A Figura 7 apresenta algumas fases do procedimento de caracterização gravimétrica.



Figura 7: a) Material coletado espalhado para secagem natural; b) Separação dos materiais; c) Rejeitos triados – bitucas de cigarro (Fonte: os autores, 2012)

Os resultados obtidos na caracterização em cada ponto estão apresentados na Tabela 1.



Tabela 1 – Caracterização gravimétrica por ponto amostral

Material	ponto 1		ponto 2		ponto 3		ponto 4	
	peso (kg)	%	peso (kg)	%	peso (kg)	%	peso (kg)	%
Matéria orgânica	9.65	95.5	0.15	89.3	0.29	97.0	1.72	95.7
Plásticos	0.17	1.7	0.01	7.1	0.01	2.0	0.01	0.5
Rejeitos	0.03	0.3	0.01	3.6	0.00	1.0	0.01	0.7
RCC	0.25	2.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.04	2.4
Metais	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.01	0.7
total no ponto	10.10	100.0	0.17	100.0	0.30	100.0	1.80	100.0

A soma dos quatro pontos resultou nos valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da caracterização gravimétrica

Material	peso (kg)	%
Matéria orgânica	11.81	95.5
Plásticos	0.20	1.6
Rejeitos	0.05	0.4
RCC	0.30	2.4
Metais	0.01	0.1
TOTAL	12.37	100.0

O grande volume de matéria orgânica observado no ponto 1 deveu-se provavelmente à presença ainda grande de umidade e ao fato de que, como já mencionado, este ponto encontra-se em uma região que recebe contribuições de áreas externas ao Campus, onde há inclusive grande número de construções em andamento.

Assim, a terra de escavações, combinada com a água escoada, adere-se à matéria orgânica que adentra o sistema. As construções também podem ser responsáveis pelos RCC (fragmentos de concreto) coletados naquele ponto em particular.

Os rejeitos estavam presentes em volumes pouco significativos, sendo as bitucas de cigarro o material mais frequente.

CONCLUSÕES

As caracterizações confirmaram as primeiras impressões, comprovando o predomínio de matéria orgânica nos resíduos carreados pelo sistema de drenagem do Campus. Com relação aos principais impactos de resíduos em sistemas de microdrenagem mencionados na revisão, não foi observada nenhuma obstrução dos canais avaliados. Há, no entanto, histórico de ocorrências de extravasamento, sobretudo na área do ponto 1, assim futuras coletas e caracterizações também permitirão acompanhar eventuais comprometimentos dos canais pelo acúmulo de resíduos. De qualquer modo, após atravessarem o Campus, os resíduos acabam por atingir o sistema de drenagem da cidade e finalmente, o córrego que banha a região, podendo, desse modo, causar impactos ao longo deste percurso.

Ressalta-se a necessidade de adotar medidas para o diagnóstico dos resíduos sólidos carreados para os sistemas de drenagem urbana, de modo a definir medidas que visem não só a limpeza e a prevenção de assoreamentos e obstrução de galerias, mas também considerem a possibilidade de aproveitamento de tais resíduos.

No presente estudo de caso, uma vez que dentre os resíduos captados, predominou a matéria orgânica facilmente degradável, identifica-se a possibilidade de, após a coleta e triagem, encaminhar esta fração dos resíduos para um processo de compostagem – há inclusive, uma área no Campus para o desenvolvimento de atividades de compostagem, além da composteira do programa USP Recicla, que, entre outras atividades, desenvolve programas de educação ambiental, visando à redução na geração de resíduos.



Propõe-se, para essa coleta, a adoção de estruturas de captura de resíduos, semelhante aos dispositivos utilizados na pesquisa aqui descrita. Elas seriam periodicamente retiradas dos pontos de coleta e esvaziadas, após o que a fração orgânica poderia ser separada da massa total de resíduos, sendo posteriormente encaminhada para compostagem.

Uma medida como essa contemplaria a um só tempo o que está expresso na Política Nacional de Saneamento Básico – a triagem dos resíduos, no caso para compostagem, como atividade de limpeza urbana e manejo de resíduos – e na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que aponta a necessidade de destinação final ambientalmente adequada, privilegiando alternativas de reuso, reciclagem e tratamento em lugar da simples disposição em aterros, prevista apenas para os rejeitos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARMITAGE, N.; ROOSEBOOM, A. The removal of urban litter from stormwater conduits and streams: Paper 1 - The quantities involved and catchment litter management options. *Water S.A.*, v. 26, n. 2, p. 181-187, 2000.
2. BRASIL. Lei no 11.445 de 6 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília-DF*, 8 de janeiro de 2007.
3. _____. Lei no 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. *Diário Oficial da União, Brasília-DF*, 02 de agosto de 2010.
4. _____. Decreto no 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília-DF*, 23 de dezembro de 2010.
5. BRITES, A. P. Z. Avaliação da qualidade da água e dos resíduos sólidos no sistema de drenagem urbana. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), 128 p. 2005.
6. BRITES, A. P. Z.; GASTALDINI, M.C.C. Estudo comparativo do lançamento de resíduos sólidos na drenagem urbana em duas bacias hidrográficas. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade?. Rio de Janeiro/RJ: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, p.1-8, 2005.
7. NEVES, M. G. F. P.; TUCCI, C. E. M. Gerenciamento integrado em drenagem urbana: quantificação e controle de resíduos sólidos. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Desafios à Gestão da Água no Limiar do Século XXI. Curitiba/PR: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003, v. 1, p. 1-16.
8. OLIVEIRA, A. L.; SCHETTINI, E.B.C.; SILVEIRA, A.L.L. Captação e caracterização de resíduos sólidos de arroio urbano. VI Encontro Nacional de Águas Urbanas. Belo Horizonte, 18 a 20 de maio de 2005. Disponível em: <http://www.ufnrs.br/arroiodiluvio/copy_of_sobre-o-arroio-diluvio/Artigo_VI_%20ENAU_residuos%20Solidos%20Mae%20dAgua.pdf>. Acesso em 04 set. 2012.
9. SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de Drenagem e manejo de águas pluviais – vol. 2: aspectos tecnológicos; fundamentos. São Paulo: SMDU, 220 p. 2012.
10. SILVA, A.S.; SILVEIRA, G.L.; WOLFF, D.B.; CRUZ, J.C. Captura de Resíduos Sólidos Drenados em uma Bacia Hidrográfica Urbana. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos v. 16, n.4 (Out/Dez), 149-155, 2011.
11. TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 2 (Jul/Dez), 5-12, 1997.
12. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 2. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1). 1996.