

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

SIMONE FORTES DE OLIVEIRA LIMA

**APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO IMPACTO NO  
GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM ESPAÇOS  
LIVRES URBANOS: CASO DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

CAMPO GRANDE  
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

SIMONE FORTES DE OLIVEIRA LIMA

**APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO IMPACTO NO  
GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM ESPAÇOS  
LIVRES URBANOS: CASO DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen

Aprovada em:

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen  
Orientador – DHT/CCET/UFMS

Prof. Dr.<sup>a</sup> Paula Loureiro Paulo  
Instituição – DHT/CCET/UFMS

Prof. Dr.<sup>a</sup> Andrea Naguissa Yuba  
Instituição – DEC/CCET/UFMS

CAMPO GRANDE  
2009



## DEDICATÓRIA

*Ao meu filho que foi o meu pequeno “grande” companheiro. Sempre sentia que valia o esforço, quando olhava em seus olhos brilhantes e enxergava neles o seu amor, foi o que me deu força nos momentos difíceis!*

*Ao Celso, meu amigo e companheiro em todos os momentos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor Jorge Luiz Steffen, pela dedicação e excelente orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Aos colegas do Mestrado em Tecnologias Ambientais, pela amizade e colaboração durante todo o curso.

A todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Estruturas e Construção Civil da UFMS, pela compreensão e colaboração. Em especial a aqueles que contribuíram me incentivando e assumindo outras atividades e responsabilidades para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

À acadêmica Danielle Fabrão, pela dedicação e presteza em atender às solicitações da pesquisa apesar de suas muitas atividades e especialmente pela sua amizade. Ao acadêmico Roger Daniel Dantas pela colaboração no experimento e disponibilidade em atender.

À minha família, em especial: ao Celso; pela paciência e dedicação; ao Luiz Pedro; pelo grande amor, compreensão e inspiração; à minha mãe, pela ajuda e amor incondicional e ao meu pai, (in Memoriam) que sempre me incentivou no caminho do conhecimento.

A todos que de alguma forma contribuíram com a realização desse trabalho.

*“A natureza permeia a cidade, forjando relações entre ela e o ar, o solo, a água e os organismos vivos em seu interior e a sua volta. Em si mesmas, as forças da natureza não são nem benignas nem hostis á humanidade. Reconhecidas e aproveitadas, representam um poderoso recurso para a conformação de um habitat urbano benéfico; ignoradas ou subvertidas, ampliam os problemas que há séculos castigam as cidades, como enchentes, deslizamentos a poluição do ar e da água. Infelizmente as cidades têm explorado as forças naturais que existem dentro delas.”*

*Anne Whiston Spirn*

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                      |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DEDICATÓRIA .....</b>                                                                                                                             | <b>iv</b>   |
| <b>AGRADECIMENTOS .....</b>                                                                                                                          | <b>v</b>    |
| <b>EPÍGRAFE.....</b>                                                                                                                                 | <b>vi</b>   |
| <b>SUMÁRIO .....</b>                                                                                                                                 | <b>vii</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                                                                                                         | <b>ix</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                                                                                                        | <b>xi</b>   |
| <b>LISTA DE SIGLAS .....</b>                                                                                                                         | <b>xii</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                                   | <b>xiii</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                                                 | <b>xiv</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                             | <b>15</b>   |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                                                                                                             | <b>21</b>   |
| <b>3 PROBLEMAS E DEBATES.....</b>                                                                                                                    | <b>22</b>   |
| <b>3.1 A Infraestrutura Urbana e o Modelo de Saneamento Adotado no Brasil e no Mundo.....</b>                                                        | <b>22</b>   |
| <b>3.2 Tendências Atuais na Gestão de Águas Pluviais Novas Tecnologias de Controle das Águas Pluviais: LID - <i>Low Impact Development</i> .....</b> | <b>35</b>   |
| 3.2.1 Benefícios e limitações .....                                                                                                                  | 37          |
| 3.2.2 Tipos de Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto .....                                                                                 | 38          |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>                                                                                                                            | <b>56</b>   |
| <b>4.1 O caso do campus da UFMS .....</b>                                                                                                            | <b>56</b>   |
| 4.1.1 Caracterização do Local de Implantação do Experimento: Reservatórios para Captação de Água de Chuva .....                                      | 60          |
| 4.1.1.1 Etapa 1: escolha do local .....                                                                                                              | 60          |
| 4.1.1.2 Etapa 2: montagem do experimento .....                                                                                                       | 62          |
| 4.1.1.3 Etapa 3: funcionamento dos reservatórios .....                                                                                               | 63          |
| 4.1.1.4 Etapa 3: análise de águas de chuva .....                                                                                                     | 65          |
| <b>4.2 Propostas para o Estacionamento Central .....</b>                                                                                             | <b>70</b>   |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                                                                                                | <b>80</b>   |
| <b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>                                                                                                             | <b>82</b>   |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                              | <b>83</b>   |
| <b>ANEXO 1 .....</b>                                                                                                                                 | <b>87</b>   |
| <b>ANEXO 2.....</b>                                                                                                                                  | <b>88</b>   |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>ANEXO 3</b> .....    | <b>89</b> |
| <b>APÊNDICE 1</b> ..... | <b>90</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|              |                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1:  | Distribuição por tipo de consumo no mundo.....                              | 15 |
| Figura 1.2:  | Distribuição por tipo de uso no mundo.....                                  | 17 |
| Figura 1.3:  | Distribuição de água por tipo de consumo no Brasil.....                     | 17 |
| Figura 3.1:  | Vista do Aqueduto romano em Nimes na França: Le Pont du Gard.....           | 23 |
| Figura 3.2:  | Vale do Indo, Paquistão, +/- 4000 a.C.....                                  | 24 |
| Figura 3.3:  | Cloaca máxima.....                                                          | 25 |
| Figura 3.4:  | Vista interna da Cloaca Máxima.....                                         | 25 |
| Figura 3.5:  | Sistema convencional de drenagem urbana e alguns de seus componentes...     | 26 |
| Figura 3.6:  | Canal com sistema de gabião no Córrego Prosa.....                           | 27 |
| Figura 3.7:  | Esquema de um sistema clássico de drenagem urbana.....                      | 29 |
| Figura 3.8:  | Evolução da população em áreas urbanas.....                                 | 30 |
| Figura 3.9:  | Mudanças no ciclo hidrológico como um resultado da urbanização.....         | 32 |
| Figura 3.10: | <i>Swale</i> .....                                                          | 37 |
| Figura 3.11: | Típico sistema de bio-retenção.....                                         | 39 |
| Figura 3.12: | <i>Swale</i> gramado com subdivisões em pedras. ....                        | 40 |
| Figura 3.13: | Cobertura verde no edifício <i>Multnomah County</i> , Portland, Oregon..... | 42 |
| Figura 3.14: | Cobertura verde.....                                                        | 43 |
| Figura 3.15: | O esquema da cobertura verde.....                                           | 45 |
| Figura 3.16: | Pavimento permeável.....                                                    | 46 |
| Figura 3.17: | Jardim de chuva e seus benefícios.....                                      | 48 |
| Figura 3.18: | Esquema de uma residência com aproveitamento pluvial.....                   | 52 |
| Figura 3.19: | Filtro para água de chuva bruta.....                                        | 52 |
| Figura 3.20: | Ilustração de uma biovaleta.....                                            | 55 |
| Figura 3.21: | Ilustração de um canteiro pluvial.....                                      | 55 |
| Figura 4.1:  | Bacia do Bandeira.....                                                      | 58 |

|              |                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.2:  | Vista do local escolhido para o experimento.....                            | 61 |
| Figura 4.3:  | Infiltração abaixo do local onde foi implantado o reservatório.....         | 61 |
| Figura 4.4:  | A retirada da água do pluviômetro.....                                      | 62 |
| Figura 4.5:  | Pluviógrafo para conferência do registro temporal dos eventos de chuva..... | 62 |
| Figura 4.6:  | Reservatório com lona em fase de montagem e após a montagem.....            | 63 |
| Figura 4.7:  | Reservatório com lona em fase de montagem e após a montagem.....            | 63 |
| Figura 4.8:  | Caixa para onde vai a primeira chuva.....                                   | 64 |
| Figura 4.9:  | Os extravazores dos reservatórios.....                                      | 64 |
| Figura 4.10: | Conexões que controlam a entrada de água nos reservatórios.....             | 64 |
| Figura 4.11: | Realização da análise.....                                                  | 66 |
| Figura 4.12: | Verificação da vazão do reservatório.....                                   | 66 |
| Figura 4.13: | Realização da filtragem com filtro simples (vela).....                      | 67 |
| Figura 4.14: | Vista aérea do estacionamento central da UFMS.....                          | 72 |
| Figura 4.15: | Foto do estacionamento.....                                                 | 72 |
| Figura 4.16: | Canaletas para onde são escoadas as águas do estacionamento.....            | 73 |
| Figura 4.17: | Foto de área da pista parcialmente alagada.....                             | 73 |
| Figura 4.18: | Árvore com caule comprometido.....                                          | 74 |
| Figura 4.19: | Uma das saídas das canaletas do estacionamento.....                         | 74 |
| Figura 4.20: | Esquema de Bioretenção.....                                                 | 76 |
| Figura 4.21: | Concregrama.....                                                            | 76 |
| Figura 4.22: | Concreto poroso.....                                                        | 76 |
| Figura 4.23: | Asfalto poroso.....                                                         | 76 |

## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1.1 | Produção hídrica do mundo por região.....                                                                                                                                                                                        | 16 |
| Tabela 1.2 | Produção hídrica na América do Sul.....                                                                                                                                                                                          | 16 |
| Tabela 1.3 | Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões e suas respectivas populações e áreas.....                                                                                                                                         | 16 |
| Tabela 3.1 | Fases do desenvolvimento das águas urbanas.....                                                                                                                                                                                  | 27 |
| Tabela 4.1 | Precipitação acumulada (mm) em Campo Grande – 1996-2007.....                                                                                                                                                                     | 59 |
| Tabela 4.2 | Amostra de Água de chuva.....                                                                                                                                                                                                    | 68 |
| Tabela 4.3 | Espécies levantadas em todo o estacionamento, número de indivíduos por espécies e sua frequência em porcentagem, no dia 16-09-2008.....                                                                                          | 74 |
| Tabela 4.4 | Características das espécies arbóreas levantadas apresentando: nome científico, família; porte (P=pequeno com altura até 5m; M= médio com altura entre 5 e 10m; G= grande com altura acima de 10m); ocorrência; deciduidade..... | 76 |
| Tabela 4.5 | Comparativo de áreas das propostas e número de vagas.....                                                                                                                                                                        | 79 |

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CVL: Cobertura Verde Leve

EESC: Escola de Engenharia de São Carlos

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

IQSC: Instituto de Química de São Carlos

LID: Low Impact Development

MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia

PROPP: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

UFMS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

USP: Universidade de São Paulo

## RESUMO

LIMA, S.F.O. (2009). *Aplicação de Tecnologias de Baixo Impacto no Gerenciamento das águas pluviais em espaços livres urbanos: caso do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*, 2009. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A ocupação urbana ocasiona o aumento de áreas impermeáveis, como telhados, passeios públicos, ruas, estacionamentos e outros, alterando as características de volume e qualidade do ciclo hidrológico. Além dessas alterações, são observadas outras interferências decorrentes dentre as quais pode-se citar o aumento da temperatura. O aumento das superfícies impermeabilizadas resulta na ocorrência de enchentes urbanas cada vez mais frequentes e, na degradação da qualidade das águas pluviais. O escoamento superficial decorrente das chuvas torrenciais é responsável pela disseminação de doenças após as enchentes e poluição dos mananciais urbanos; provocando danos materiais e riscos à vida humana. Com este trabalho buscou-se estudar possibilidades para a utilização e destinação da água da chuva de forma a atenuar os referidos impactos na vida urbana, auxiliando na manutenção do ciclo hidrológico natural. Realizou-se análise de um “sistema piloto” para a coleta das águas de chuva incidentes sobre áreas cobertas. A qualidade da água coletada e armazenada foi analisada antes e depois do processo de filtragem. Para comparação dos parâmetros, foram definidas formas de utilização da água; dentre os quais podem ser citados os processos de limpeza, descarga de bacias sanitárias e irrigação de jardins. A qualidade do escoamento em questão foi monitorada antes e após o processo de filtragem, efetuando-se o balanço hídrico durante o período do projeto. Foram analisadas propostas de implantação de área para estacionamento com a utilização de pavimentos permeáveis aliadas ao uso intensivo de vegetação e uma proposta de vegetação adequada ao local, com a finalidade de melhorar as condições de infiltração e redução dos volumes escoados superficialmente após chuvas torrenciais.

**Palavras-chave:** Águas pluviais; pavimento permeável; tecnologias de baixo impacto.

## ABSTRACT

LIMA, S.F.O. (2009). *Application of Low Impact Technologies in the Management of pluvial waters in urban free spaces: case of the Campus of UFMS, 2009 .91p. Master Dissertation – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

The urban occupation causes the increase of impermeable areas as public sidewalks, roofs, streets, parkers and others, modifying the characteristics of volume and quality of the hydrological cycle. Beyond these changes are observed other interference from among which one can cite the increase in temperature. The increase in impermeable surfaces result in the occurrence of urban flooding more frequent, and the degradation of the quality of rainwater. The surface runoff resulting from heavy rainfall is responsible for the spread of diseases after the floods and urban pollution of water sources, causing property damage and risks to human life. This work aimed to study possibilities for the use and disposal of rainwater to mitigate those impacts on urban life, helping maintain the natural hydrologic cycle. Analysis was a "pilot system" for the collection of rainwater incident on the covered areas. The quality of water collected and stored was analyzed before and after the filtering process. To compare the parameters were defined forms of water use, among whom may be mentioned the cleaning, flushing toilets and watering gardens. The quality of runoff in question was monitored before and after the filtering process, by performing the water balance during the project period. We analyzed the proposed deployment area for parking with the use of porous pavements coupled with the intensive use of vegetation and proposed vegetation to suit the place, in order to improve the infiltration and reduced surface runoff volume after heavy rains.

**Keywords:** Rainwater; permeable pavement; low-impact technologies.

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são limitados e são de fundamental importância para a vida humana na terra. Setenta por cento do nosso planeta é coberto por água, no entanto, do total existente, apenas 2,5% dos recursos hídricos são compostos por água doce. Tal volume está distribuído de acordo com a Figura 1.1.

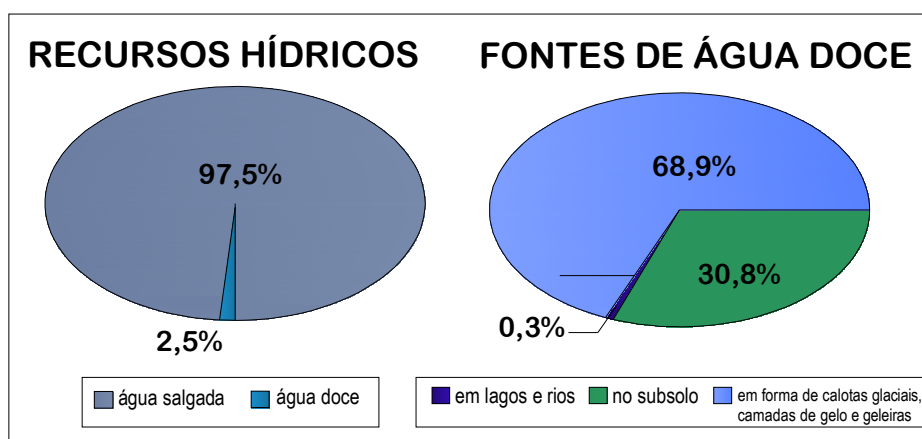


Figura 1.1 – Distribuição por tipo de consumo no mundo.  
Fonte: Phillipson, 2010, p.22.

A distribuição da água doce no planeta é bastante irregular. Considerando os fatores condicionantes naturais, observa-se que em alguns países a disponibilidade hídrica é muito pequena, comparada a outros com grande disponibilidade. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que dentre os 2,5% de água doce, apenas 1% esteja disponível e acessível para o consumo humano (Phillipson, 2010, p. 22).

A utilização dos recursos hídricos de forma indiscriminada, ao longo dos anos, pode ser considerada uma das causas da escassez de água no mundo todo. O consumo deliberado e sem controle acarreta o esgotamento das reservas subterrâneas e intensifica o desequilíbrio ecológico. O crescimento demográfico associado à elevada ocupação em áreas urbanas acarreta o aumento das taxas de impermeabilização do solo, afetando negativamente o ciclo hidrológico, dificultando a infiltração e a recarga das águas subterrâneas. (Tucci, 1997, p. 5).

Atualmente estima-se que 40% da população mundial sofrem com a escassez de água; situação que tende a se agravar nos próximos anos à medida que a população cresce, principalmente nos países subdesenvolvidos. (Phillipson, 2010, p. 22).

A Tabela 1.1 demonstra a variação da produção hídrica no mundo por região.

Tabela 1.1 – Produção hídrica do mundo por região

| Regiões do mundo     | Vazão média | Porcentagem |
|----------------------|-------------|-------------|
| Ásia                 | 458.000     | 31,6        |
| América do Sul       | 334.000     | 23,1        |
| América do Norte     | 260.000     | 18,0        |
| África               | 145.000     | 10,0        |
| Europa               | 102.000     | 7,0         |
| Antártida            | 73.000      | 5,0         |
| Oceania              | 65.000      | 4,5         |
| Austrália e Tasmânia | 11.000      | 0,8         |
| Total                | 1.448.000   | 100,0%      |

Fonte: Tomaz, 2003, p. 20.

Assim como nas diferentes regiões do mundo, a distribuição de água é irregular na América do Sul e também no Brasil. A Tabela 1.2 demonstra a produção hídrica na América do Sul.

Tabela 1.2 – Produção hídrica na América do Sul

| América do Sul | Vazão média | Porcentagem |
|----------------|-------------|-------------|
| Brasil         | 177.900     | 53          |
| Ouros países   | 186,6       | 47          |
| Total          | 334.000     | 100%        |

Fonte: Tomaz, 2003, p.20.

Na Tabela 1.3 está discriminada a disponibilidade hídrica no Brasil por regiões em quilômetros cúbicos e em porcentagem e a distribuição da população em suas respectivas áreas por quilômetros quadrados, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 1999.

Tabela 1.3 – Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões e suas respectivas populações e áreas

| Regiões do Brasil | Vazão média (Km³/ano) | Porcentagem (%) | Área (Km²) | População 1999 | Porcentagem da população (%) |
|-------------------|-----------------------|-----------------|------------|----------------|------------------------------|
| Norte             | 3.845,5               | 68,5            | 3.869.637  | 12.133.705     | 7,40                         |
| Nordeste          | 186,2                 | 3,3             | 1.561.177  | 46.289.042     | 28,23                        |
| Sudeste           | 334,2                 | 6,0             | 927.286    | 69.858.115     | 42,61                        |
| Sul               | 365,4                 | 6,5             | 577.214    | 24.445.950     | 14,91                        |
| Centro-Oeste      | 878,8                 | 15,7            | 1.612.077  | 11.220.742     | 6,85                         |
| Total             | 5.610,0               | 100%            | 8.547.403  | 163.947.554    | 100%                         |

Fonte: Tomaz, 2003, p.20.

A distribuição de água e a distribuição da população por área também é irregular no Brasil. Deve-se observar que a região Norte é a maior em área e disponibilidade hídrica e, no entanto, a população é relativamente pequena. A região sudeste é uma das menores do país, abriga a maior população, e sua disponibilidade hídrica está entre as menores.

A água é utilizada de várias formas, com diversas finalidades, dentre as quais o consumo humano, o consumo agrícola e o consumo industrial podem ser considerados os principais.

Na Figura 1.2 está relacionada a distribuição de água por tipo de uso no mundo.

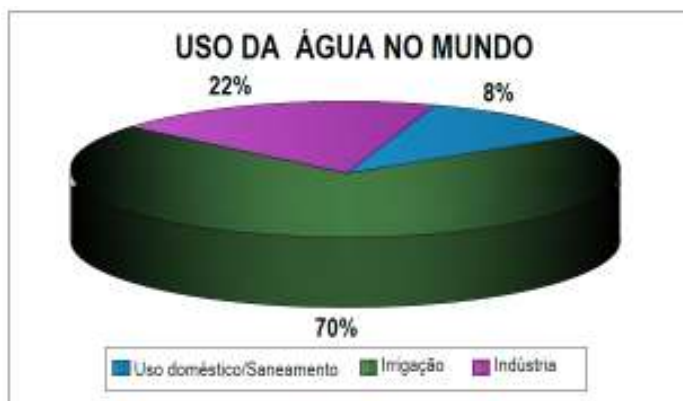


Figura 1.2 – Distribuição por tipo de uso no mundo.  
Fonte: Phillipson, 2010, p.22.

Na Figura 1.3 está representada a distribuição de água por tipo de consumo no Brasil.

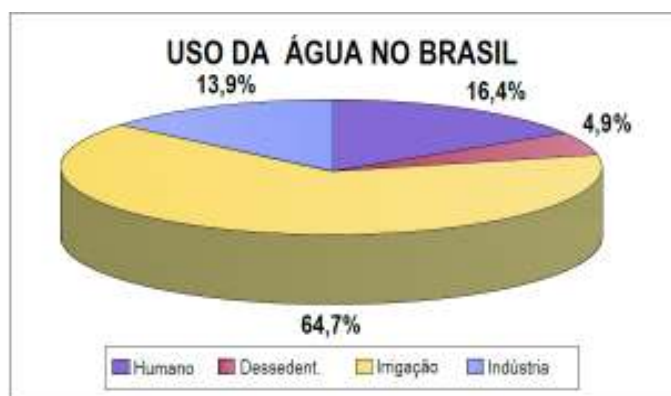


Figura 1.3 – Distribuição de água por tipo de consumo no Brasil.  
Fonte: Tucci, 2003, p. 64.

O consumo humano ou doméstico baseia-se na alimentação, higiene pessoal e limpeza da casa e utensílios ou roupas. A demanda média é de, aproximadamente, 50 litros diários por pessoa; podendo variar de acordo com o poder aquisitivo da população e o nível de desenvolvimento da região. Em países subdesenvolvidos o consumo de água pode ser de apenas 10 litros diários por pessoa e chegar a 150 litros em países como o Reino Unido (Phillipson, 2010, p.22). Segundo Bauman (2008), o consumo médio de água em casa é distribuído da seguinte forma:

- 45% na descarga do banheiro;
- 30% em higiene corporal;

- 20% na lavagem de roupa, de louças, limpeza de casa, rega do jardim;
- 5% para beber e alimentação.

Segundo Tucci (2003, p. 57), o consumo humano não apresenta demanda significativa quando comparada à da irrigação, porém a degradação das águas superficiais e subterrâneas e a concentração de demanda em grandes áreas urbanas ocasionam limitações para o consumo. As águas próximas às cidades são contaminadas pelas cargas de esgoto cloacal, industrial e escoamento superficial lançados nos rios.

A atividade agrícola é uma grande consumidora de água, estima-se que, no mundo, são utilizadas quase 70% da água dos rios, lagos e aquíferos com tal atividade. No Brasil o consumo é de aproximadamente 64,75% (Tucci, 2003, p. 62). É vital que se busque a eficiência nessa atividade, mediante pesquisas e estudos, pois qualquer desperdício é muito prejudicial ao sistema de abastecimento de água. Calcula-se que só chega à zona de cultivo entre 15% e 50% da água que é extraída para a irrigação, o restante da água é perdido no caminho; seja por evaporação, por absorção ou de vazamentos (Semana Interamericana da Água, 2002).

A indústria é também uma grande consumidora de água, principalmente nos países desenvolvidos. Estima-se que as indústrias utilizam de  $1/2$  a  $3/4$ , de toda água extraída, em comparação com a média mundial que chega somente a  $1/4$  (Werdine, 2002, p.41).

Desde o princípio dos tempos, a água faz parte da vida animal e vegetal, constituindo-se em um bem “insubstituível para a vida”. No entanto, as condições em que hoje se encontram os córregos, rios, mares, pântanos, lagos e fontes, e a forma como estão sendo conduzidas as políticas públicas de planejamento urbano e de recursos hídricos, realmente não condizem com a afirmação de que sem água não existe vida.

Em 2000 foi firmado um compromisso, entre 189 países, na Organização das Nações Unidas – ONU, denominado de Compromisso do Milênio, que trata das responsabilidades de todo ser humano ou sociedade que utiliza a água. Sua proteção constitui-se em uma obrigação jurídica, sendo, portanto, imprescindível o planejamento da gestão da água e que ela “...deve ser manipulada com racionalidade; precaução e parcimônia”.

A população urbana vem passando por problemas com o escoamento das águas pluviais, tanto no sentido da quantidade escoada, quanto da qualidade da água escoada. A primeira provoca enchentes e estragos na cidade; a segunda, disseminação de doenças após as enchentes.

Com os problemas ocasionados pelas enchentes, que levam poluentes aos mananciais urbanos, muitas cidades e algumas regiões do Brasil já sofrem os efeitos perversos de um modelo de desenvolvimento que não se preocupa com a conservação dos recursos naturais e, em especial, dos recursos hídricos que já se mostram escassos. Estudos demonstram que com a urbanização, aumentam os índices de impermeabilização dos solos, dando origem às alterações do ciclo hidrológico, diminuindo a evapotranspiração e a infiltração das águas pluviais no solo. Tais fatores são determinantes para uma menor recarga das águas subterrâneas, para o aumento do escoamento superficial, maiores riscos de enchentes e, ainda, alterações no clima, pois diminuem a umidade que proporciona a criação de micro-climas que atenuam os efeitos da radiação solar e auxiliam na estabilidade da temperatura (Tucci, 1997, p.5).

Essa dissertação faz parte de projeto de pesquisa aprovado pelo CNPq, no Edital MCT/CNPq 15/2007 – Universal composto por três trabalhos de iniciação científica, cadastrados na PROPP, e que trarão subsídios para a conclusão da dissertação e do projeto de pesquisa. As iniciações têm como tema: “Análise das vegetações adequadas para estacionamentos considerando absorção de água, conforto térmico e estético”; “Análise da utilização de pisos permeáveis e vegetação em estacionamentos para melhoria das condições de infiltração e aproveitamento de águas pluviais” e “Avaliação quantitativa e qualitativa das águas no aproveitamento pluvial na UFMS”.

As principais justificativas do trabalho são os problemas acarretados pelas pesadas chuvas, combinados com grandes áreas de solos impermeáveis nas áreas urbanas, que atuam concentrando a vazão de águas pluviais para os pontos mais baixos das bacias hidrográficas a uma velocidade cada vez maior. Os resultados desse processo são: a erosão, acelerada pela perda da floresta nativa; as enchentes que desabrigam as populações alojadas às margens dos corpos de água e prejudicam a fauna e flora e, ocasionam ainda, a poluição dos corpos de água, resultando em graves problemas de saúde pública.

As mudanças nos conceitos tradicionais tornam-se necessárias no gerenciamento dos recursos hídricos e das águas pluviais, para estimular a ampliação das áreas permeáveis e, de forma mais abrangente, ampliar a infiltração das águas de chuva no solo.

Observa-se que a retenção de água de chuva, em espaços abertos, combinada com mecanismos para estimular a infiltração, é agente de extrema importância para atenuar os problemas atuais de drenagem urbana.

Segundo Canholi (2005, p.16), sistemas alternativos para o combate dos problemas das cheias urbanas têm sido estudados no mundo todo; no Brasil a aplicação desses conceitos

inovadores e a discussão sobre a sua aplicabilidade ainda é incipiente. O sistema de captação e uso das águas pluviais, proveniente das águas dos telhados canalizadas para um reservatório, pode ser uma possibilidade de abastecimento e uso humano, e está dentre esses sistemas alternativos. A finalidade é racionalizar o uso da água, diminuindo ainda os grandes volumes que são escoados através das vias públicas para o sistema de drenagem tradicional, carreando todo tipo de dejetos e poluentes para os mananciais urbanos, mas sem tratamento adequado.

Diante de tais considerações, evidencia-se a necessidade de uma mudança conceitual na forma de implantação dos empreendimentos, na busca de maior equilíbrio entre as edificações e o meio natural.

Um meio de se atingir essa meta é identificar os caminhos naturais da água – de chuva, riachos, nascentes – e transformá-los em parte integral da estrutura dos espaços livres das cidades.

Essa preocupação se reflete no conceito de “infraestrutura verde”, que tem como premissa que espaços livres e paisagismo devam contribuir para múltiplos benefícios à comunidade, como a redução da incidência e efeitos das enchentes, a redução de erosão do solo e da sedimentação das águas, o tratamento de efluentes, a criação de áreas de recreação e oportunidades para se plantar hortas.

A infraestrutura verde e a LID – *Low Impact Development* constituem-se, também, em sistemas alternativos que baseiam-se na utilização de vegetação para auxiliar no processo de infiltração e proporcionando a filtragem das águas pluviais, incluindo a retirada de poluentes.

A existência de áreas verdes amplas e adequadas auxilia na absorção natural da água pelo solo, diminuindo o volume no sistema de drenagem pública e aumentando a qualidade da água absorvida, além do ganho em conforto térmico e o benefício estético com o uso de técnicas de paisagismo.

Dessa forma, procura-se apresentar as vantagens que a vegetação traz para solucionar a problemática referida e os problemas ocasionados pelo desmatamento que resulta do crescimento das cidades.

## 2 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral estudar novas possibilidades para o uso racional e eficiente das águas no meio urbano, concentrando-se na utilização das águas pluviais e nas tendências atuais de gestão da drenagem urbana.

Os objetivos específicos do desenvolvimento da dissertação são:

1. Conceituar as tecnologias de manejo de águas pluviais de baixo impacto ambiental através de revisão bibliográfica;

2. Avaliar as metodologias convenientes de desenvolvimento de baixo impacto para o Campus;

3. Analisar a qualidade de água em unidade piloto:

- Verificar a qualidade dos escoamentos nos telhados para avaliar se é viável sua utilização em processos gerais de limpeza;

4. Acompanhar e avaliar o projeto desenvolvido para o estacionamento central da UFMS:

- Analisar o potencial do estacionamento central do campus;
- Encontrar alternativas para o aumento da “retenção e infiltração” das águas pluviais, através do aumento das áreas permeáveis e o uso intensivo da vegetação;
- Avaliar o projeto desenvolvido pelas acadêmicas verificando as dificuldades encontradas e as soluções adotadas;
- Avaliar as condições atuais e as condições futuras com as mudanças propostas.

### 3 PROBLEMAS E DEBATES

#### 3.1 A Infraestrutura Urbana e o Modelo de Saneamento Adotado no Brasil e no Mundo

Mascaró e Yoshinaga (2005) pontuam que o espaço urbano não é constituído simplesmente pela combinação entre áreas edificadas e áreas livres, interligadas através de sistemas viários. Acrescenta que outros sistemas são necessários para dar condições à vida urbana. Esses sistemas fazem parte da infraestrutura urbana que:

[...] possibilitam seu uso e de acordo com sua concepção, se transformam em elemento de associação entre a forma, a função e a estrutura. Também podem contribuir para que o conjunto urbano se apresente como fragmento de um catálogo incoerente (p.13).

O termo infraestrutura pode ser definido como um conjunto de serviços e equipamentos, públicos ou privados, fundamentais à manutenção da vida nas cidades. Esses serviços buscam o desenvolvimento das funções urbanas em todas as suas dimensões: social; econômica e institucional. Na dimensão social, a infraestrutura urbana objetiva condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. Na dimensão econômica, a infraestrutura urbana deve propiciar o desenvolvimento das atividades produtivas de forma eficaz (Zmitrowisk; Neto, 1997, p.2).

Sob a dimensão institucional, entende-se que a infraestrutura urbana deve fornecer os meios necessários à gestão da própria cidade. Tais serviços são compostos por redes de energia elétrica e iluminação pública, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e lixo, drenagem pluvial, arborização, telecomunicação etc. Essas redes são dimensionadas de acordo com o porte e as necessidades das cidades e estão condicionadas ao suporte do sítio natural e suas características físico-biológicas, entre outras (Zmitrowisk; Neto, 1997, p.2).

Na literatura, relatos sobre a existência das redes de infraestrutura nas cidades indicam que essa é tão antiga quanto às próprias cidades, uma vez que compõem o tecido urbano. Entre todas as redes, a primeira a surgir, obviamente pela necessidade de acesso, foi a rede viária. As próximas são as redes sanitárias, das quais se encontram excelentes exemplos em Jerusalém e Roma antiga e, finalmente, as redes energéticas, em fins do século XIX (Mascaró; Yoshinaga, 2005).

Um exemplo de rede de abastecimento de água é o aqueduto romano próximo à Nîmes na França sobre o rio Gard, construído no século I a.C. que aparece na Figura 3.1.

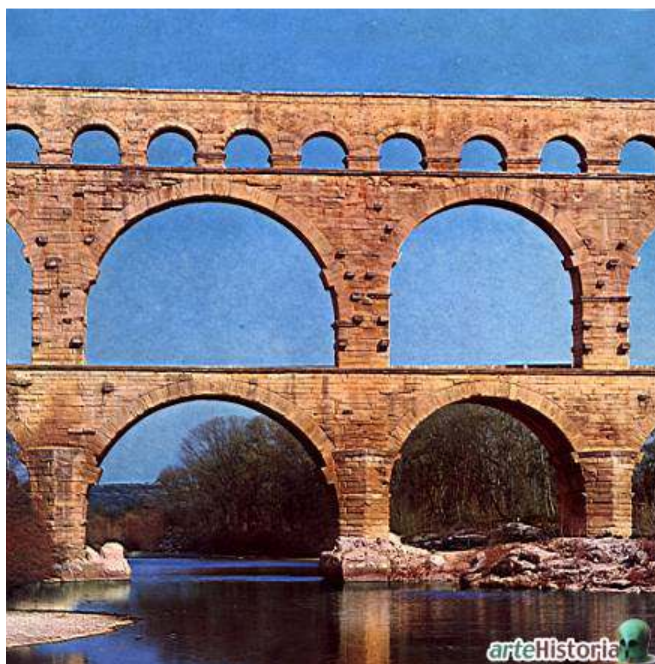


Figura 3.1 – Vista do Aqueduto romano em Nîmes na França: Le Pont du Gard  
Fonte: Arthehistoria

Segundo Fernandes (2002), a drenagem, inicialmente, era considerada como um complemento da irrigação e, posteriormente, evoluiu para uma técnica com objetivos definidos, tais como, recuperar áreas inundadas, controlar a umidade dos solos e ou canalizar as águas para retirá-las do terreno ou ainda para sua utilização. Com a evolução das técnicas modernas, projetos complexos exigem detalhamento dos elementos que fazem parte da rede de drenagem. A drenagem é considerada um método eficaz para manter a salubridade em áreas urbanas e faz parte de um conjunto de obras de infraestrutura necessárias para garantir as condições primordiais para as propriedades urbanas.

Observa-se, ao longo da história, que as civilizações possuem alternativas de saneamento. Pesquisas arqueológicas apontam que, na Índia, foram encontradas ruínas de uma civilização, de cerca de 4000 anos atrás, onde havia vestígios de banheiros, esgotos nas construções e drenagem nas ruas (Figura 3.2).



Figura 3.2: Vale do Indo, Paquistão, +/- 4000 a.C.  
Fonte: Fernandes, 2002.

O degelo do Himalaia causava cheias anuais, responsáveis pelo depósito de camadas aluvionais altamente férteis sobre a planície. Enquanto as civilizações mesopotâmicas e egípcias se dedicavam a erguer muralhas, túmulos e templos para conter as enchentes; o povo do vale do Indo dedicava-se a árdua tarefa de colocar suas acomodações acima do nível das águas. Eles construíam enormes plataformas de terra batida e entulhos; e cada casa dispunha de um banheiro com chão pavimentado em declive e de um sistema de escoamento de água que desembocava em um sofisticado sistema de encanamento pelos quais a água servida corria para dutos ou esgotos centrais (Fernandes, 2002).

Mascaró e Yoshinaga (2005) colocam que existem exemplos de redes sanitárias em Jerusalém e na Roma antiga que são interessantes para serem analisados. Roma possuía um excelente sistema de abastecimento de água, estendida, também, à maioria das cidades do Império. Os romanos traziam a água de longe, conduzida para grandes depósitos que, de um lado, serviam para armazenamento e, de outro, para depuração por decantação. Esses depósitos são antecedentes históricos de nossos atuais sistemas de tratamento de água. No apogeu do Império Romano, havia mais de 50 km de grandes aquedutos e 350 km de canalizações de água na capital Roma.

Ainda citando Mascaró e Yoshinaga (2005), após resolver os problemas de abastecimento de água, veio a necessidade de eliminar os líquidos residuais. Assim, há sinais de que os povos egípcios, babilônios, assírios e fenícios possuíam redes de esgoto. Porém, a primeira rede claramente organizada que se conhece é a de Roma, contendo uma série de

ramais que se uniam formando uma coletora mestra que, com uma aparência similar aos aquedutos, transportava para longe da cidade as águas servidas.

Segundo Fernandes (2002), a Cloaca Máxima de Roma que aparece nas Figuras 3.3 e 3.4 é a maior das obras de drenagem romana que ainda funciona. Esse canal da água drenava o solo encharcado aos pés da colina do Capitólio, até esvaziar no Tibre. Foi construído com blocos de pedra, em sua primeira seção e em vários pontos ao longo do trajeto deságuam drenos subterrâneos menores e tampados. Atualmente a Cloaca Máxima ainda é parte do sistema de drenagem de Roma, teve o seu trecho final retificado e deságua perpendicularmente à margem murada do rio.



Figura 3.3: Cloaca máxima.  
Fonte: Arthistoria, s.d.



Figura 3.4: Vista interna da  
Cloaca Máxima.  
Fonte: Fernandes, 2002.

Em Londres, 1831, aparece a primeira legislação regulamentando os esgotos.

Após a peste da cólera, em 1835 são constituídas na Alemanha comissões para debater e estabelecer normas para os esgotos das cidades alemãs.

Na Espanha, no denominado plano de “ampliação” que Cerdá desenvolveu para a cidade de Barcelona, são projetadas ruas como um verdadeiro sistema complexo, incluindo canalizações de coleta de esgoto no sistema viário. Na Inglaterra foi criada em 1876 a primeira legislação contra a poluição causada pelos esgotos nos rios e em outros corpos de água.

Nas cidades medievais podem ser vistos exemplos do sistema atual de drenagem e esgoto em fotos e esquema de galerias de esgoto. Em Paris, eram utilizados canais com declividades de forma a afastar as águas pluviais das edificações, evitando a erosão das fundações. Já nas cidades medievais as ruas de pedestres tinham também a função de condução das águas pluviais, função essa que foi complementada nas grandes cidades pelo

uso de galerias pluviais subterrâneas. Essas galerias respondiam a duas funções: escoar os esgotos e escoar as águas pluviais (Mascaró; Yoshinaga, 2005).

O sistema que mistura o esgoto e as águas pluviais é denominado sistema unificado e tem a desvantagem de dificultar ou mesmo impedir o tratamento do esgoto, tanto que foi abandonado nos Estados Unidos e na Europa.

Não obstante, apesar de todos os inconvenientes é usado, até hoje, em países de terceiro mundo. Os tipos mais utilizados são sistemas separados de redes de esgoto e águas pluviais cujo produto, ao final, é lançado em conjunto, no curso de água mais próximo, o que compromete a qualidade da água e as condições de saneamento das áreas próximas.

De acordo com Mascaró e Yoshinaga (2005), o sistema convencional de drenagem das águas pluviais nas cidades de terceiro de mundo constitui-se por ruas pavimentadas com guias e sarjetas; galerias subterrâneas e seus sistemas de captação. Parte desse sistema aparece na Figura 3.5:



Figura 3.5: Sistema convencional de drenagem urbana e alguns de seus componentes.  
Fonte: Watanabe, s.d.

Os canais podem ser naturais (rios ou córregos) ou artificiais; contudo, os de concreto ou de gabião são os mais usuais. Os sistemas de drenagem compreendem, ainda, os condutos fechados e condutos livres; podem ser urbanos e/ou rurais e visam escoar as águas de chuvas e evitar enchentes. A Figura 3.6 mostra o Córrego Prosa em Campo Grande em Mato Grosso do Sul, que é um canal com sistema de gabião.



Figura 3.6: Canal com sistema de gabião no Córrego Prosa.  
Fonte: Carrilho, 2009.

A Tabela 3.1 demonstra as várias fases do desenvolvimento das águas nas cidades desde o período pré-higienista até a fase atual que começa com o desenvolvimento sustentável.

Tabela 3.1 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

| Fase                                               | Características                                                                                       | Consequências                                                                         |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pré-higienista: até início do século XX</b>     | Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.  | Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações                                  |
| <b>Higienista: antes de 1970</b>                   | Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.                                | Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações. |
| <b>Corretiva: Entre 1970 e 1990</b>                | Tratamento do esgoto, doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.                            | Recuperação dos rios restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental. |
| <b>Desenvolvimento sustentável: Depois de 1990</b> | Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural. | Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida         |

Fonte: Tucci, 2007.

Segundo Moretti e Nishihata (2006), os conceitos e propostas técnicas para o controle das águas de chuva nas cidades passaram por significativas mudanças nos últimos anos:

Durante décadas vigorou o conceito de “drenagem”, ou seja, as obras de engenharia hidráulica buscavam o mais rápido e eficiente afastamento das águas de chuva. Como essa prática mostrou-se ineficaz gradativamente esse conceito foi sendo complementado por outros, como o de “detenção” e de “infiltração”; no primeiro se busca armazenar temporariamente parte da água precipitada, e o segundo preconiza a infiltração da água de chuva em locais próximos a sua precipitação. Ambos atuam de forma de evitar as enchentes e outras consequências das grandes obras de drenagem.

Segundo Mascaró e Yoshinaga (2005), o conceito tradicional de drenagem urbana não leva em consideração, primeiro: a capacidade de absorção do solo permeável que poderia ser aproveitada, em segundo lugar: dentro das cidades, em áreas adequadas, poderiam ser criados reservatórios a céu aberto que promovam um retardo do despejo de água de chuva nas galerias e corpos de água, diminuindo dessa forma o impacto gerado pelas chuvas muito intensas.

Os preceitos higienistas para as águas servidas e águas pluviais adotados no século XIX, como resposta aos surtos de cólera e tifo que atingiram a Europa, buscavam a rápida retirada dessas águas das áreas urbanas, utilizando condutos de preferência subterrâneos que funcionavam por gravidade. Com esses procedimentos facilitava-se a circulação viária e o desenvolvimento urbano, porque as águas consideradas nocivas não estavam presentes nas superfícies das ruas.

Era preconizada enfaticamente a necessidade de evitar a “estagnação pestilencial” das águas nocivas saúde à “saúde urbana”, Bertrand-Krajewski, (2000) *apud* Baptista et al. (2005).

O primeiro sistema de drenagem “moderno” foi construído na Alemanha, mais precisamente em Hamburgo, no entanto esses novos conceitos foram adotados em todo o Mundo Ocidental. A partir da Proclamação da República, as idéias higienistas foram adotadas no Brasil segundo Silveira (1998), *apud* Baptista et al. (2005) de acordo com as idéias positivas dominantes da época. Hoje ainda esses princípios vigoram, apesar de modificados por aportes científicos e tecnológicos. Também foi adotado o sistema separativo para o esgoto pluvial e cloacal.

Os sistemas clássicos constituem-se de dispositivos de micro-drenagem que proporcionam o transporte das águas superficiais nas ruas através das sarjetas que são drenadas pelas bocas de lobo e por condutos enterrados até os sistemas de macro drenagem, que são os canais abertos ou as galerias. Na figura 3.7 um esquema de um sistema clássico de drenagem urbana.

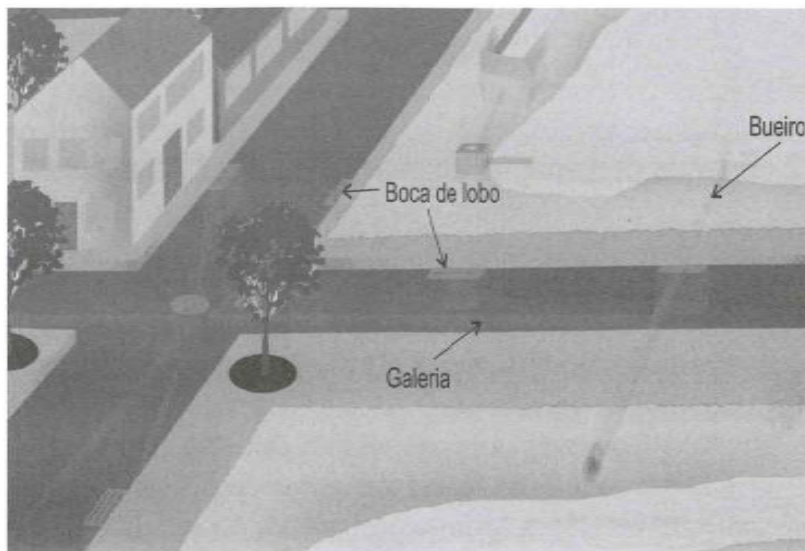


Figura 3.7: esquema de um sistema clássico de drenagem urbana.

Fonte: Baptista et al, 2005.

A partir da segunda metade do século XX com a intensa urbanização observada, tornaram-se evidentes as limitações desse sistema quanto à sua eficácia. Citados por Baptista et al, 2005 os fatos apontados por Baptista e Nascimento(1996), que a saber:

- Com a retirada das águas de drenagem pluvial o mais rapidamente possível, transferem-se para jusante os problemas de inundação. Indicando que as novas áreas urbanizadas têm tendência a provocar inundações mais frequentes em áreas urbanizadas mais antigas.
- Resulta na necessidade de novas obras à jusante e aumento da seção transversal de canais naturais, além da substituição de condutos e com seção aumentada, etc. O custo dessas obras é alto e onera a toda a comunidade.
- Os cursos d'água em geral, foram canalizados em áreas urbanas, gerando uma falsa idéia de segurança com respeito às inundações e acabam por facilitar a ocupação das áreas ribeirinhas. Isso ocorre quando os municípios não incluem no Plano Diretor do ou Plano de Uso e Ocupação dos Solos, zoneamentos que prevêm uma análise de risco de inundações. Como consequência da própria urbanização ou associada ao

próprio fenômeno natural, pode ocorrer inundações que resultam em perdas de vidas humanas e em prejuízos econômicos consideráveis.

- As chamadas soluções clássicas normalmente não contemplam os problemas de qualidade de água. Os problemas de inadequação do funcionamento do sistema de drenagem são comuns no Brasil e ocorrem por deposição de sedimentos resultantes de processos erosivos agravados durante a urbanização ou por deficiências no sistema de limpeza urbana. Fortes cargas de poluentes geradas por esgotos sanitários que são lançados *in natura* nos cursos d'água os quais muitas vezes não são identificadas.
- Muitas das soluções clássicas são definitivas e limitam outros usos presentes ou futuros da água no meio urbano, como exemplo: a construção de galerias que retiram os cursos d'água da paisagem urbana e impede a prática de atividades de lazer e esportivas junto a estes.

Baptista et al. (2005), cita que o processo de urbanização iniciado no século XX, tornou-se acentuado a partir da segunda metade do século. A população urbana mundial, que era 25% do total, deve superar 60% no ano de 2025 (IAURIF, 1997 *apud* Baptista et al., 2005). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que fazem parte do censo demográfico do ano 2000, a população urbana brasileira já representava 81% do total (Baptista et al., 2005).

Na Figura 3.8, pode-se observar a evolução da população urbana no mundo e no Brasil.



Figura 3.8: Evolução da população em áreas urbanas.

Fonte: IAURIF, 1997; IBGE, 2000 *apud* Baptista et al., 2005.

Conforme as cidades crescem, as áreas urbanizadas sofrem transformações que geram inúmeros impactos, principalmente decorrentes das grandes áreas impermeabilizadas, uma das principais alterações provocadas é no ciclo hidrológico. Como consequência da intensa urbanização observam-se alterações significativas no meio ambiente e nos processos hidrológicos; através da ação direta nos cursos d'água e nas superfícies das bacias hidrográficas (Baptista et al, 2005, p. 17); conforme demonstra a Figura 3.9.

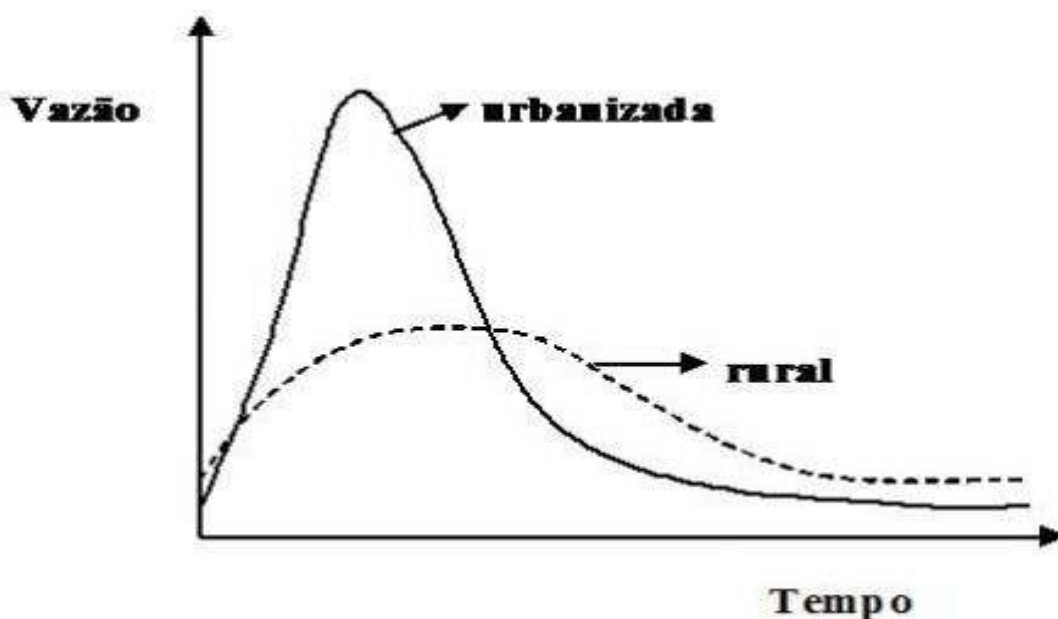


Figura 3.9: Mudanças no ciclo hidrológico como um resultado da urbanização.

Fonte: Tucci, 2007.

De acordo com Baptista et al. (2005), ocorre redução da interceptação, do armazenamento superficial e da infiltração, devido ao aumento das áreas impermeabilizadas que proporcionam o aumento dos volumes de escoamento superficial.

A questão ambiental envolve também a percepção das relações entre a água e a cidade, considerada inconveniente após o advento do higienismo, a presença da água foi deixando de ser importante na paisagem da cidade, pois trazia riscos à saúde no contexto da época. Nas últimas décadas vem recuperando a sua importância como elemento da paisagem urbana, considerando-se não apenas os aspectos estéticos, como também as interferências no clima que resultam da canalização, ocupação irregular de suas margens e a cobertura total ou parcial dos córregos urbanos.

Conforme aumenta a preocupação com as questões ambientais e levando-se em conta os princípios do desenvolvimento sustentável observa-se a crescente importância ambiental da

água no meio urbano. Essas questões vieram à tona de forma mais significativa após a Conferência das Nações Unidas do Rio de Janeiro em 1992.

Os impactos da urbanização se fazem sentir, sobretudo no aspecto ambiental, pois a carga de poluição das águas pluviais, que eram supostas relativamente limpas, mostra-se bastante expressiva, resultando muitas vezes equivalente e até mesmo superior às cargas poluentes dos esgotos sanitários. (Baptista et al, 2005)

Estima-se um valor anual superior a 2 bilhões de dólares de despesas e prejuízos com inundações (RECESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, 2007).

No contexto atual, a maior eficiência hidráulica da drenagem e dos condutos artificiais; resultam em aumento da velocidade de escoamento superficial que leva ao aumento da magnitude dos picos de cheia. Portanto, considerando a crescente urbanização constata-se que os sistemas de drenagem implantados segundo a ótica higienista, se tornarão obsoletos gradualmente, levando a inundações freqüentes em áreas urbanas, acarretando em prejuízos sociais, econômicos e políticos.

Com a demanda ambiental crescente, se conclui que a intensificação dos processos de urbanização e os impactos resultantes, tanto no ciclo hidrológico e outros impactos ambientais, tornou bastante complexa a questão da drenagem urbana, por envolver aspectos ambientais, paisagísticos e sanitários ultrapassando as questões da técnica.

Dessa forma, se impõe uma nova abordagem para resolver a questão da drenagem urbana que vai além da técnica e se conecta aos princípios do desenvolvimento sustentável, além dos aspectos jurídicos, organizacionais e de financiamento adotados atualmente.

O saneamento básico das grandes cidades, onde se concentram os maiores problemas ambientais, sociais e econômicos; encontra-se, segundo Canholi, 2005, p.11, em uma situação caótica, principalmente a coleta e tratamento dos esgotos domésticos e a drenagem urbana.

Os problemas de drenagem urbana não podem ser vistos de forma isolada e sim com uma visão abrangente e que contemple os problemas urbanos ligados à água de forma integral. A principal ferramenta para prevenir e tratar esses problemas é o planejamento urbano que deve analisar as questões relativas à água no âmbito da bacia hidrográfica urbana.

O planejamento deve ser tratado de modo multidisciplinar e participativo. Os principais problemas do saneamento nas cidades brasileiras são consequência de projetos setoriais, sem uma preocupação abrangente dos problemas urbanos atuais. Segundo Canholi (2005, p.15), o crescimento das áreas urbanizadas e consequentemente impermeabilizadas

acontece geralmente a partir das áreas mais baixas e mais próximas aos corpos de água urbanos, em direção aos morros e áreas mais altas.

A intensa ocupação das áreas de fundo de vale resultava na necessidade da ampliação do sistema de drenagem existente no local. As várzeas dos rios ou à beira mar eram incorporadas ao sistema viário, por isso muitos córregos foram retificados e canalizados a céu aberto ou ainda encerrados em galerias, para permitir e facilitar a construção dessas vias. Todo esse processo incentivou a ocupação de áreas que sazonalmente estavam sujeitas ao alagamento provocando com isso a aceleração dos escoamentos, e, por conseguinte aumento dos principais entraves os picos de vazão e a frequência das inundações.

Tais incorporações nem sempre são viáveis considerando-se os altos custos envolvidos, tanto sociais como econômicos envolvidos em grandes obras hidráulicas. Essas obras têm alguns empecilhos principalmente se considerando o alto custo de ou impossibilidade de desapropriação de áreas ribeirinhas e também pela necessidade de alterações no trânsito do local.

As soluções adotadas, segundo Canholi (2005, p.15), apresentam caráter localizado, alguns trechos dos canais, são ampliados e resolvem o problema na área da intervenção, mas transfere as vazões e as inundações para jusante o que agrava o problema, porque concentra todo o escoamento da região da bacia em questão.

Como os problemas se agravaram com as soluções convencionais que acabavam por exigir soluções cada vez mais caras e complexas, tanto em sua implantação pelos transtornos no local como para sua operação posterior.

Diante desse quadro o estudo e a aplicação de soluções chamadas “alternativas” encontraram um campo propício para o seu desenvolvimento. Os conceitos aplicados buscam a adequação dos sistemas de drenagem de forma a promover o retardamento dos escoamentos, propiciando o aumento do tempo de concentração reduzindo por consequência as vazões máximas e diminuindo os volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios e conter ainda, quando possível, o escoamento no local da precipitação, melhorando as condições de infiltração.

As medidas empregadas na drenagem urbana são denominadas de estruturais e não estruturais. Medidas estruturais são as medidas usadas para mudar o curso de água. Os exemplos dessas medidas são: obras hidráulicas, como barragens, diques e canalizações. As medidas não estruturais são as medidas usadas de forma a permitir a convivência com o curso de água. Os exemplos dessas medidas são; o zoneamento de áreas de inundação, a restrição de uso e ocupação do solo, a implantação de sistemas de alerta, entre outras (RECESA, 2007).

Segundo Tucci et al (2003), os principais impactos sobre o meio ambiente no Brasil são: a) despejos de efluentes domésticos e industriais nos rios; b) contaminação difusa pelo uso de fertilizantes e pesticidas de áreas agrícolas; c) degradação do solo natural rural pelo desmatamento e práticas agrícolas inadequadas; d) construção de obras hidráulicas; e) operação de aterros sanitários; f) contaminação de aquíferos; g) mineração.

Atualmente o maior problema ambiental é o despejo de poluentes nos rios. Wri (1992) *apud* Tucci et al. (2003, p. 76), afirma que 95% dos esgotos urbanos são despejados sem tratamento nos rios.

A inundação provocada por grandes obras hidráulicas causa grandes impactos, pois degradam a cobertura natural, atingindo a fauna a flora e a população ribeirinha. Além desses prejuízos existem ainda as cargas difusas agrícolas e pontuais de despejos de esgotos domésticos, industriais e pluviais que contaminam os corpos d'água comprometendo a qualidade e a disponibilidade hídrica em muitos locais.

Grande parte da população brasileira se encontra no litoral e, a demanda por água, principalmente no verão em áreas turísticas tem sido um grande problema, porque o abastecimento dessa população depende geralmente, da água disponível em pequenas bacias e que estão sujeitas a grandes impactos ambientais. O meio ambiente costeiro próximo a Serra do Mar apresenta um alto grau de interferência de ações antrópicas, necessitando uma atenção especial aos seus recursos hídricos. (Tucci et al, 2003, p.77)

Ainda, os mesmos autores relatam que alguns ecossistemas de pequena ou média a  o antrópica, como o Amazônico e o do Pantanal, necessitam de planos de conservação adequados tendo em vista o desenvolvimento sustentável. Ressaltam ainda a importância do envolvimento da população no processo de conservação do meio ambiente.

Os extremos de vazão em cursos d'água, as secas e as enchentes, são as principais catástrofes que atingem a população. No caso das secas uma rede de poços de abastecimento e reservatórios, programas de educação rural na conservação da água entre outras técnicas têm minimizado o efeito das secas. Como relatado anteriormente, as enchentes são minimizadas por medidas de controle: as estruturais que envolvem obras e modificações nos corpos d'água e as não estruturais que buscam a convivência natural com o rio através de medidas que buscam reter as águas pluviais na fonte. (Tucci et al, 2003, p.78).

Os autores afirmam que praticamente que não existem medidas de prevenção no sentido de evitar as secas ou as enchentes. As medidas apenas amenizam esses impactos. Ressaltam ainda a importância do desenvolvimento dessas medidas, pois as mesmas podem atingir grandes proporções em se tratando de um país com as dimensões do Brasil.

Segundo Canholi (2005), as áreas urbanas brasileiras sofrem com as grandes enchentes devido à falta de visão sistêmica no planejamento da macrodrenagem. Ressalta a necessidade do planejamento de ações preventivas, onde forem possíveis e corretivas nos locais onde já existe o problema. A implementação dessas medidas deve ser realizada de maneira integrada no contexto da bacia hidrográfica, mesmo que esta esteja inserida em um ou vários municípios.

Na Europa e na América do Norte, a partir de 1970, outra abordagem para tratar os problemas da drenagem urbana começou a ser desenvolvida (Baptista et al., 2005). São encontradas na literatura diversas denominações: “tecnologias alternativas”, “técnicas compensatórias”, “infraestrutura verde” ou “tecnologias de desenvolvimento de baixo impacto” ou LID (*Low impact development*). Algumas dessas denominações são mais utilizadas no campo da engenharia civil, enquanto outras envolvem o campo da arquitetura e urbanismo.

### **3.2 Tendências Atuais na Gestão das Águas Pluviais: Novas Tecnologias de Controle da Águas Pluviais: LID - *Low Impact Development***

Essas técnicas foram utilizadas de forma pioneira no condado de Prince George's, em Maryland, Estados Unidos, a partir do início da década de 1990. Alguns desses princípios estão sendo aplicados em outras partes do país (Estados Unidos) e em países da Europa. No entanto, ainda não é uma prática constante e as oportunidades oferecidas nem sempre são avaliadas (LID, 2005).

A integração de técnicas de projeto e de planejamento ambiental, visando conservar os sistemas naturais e os processos hidrológicos em um determinado local, deve ser uma das premissas na ocupação do terreno, principalmente nas áreas urbanas. Algumas dessas estratégias que visam minimizar os impactos da urbanização sobre o meio:

- Manter a vegetação natural e minimizar os movimentos de terra;
- Proteger os ecossistemas e processos naturais;
- Avaliar o uso e o dimensionamento da infraestrutura tradicional do local (lotes, ruas, calhas, caminhos) e adequar ao projeto em cada local utilizando os elementos naturais do local (curvas de nível, corpos de água, florestas) como elementos do projeto;
- Drenar e distribuir as águas pluviais em sua origem ou o mais próximo delas.

Nesse sentido, *LIDs* são estratégias de projeto com o objetivo de evitar alterações do ciclo hidrológico nas áreas urbanas, conservando as suas funções naturais de forma a manter o equilíbrio necessário aos ecossistemas. Para facilitar a compreensão, utilizou-se, neste estudo, a expressão traduzida para o português: Desenvolvimento de Baixo Impacto.

As funções hidrológicas de armazenamento, infiltração e recarga de águas subterrâneas, tanto como o volume e a frequência das chuvas, são mantidas através da retenção e infiltração das águas pluviais, em áreas próximas aos locais da precipitação, prolongando o trajeto das águas pluviais e aumentando o tempo do escoamento superficial (Coffman, 2000). Outras estratégias incluem preservação e proteção das áreas ambientalmente frágeis como encostas de morros, pântanos, matas ciliares, planícies de inundação e solos com alta permeabilidade.

A LID emprega uma variedade de características naturais e construídas para reduzir a taxa de escoamento, filtrar os poluentes, e facilitar a infiltração da água para o solo. As práticas de desenvolvimento de baixo impacto possibilitam a integração à infraestrutura urbana existente, com um custo mais baixo, além de ser esteticamente mais agradável que as técnicas convencionais de drenagem (Souza; Tucci, 2005)

Os mecanismos de controle das águas pluviais são distribuídos em todo o local. Estas formas de controle diferem das convencionais que utilizam grandes obras que apenas transferem os problemas para áreas com cotas mais baixas.

Esse sistema com múltiplas funções incorpora práticas alternativas, tais como: a utilização das plantas que ajudam a drenar e filtrar a água; depressões (que armazenam água) denominadas *swales*, retendo a água por um tempo, retardando o escoamento superficial.

A Figura 3.10 ilustra uma das alternativas, um *swale* que é uma valeta para reter a e ajudar no processo de infiltração da água da chuva.



Figura 3.10: *Swale*.

Fonte: Gonçalves, 2010.

Tal sistema pode reduzir e até eliminar um sistema centralizado de drenagem com tratamento das águas pluviais. Pois, apesar de o sistema tradicional controlar e registrar a remoção dos poluentes o ciclo hidrológico é negativamente afetado pelo aumento da temperatura da água, alterações dos volumes e das frequências das chuvas, além do uso de substâncias usadas no tratamento que têm efeitos prejudiciais aos ecossistemas mesmo a qualidade da água não sendo comprometida. No entanto, não é o caso da maioria das cidades brasileiras onde as águas pluviais não são tratadas.

### 3.2.1. Benefícios e limitações

O uso das práticas de desenvolvimento de baixo impacto oferece vantagens econômicas e ambientais. As medidas reduzem os impactos no desenvolvimento de áreas urbanas e propiciam a conservação das características naturais, além de custos mais baixos que os tradicionais mecanismos do sistema de drenagem. Os custos considerados não são apenas os de implantação, mas, também, os de manutenção ao longo do tempo e tempo de vida útil (Prefeitura do Município de São Paulo, 1999).

Nesse projeto, a maior parte das superfícies foi integrada, eliminando quase que totalmente os meios-fios e as calhas de drenagem. Estrategicamente, foram criadas áreas com vegetação denominadas de bio-retenção, de forma a proporcionar infiltração e filtragem da água através de suas raízes. Outras técnicas foram usadas, como: depressões; canais

gramados; valetas com vegetação entre outras. Esse sistema mantém as características do ciclo hidrológico, reduz os níveis de poluentes através de filtragem natural das águas pluviais diminuindo o escoamento superficial (Blue Land, 2000).

O desenvolvimento de gestão apropriada ocorre a partir da interação entre hidrologia, geomorfologia, ecologia, solo, uso da terra e características culturais, além de sua rede de curso d'água. Se houver falha na interpretação, a utilização de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto inadequadas pode resultar em impacto ambiental maior que o obtido para a situação sem tratamento algum (Souza; Tucci, 2005).

Novas soluções baseadas em uma aproximação ecológica e ambiental devem ser buscadas para acabar com a degradação ambiental. Tais opções devem ser eficazes economicamente e, também, devem ser elaboradas e integradas em busca de soluções ecologicamente sustentáveis.

Com este enfoque, observa-se que as estratégias de *Low Impact Development* (LID) atuam gerando ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos; que reforçam as vantagens apresentadas por esta concepção do tratamento da drenagem urbana, controlando não somente o pico, como as práticas convencionais, mas também o volume, a frequência e a duração, além da qualidade do escoamento. Tais estratégias estimulam processos físicos, químicos e biológicos naturais, evitando impactos ambientais e gastos com sistemas de tratamento (Stormwater, 2004 *apud* Souza; Tucci, 2005).

O desafio de projetar com LID se encontra em utilizar práticas integradas e estratégias de projeto e conseguir controle de quantidade e qualidade e melhorias ambientais, que incluem (Souza; Tucci, 2005):

- a) Recarga subterrânea;
- b) Retenção ou detenção para armazenamento permanente;
- c) Controle e captura de poluentes;
- d) Valorização estética da propriedade;
- e) Uso múltiplo de áreas; satisfazendo em alguns casos requerimentos governamentais por áreas verdes ou espaço vegetado.

### 3.2.2. Tipos de Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto

As medidas de desenvolvimento de baixo impacto têm como objetivo aumentar a retirada dos poluentes e a manutenção do ciclo hidrológico e de suas funções inalteradas.

As medidas e estratégias de desenvolvimento de baixo impacto apresentam soluções a dois problemas básicos das cidades: que seriam as mudanças no uso da terra e a conseqüente impermeabilização do solo que têm crescido muito aumentando os impactos e as evidências de que o tradicional sistema de drenagem não é adequado à conservação dos mananciais.

A seguir são descritas as principais as tecnologias ou práticas denominadas LIDs:

#### A. Bio-retenção

São áreas dispostas em cotas mais baixas em relação ao terreno, ajardinadas que usam solos porosos e vegetação para armazenar e filtrar o escoamento superficial. O objetivo deste é promover a recarga das águas subterrâneas, permitindo a evapotranspiração e reduzindo o escoamento superficial. Ajuda na manutenção do ciclo hidrológico em condições semelhantes às existentes anteriores ao desenvolvimento da área ou da urbanização da mesma. As plantas atuam na filtragem águas pluviais retirando os poluentes tais como os metais pesados, derivados de petróleo, nutrientes e fertilizantes.

A figura 3.11 ilustra uma típica bio-retenção utilizada em área de estacionamento.



Figura 3.11: Típico sistema de bio-retenção  
Fonte: *South Lake Union Discovery Center*, 1993.

#### B. *Grass Swale*

São valetas ou depressões com a utilização de grama, implantadas com a finalidade de reter às águas pluviais, mantendo a umidade no local e permitindo a infiltração da água. Entende-se, porém, evitando ou diminuindo o escoamento superficial.

O projeto de swale gramado promove o transporte da água da chuva de uma forma mais lenta, controlada e atua como um filtro removendo os poluentes e permitindo a

infiltração da água da chuva. Se projetado corretamente, pode acomodar um volume considerável de água evitando inundações em áreas propensas a tais eventos. Um *swale* gramado resulta em um controle mais eficiente no retardo e na limpeza da água do que a valeta de infiltração tradicional. A Figura 3.7 é de um *swale* com subdivisões em pedras que são denominadas de represas de verificação, entre as quais se formam lagoas que possibilitam por sua vez melhorias de qualidade da água com a infiltração, a filtragem e o depósito sedimentar. A água da chuva coletada é drenada lentamente através do solo em diversas horas ou dias.



Figura 3.12: *Swale* gramado com subdivisões em pedras.  
Fonte: MPCA Stormwater manual, 2005.

O *swale* gramado é uma alternativa de controle das águas pluviais bastante utilizada na América do Norte. E consiste em uma opção com manutenção de baixo custo para remoção dos sedimentos, nutrientes e poluentes, adicionando um componente visual agradável à paisagem. O estabelecimento de *swales* gramados é uma solução potencial em que a água de chuva deva ser retirada das superfícies impermeáveis, de forma a evitar o escoamento superficial que, em muitos casos, podendo ocasionar enchentes. As exceções ao seu uso estão no deserto, em áreas onde a irrigação seria exigida para a manutenção da grama por longo prazo e em regiões mais frias onde a infiltração é mínima. Os *swales* tipicamente gramados são usados como uma solução ambiental preferencial, pois não gera impactos ao local onde é implantado.

A estrutura linear dos *swales* favorece seu uso no tratamento do escoamento superficial (*runoff*) ao longo das estradas, em ruas residenciais e das áreas comuns em condomínios residenciais e conjuntos habitacionais, ao longo dos limites da propriedade e junto às áreas de estacionamento.

Os *swales* gramados, geralmente, são usados para tratar áreas de drenagem relativamente pequenas de cerca de dois hectares. Em áreas altamente urbanizadas ou em áreas altamente impermeáveis, não são recomendados a não ser que seja construído em conjunto ou combinado a outra técnica de drenagem.

Vantagens de *swales* gramados corretamente projetados:

- Retém a água removendo os sedimentos e os outros poluentes, melhorando assim a qualidade de água.
- Reduz o volume, a velocidade do escoamento superficial e promove a infiltração.
- Reduz a erosão.
- Propicia a recarga das águas subterrâneas se projetado corretamente.
- É adequado para o uso em estradas e em ruas de áreas residenciais devido à sua estrutura linear.
- São úteis junto à áreas de estacionamento impermeabilizadas.
- Apresenta custos de implantação e manutenção mais baixos do que um sistema tradicional de drenagem de águas pluviais

#### C. Telhado Verde ou Cobertura Verde:

Os telhados verdes têm sido usados, na Europa, em edifícios industriais e em escritórios, há mais de 25 anos, com a finalidade de diminuir o volume do escoamento artificial, melhorar a qualidade do ar e da água e promover a conservação de energia. Esses sistemas, conhecidos como “telhados verdes” ou “cobertura verdes”, acrescentam, ainda, benefícios estéticos. Em sua composição, são dispostas camadas de vegetação, solo preparado para as plantas escolhidas, cujas raízes não podem ser profundas, devido a limitações de espaço e de peso, camada com material drenante, sendo, a última camada, de material impermeável de alta qualidade. Essas camadas da cobertura têm como função, absorver, filtrar e reter a precipitação, por algum tempo. Algumas das circunstâncias responsáveis para a promoção e aceitação de telhados verdes, na Europa, e também nas cidades americanas, são as leis que exigem a mitigação ou a compensação para a impermeabilização de áreas.

Ressalta-se que os telhados verdes (também conhecidos como eco-telhados e coberturas verdes) são divididos em dois tipos: intensivo e extensivo. Os telhados intensivos são projetados com uma profundidade maior de solo (15 cm ou mais) e plantados, frequentemente, com arbustos e árvores. Eles podem ser acessíveis, ao público, para o

passeio, como um local de contemplação e de estar e, muitas vezes, são utilizados para plantar árvores frutíferas de pequeno porte ou hortas.

Nos telhados verdes extensivos, com profundidades de solo menores (no máximo 12 cm), as plantas utilizadas são as que se adaptam às condições mais adversas do ambiente e com raízes menos profundas. Esta é uma solução para locais com limitações da estrutura e do espaço existente, pois apresenta menos peso, em consequência de uma camada mais fina de solo.

Os telhados verdes podem ser instalados em quase todo edifício com inclinações de até 40 graus e são estratégias eficazes para controle da água de chuva em áreas com altas taxas de urbanização, onde os telhados compreendem uma grande porcentagem da superfície impermeável total (Scholtza-Barth, 2001 *apud* Low Impact Development, 2005).

Existem empresas especializadas em instalações de telhados verdes. Algumas surgiram na Alemanha e na Suíça, no final dos anos 1950 e nos anos 1970, sendo que as aplicações desse tipo de telhado eram comuns naqueles países. Em 2003, 13.5 milhões de metros quadrados de telhados verdes foram instalados na Alemanha. Os telhados verdes ainda não são predominantes nos Estados Unidos, porém os arquitetos-engenheiros estão descobrindo as vantagens de sua utilização.

A Figura 3.13 ilustra um telhado verde, em Portland, no estado de Oregon, Estados Unidos.



Figura 3.13: Cobertura verde no edifício *Multnomah County*, Portland, Oregon.  
Fonte: fotografia de Erica Guttman.

Outra proposta interessante de cobertura verde a ser relatada é a pesquisa realizada na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da USP, onde foi idealizada uma Cobertura Verde Leve (CVL) para edificações que usa materiais de baixo impacto ambiental, como a resina de mamona. Foi aplicada, na face superior da laje da construção, uma camada de impermeabilizante à base de resina de mamona (*Ricinus communis*). O professor da EESC,

Francisco Vecchia, coordenador da pesquisa afirma que a resina tem o mesmo desempenho técnico dos impermeabilizantes comuns, é feita a partir de um recurso renovável e não provoca prejuízos à saúde, o que justifica sua utilização.

Sobre o impermeabilizante é aplicada uma geomanta com estrutura plástica que drena e conduz rapidamente o escoamento; acima é sobreposta uma camada de 8 a 10 centímetros de terra comum ou vegetal serve de substrato para o plantio de espécies vegetais na cobertura. A cobertura melhora o comportamento térmico das construções, agindo como elemento de aquecimento no inverno e de resfriamento no verão (Figura 3.14).



Figura 3.14: Cobertura verde.  
Fonte: Cunha, 2004.

Em vista da crescente preocupação com a escassez de água, as técnicas urbanização de baixo impacto ambiental vem tomando destaque em função da sua importância como prevenção à escassez da água para os diversos tipos de consumo humano. Segundo Vecchia e Pellegrino (2002), os componentes da CVL fazem com que ela retarde o escoamento superficial das águas de chuvas, cuja vazão acelerada é responsável pela ocorrência de enchentes. A água retida ou atrasada pode ser armazenada em cisternas, nos edifícios, e reutilizada em lavagem de carros, calçadas, regas de jardins, descargas e outras finalidades não potáveis (Cunha, 2004).

Segundo os mesmos autores, a CVL nivela as temperaturas interiores nos espaços internos das edificações ao produzir um atraso térmico, onde o ambiente demora mais para trocar calor com o meio externo.

A cobertura foi testada num dia de calor intenso, em que a maior temperatura externa do ar, registrada na estação meteorológica, foi de 34°C (graus Celsius). "Nesse momento, a

superfície interna da CVL registrava, aproximadamente, 26,7°C, mantendo a temperatura do ar, dentro da construção, em 28°C, afirmam Vecchia e Pellegrino (2002). Durante a madrugada, a menor temperatura do ar externo foi de 12,7°C, enquanto a superfície interna da cobertura registrava 17,5°C e o ar interno 16,2°C.

Segundo Vecchia e Pellegrino (2002), o uso da CVL, em várias casas e edifícios, poderia, também, evitar a formação de ilhas de calor urbano, comuns nas grandes cidades.

Cunha (2004) esclarece que os telhados vegetados são estruturas complexas, o que exige a consideração de todos os elementos presentes: estrutura do telhado; dos tipos de plantas que podem ser usadas; solos apropriados às plantas selecionadas; sistemas de impermeabilização que podem atuar de forma eficiente no conjunto; ação da água e do vento, no telhado.

As plantas ajudam a recriar a função hidrológica das áreas verdes naturais das seguintes maneiras (Cunha, 2004):

- Interceptando e retendo a precipitação na folhagem
- Absorvendo a água através da raiz
- Diminuindo o volume e retardando a velocidade do escoamento superficial.
- Diminuindo a temperatura do ar e evitando o choque térmico nas coberturas quando chove.

Em síntese, os telhados verdes melhoram a eficiência energética; a qualidade do ar e da água; reduzem as temperaturas e os ruídos, em áreas urbanas; contribuem para um aspecto mais agradável do edifício; aumentam o tempo de vida do telhado e diminuem os volumes do escoamento superficial de águas pluviais e, o principal, considerando a finalidade deste trabalho, melhora a qualidade da água da chuva (Grant; Engleback; Nicholson, 2003, *apud* LID-Manual 2005).

A Figura 3.15 exemplifica o esquema de construção de uma cobertura verde com suas diversas camadas e o trajeto da água.

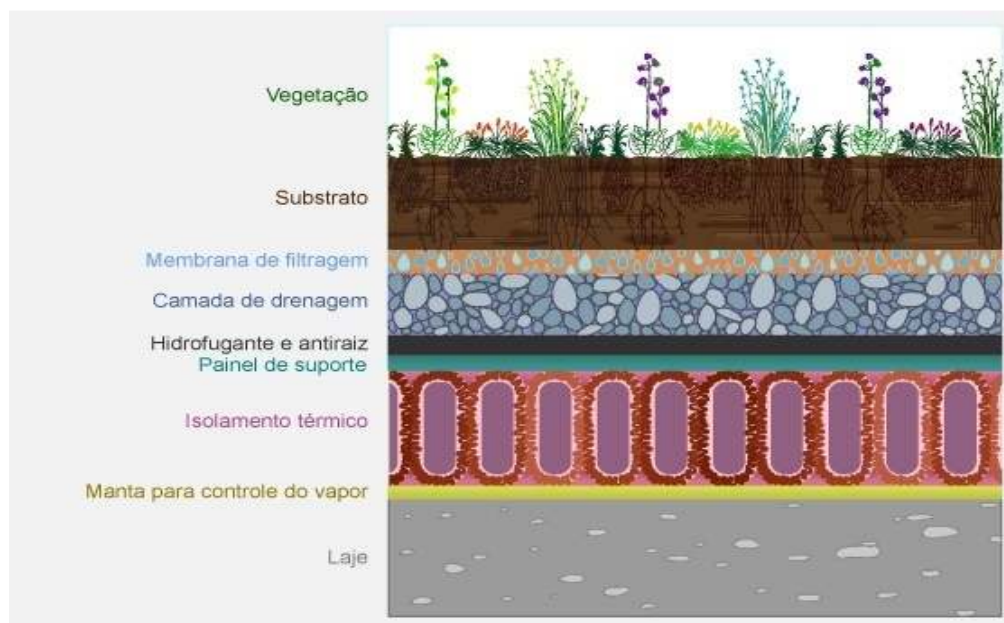


Figura 3.15: O esquema da cobertura verde.  
Fonte: Silva, 2010.

#### D. Pavimentos Permeáveis

A utilização de pavimentos permeáveis, em áreas urbanas, objetiva: reduzir o escoamento superficial; melhorar a qualidade da água; e contribuir para o aumento da recarga subterrânea. Cabe lembrar que, na área urbana, encontramos diversos tipos de cobertura para os solos: terreno existente; superfícies semipermeáveis; superfícies permeáveis; superfícies semipermeáveis e superfícies permeáveis.

Os pavimentos permeáveis, segundo Araújo (1999) *apud* Costa Junior e Barbassa (2005) no Artigo científico: -- "Parâmetros de Projeto de Microrreservatório de Pavimentos Permeáveis e de previsão de Enchentes urbanas" -- são classificados em três tipos: pavimento de asfalto poroso, de concreto poroso e de blocos de concreto vazado, preenchido com material granular (areia), ou vegetação rasteira (grama). Os pavimentos permeáveis são superfícies porosas ou com vãos, que permitem a infiltração de parte do escoamento superficial para a parte interna de uma camada situada sob o terreno, formada por pedras de granulometria diferenciada, que será absorvido pelo solo, e que deve ser adequadamente protegida contra colmatção.

Os pavimentos porosos têm a camada superior de revestimento executada de forma similar aos pavimentos convencionais, porém com a retirada da areia fina da mistura dos agregados do pavimento. Segundo Schueller (1987), os pavimentos permeáveis são

compostos por duas camadas de agregados (uma de agregado médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável propriamente dito. A Figura 3.16 apresenta um modelo desse dispositivo.



Figura 3.16: Pavimento permeável.

Fonte: Araújo, 1999 *apud* Costa Junior; Barbassa, 2006.

A água infiltra-se rapidamente na capa ou revestimento poroso, que varia de 5 a 10 cm passa por uma camada de agregado de 1,25cm de diâmetro e espessura de, aproximadamente, 2,5 cm e vai para uma câmara ou reservatório de pedras mais profundo, com agregados de 3,8 a 7,6 cm de diâmetro. A parte superior do revestimento age como um conduto rápido para o escoamento chegar ao reservatório de pedras. Daí, o escoamento poderá então infiltrar no subsolo ou ser coletado através de tubos de drenagem e transportado para uma saída. Portanto, a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela espessura do reservatório de pedras subterrâneo, somado ao escoamento infiltrado no subsolo.

Os blocos de concreto vazado são colocados sobre uma base granular (areia) e, sob a camada de areia, são colocados filtros geotêxteis para evitar a migração da areia fina para a camada granular.

Os pavimentos permeáveis são projetados para utilização em passeios públicos, vias públicas, ciclovias, com a finalidade de permitir a infiltração, o tratamento e o armazenamento da água de chuva. A sua eficiência na redução do escoamento superficial depende, diretamente, de cuidados na manutenção de forma a evitar a colmatção do solo (Tassi, 2002).

As limitações que existem, para esse tipo de pavimento, são: baixa permeabilidade do solo e lençol freático com nível elevado ou, ainda, se houver uma camada impermeável do solo que não permita a infiltração. Nesses casos, segundo Araújo (1999) *apud* Costa Junior e Barbassa (2005), esse tipo de pavimento poderá ser usado acoplado a um reservatório de detenção, devendo-se prever a instalação de uma superfície impermeável entre o solo e o reservatório de pedras e um sistema de drenagem com tubos perfurados. Esse sistema deverá

prever o esgotamento do volume, num período de 6 a 12 horas. Outra restrição que existe para esse tipo de piso é quando a água de infiltração conduzir a poluição para as águas subterrâneas.

Em geral, a utilização dos pavimentos permeáveis pode proporcionar uma redução dos volumes escoados e do tempo de resposta da bacia para condições similares às de antes da urbanização, desde que seja utilizado racionalmente, respeitando seus limites físicos, e desde que seja conservado periodicamente, com manutenções preventivas, evitando, assim, o seu entupimento.

#### E. *Rain Garden* - Jardim pluvial

A vida marinha, assim como a vida na terra, depende da água para se desenvolver, conforme as áreas urbanas crescem e os solos e as florestas nativas são substituídos por áreas impermeabilizadas, acarretando aumento do escoamento superficial dessas áreas. Após as chuvas, o escoamento superficial carrega grande parte da poluição presente nas ruas, telhados e solos, tais como: resíduos de combustíveis, fertilizantes, inseticidas, sedimentos e outros dejetos, para as águas dos córregos. Dessa forma, os ecossistemas aquáticos, assim como os terrestres são afetados negativamente.

Não obstante, algumas alternativas podem ser utilizadas para reduzir a quantidade do escoamento superficial que, além de trazer grandes quantidades de poluentes para os córregos, também são responsáveis por enchentes, dependendo da intensidade das chuvas e da vazão da bacia em questão. Dessa forma, alternativas que visem à diminuição do escoamento superficial são extremamente desejáveis.

Uma dessas opções é o jardim de chuva, que atua como uma floresta nativa, coletando e absorvendo as águas pluviais provenientes das coberturas, entradas de automóveis, pátios, e outras áreas impermeáveis, diminuindo, assim, o escoamento superficial. Os jardins de chuva são áreas ajardinadas em níveis mais baixos que os pisos externos, e toda a água de chuva é canalizada até ele através de pequenos canais naturais executados com seixos ou pedras britadas. São construídos com mistura de solos que mantêm a umidade por mais tempo junto às plantas e que proporcionem rápida sustentação e crescimento delas. É importante afirmar que a planta também participa do processo, agindo com suas folhas, raízes e troncos, como elementos que, ao mesmo tempo, seguram a água e filtram suas impurezas. Grande parte dos poluentes é retida pelas plantas, servindo-lhes como nutrientes. É interessante que sejam utilizadas diversas espécies, promovendo, dessa forma, maior variedade da fauna, que será atraída pelos frutos e flores das plantas.

A Figura 3.17 ilustra um jardim de chuva.



Figura 3.17: Jardim de chuva e seus benefícios.

Fonte: Washington State University, 2007.

Os jardins de chuva fornecem múltiplos benefícios, entre eles:

- Reduzem a quantidade de água de chuva que é escoada para as ruas, minimizando a quantidade de esgoto (quando o sistema é unitário) e a erosão nos córregos, pois a água das superfícies impermeáveis é absorvida, diminuindo o escoamento superficial. Atua filtrando o óleo e a graxa dos estacionamentos e acessos de veículos, inseticidas e fertilizantes dos gramados, e outros poluentes, antes que cheguem ao sistema de drenagem urbana e, posteriormente, aos córregos, pantanais, lagos e mares.
- Como acumulam água, contribuem para a criação de um micro-clima que mantém a umidade e o ar mais fresco, amenizando a radiação solar.
- Esse ambiente é favorável à sobrevivência de insetos e plantas, contribuindo, também, para o equilíbrio dos ecossistemas.
- Como favorece a infiltração, aumenta a recarga das águas subterrâneas do local, permitindo a manutenção do ciclo hidrológico com características semelhantes ao existente antes da urbanização.

#### F. Aproveitamento de água de chuva

Como a água é um bem essencial à vida no planeta, muitas formas de economia no seu uso têm sido praticadas e estudadas, buscando um consumo racional e eficiente. Entre as formas mais conhecidas está o aproveitamento de águas pluviais. Na história, são encontrados

reservatórios escavados que datam de 3600 a.C e também a pedra moabita com gravações em que se exige que as casas tenham captação de água de chuva há 850 aC.

Quando se trata de captação de água de chuva, é importante esclarecer que a mesma pode ser utilizada com duas finalidades diferentes que devem ser definidas inicialmente para que seja determinado o tipo de reservatório. Uma das finalidades é a captação para evitar as enchentes e a outra. Para a utilização da água de chuva, o dimensionamento de cada reservatório é completamente diferente. Quando a finalidade é evitar enchentes, o reservatório deverá permanecer vazio à espera da próxima chuva, enquanto que, se for para o aproveitamento, o reservatório deverá sempre conter um pouco de água para uso, principalmente nas épocas de estiagem.

Uma das limitações desse aproveitamento é que a água de chuva não deve ser usada para fins potáveis, principalmente em regiões muito poluídas.

O principal problema encontrado quanto à utilização de água de chuva é que no Brasil não existe incentivo para o seu aproveitamento, em outras partes do mundo esse aproveitamento é amplamente incentivado através de descontos nos impostos ou auxílios na implantação do sistema além é claro da economia que se faz no consumo de água.

Yamagata (2002), *apud* Tomaz, (2003) em pesquisa realizada no Japão, relata que a economia através do reaproveitamento de água da chuva pode chegar a 30% e de acordo com IWA – *International Water Association* (2000), *apud* Tomaz, (2003), o Ministério do Meio Ambiente da Alemanha prevê o uso nas regiões densas da Europa de 15% de água de chuva.

Em muitos países, essa prática vem sendo utilizada há anos e essa tecnologia vem crescendo o que contribui para enfatizar a conservação da água de chuva por essa utilização por já ter se mostrado eficiente. No Brasil existem estudos em andamento que buscam avaliar as formas mais eficientes de captação e armazenamento, métodos que tem se mostrado eficientes tanto na questão de economia da água potável como na prevenção de enchentes causadas por chuvas torrenciais nas grandes cidades, onde a impermeabilização atua como um processo deflagrador de enchentes falta, porém, que esses conceitos e conhecimentos sejam difundidos o que só será possível através de programas institucionais, governamentais ou pela organização da própria sociedade.

Atualmente, as águas de chuva são tratadas pela legislação brasileira como esgoto, pois os telhados, e dos pavimentos escoam diretamente para as bocas de lobo, carregando todo tipo de detritos e substâncias químicas dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar sem nenhum tipo de tratamento em mananciais urbanos. Essa água passa por um processo natural de diluição e

autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, o qual nem sempre é suficiente para realmente deixá-la livre de impurezas.

Segundo Tomaz (2003), conservação de água foi definido como a prática de tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência do uso da água pela *American Water Works Association – AWWA*, em 31 de agosto de 1993.

Um programa de conservação de água é constituído por medidas e incentivos.

Medidas são as tecnologias e as práticas diárias, que contribuem para um uso mais eficiente da água.

Os incentivos para a conservação da água fazem parte das políticas públicas voltadas para conscientização da necessidade de mudança nos hábitos de consumo de água visando a sua conservação. Incluem-se, como incentivos, as campanhas públicas, a estrutura tarifária e os regulamentos que motivam o consumidor a um uso mais eficiente.

Como medidas tecnológicas estão os equipamentos sanitários mais eficientes como uma bacia sanitária que gaste menos água para a descarga, ou uma torneira com mecanismo de fechamento automático. Medidas práticas são as mudanças de hábitos, por exemplo, na bacia que economiza na descarga não pode jogar papel, pois impedirá seu funcionamento correto e na torneira com fechamento automático, a torneira não ficará aberta enquanto se escova os dentes.

Para que as mudanças aconteçam efetivamente o primeiro passo é a conscientização da importância do uso racional da água, que só é possível com campanhas educativas no sentido de mostrar que água é um bem finito e essência à vida.

As informações nos jornais, revistas, televisão e outros meios de comunicação que mostram e discutem as maneiras de economizar água são incentivos. Assim como tarifas crescentes, ou ajudas na aquisição de equipamentos sanitários mais eficientes também funcionam como incentivos.

Os regulamentos das instalações prediais, leis e códigos são incentivos para a adoção de práticas de conservação no uso da água.

Ao conseguir aumentar eficiência do uso da água as reservas de água podem ser usadas para o estabelecimento de novas indústrias e melhorias do meio ambiente.

Os países que mais se destacam na conservação de água são os países da América do Norte, Europa e Japão. Nesses países as principais medidas são o uso de bacias sanitárias de baixo consumo, torneiras e chuveiros mais eficientes quanto à economia da água; diminuição das perdas no de água nos sistemas públicos de forma que o tolerável seja menor que 10%;

reciclagem; reuso da água, educação ambiental e campanhas públicas através dos meios de comunicação de massa.

Além dessas formas de conservação de água existem outras tecnologias não convencionais, tais como o reaproveitamento de águas servidas residenciais denominadas de águas cinza, muito usadas na Califórnia, e também a captação de água de chuva para usos não potáveis.

As principais superfícies para a captação de água de chuva consideradas são os telhados que já estão prontos necessitando, em alguns casos, apenas da colocação de calhas e condutores, além da construção dos reservatórios. Nos reservatórios é necessário que haja um sistema que separe a água do início da chuva que lava a cobertura e também uma tela que retire as folhas e outras impurezas. Os reservatórios podem ser dispostos sobre lajes dependendo do tipo de cobertura ou apoiados sobre o solo ou ainda enterrados, dependendo da disponibilidade de espaço para construção do mesmo no local. A Norma da ABNT - NBR 15527 – Água de chuva — Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis — Requisitos - estabelece as condições e as normas que devem ser atendidas para os cálculos do reservatório; as conexões que devem ser usadas e os requisitos de segurança para que não ocorra contaminação na rede de abastecimento de água potável, entre outros.

Em estudos realizados em 1999, pelo *International Environmental Technology Centre (IETC)*, das Nações Unidas, concluiu-se que, em 2010, a população dos Estados Unidos e da Alemanha utilizarão, aproximadamente, 45% de água de chuva e aproximadamente 21% de água cinza (água servida).

A cidade de Austin, no Texas, paga US\$ 500 a quem instalar um sistema de captação de água de chuva, valor que corresponde, aproximadamente, ao custo de um reservatório de 15m<sup>3</sup>, a média pluviométrica anual é de 810 mm. Em outra cidade do Texas, a cidade de San Antonio paga US\$ 200 para quem economiza 1230 m<sup>3</sup> de água da rede pública usando água de chuva, durante o período de 10 anos.

No Japão, a cidade de Sumida, que fica na área metropolitana de Tóquio, tem precipitação anual de 1400 mm e aproveita a água de chuva como segurança no abastecimento, em caso de emergência.

Segundo Tomaz (2003), foi informado na Conferência Internacional de Captação de água de Chuva, realizada no Brasil, em 1999, que, nos estados do Nordeste do Brasil, onde há escassez de água devido ao extenso período de estiagem, no período de 1997 a 1999, foram construídos cerca de 20 mil novos reservatórios.

No mercado existem atualmente produtos diversos que atendem aos requisitos para a implantação de sistemas de coletas de água de chuva. Alguns desses produtos facilitam a montagem desses sistemas que tanto podem ser implantados em edificações em construção com também em edificações já existentes. Quando o sistema faz parte da concepção do projeto arquitetônico as soluções geralmente são mais racionais o que reflete também no custo, comparativamente em relação aos sistemas adaptados às edificações existentes, devido às mudanças necessárias á sua execução.

Essa utilização da água de chuva pode ser realizada em um sistema paralelo o ao da rua, mesmo porque não pode haver cruzamento entre as redes para que não haja contaminação, e seu uso pode ser destinado à descarga em banheiro, torneiras externas, irrigação de jardins, lavagens de carros, limpeza de calçadas, piscinas e outros usos para os quais não seja necessária água potável.

A figura 3.18 ilustra um modelo esquemático e a figura 3.19 é de um filtro para água bruta.



Figura 3.18: Esquema de uma residência com aproveitamento pluvial.  
Fonte: Acqua Save On Line, s.d.



Figura 3.19: Filtro para água de chuva bruta.  
Fonte: Acqua Save On Line, s.d.

De todos os caminhos possíveis para economia de água a opção de aproveitamento da água de chuva os representados nas duas Figuras (3.18 e 3.19) são os mais conhecidos, os mais difundidos, mas não têm aplicação imediata para a população.

Nas grandes centros urbanos, não existe espaço para instalação de cisternas; portanto, há necessidade de controle das primeiras águas de chuva coletadas; por serem bastante perigosas, como resultado da lavagem da poluição aérea e das sujeiras que ficam acumuladas nos telhados. Um dos grandes empecilhos é o alto custo inicial dessas instalações.

Os índices de aproveitamento variam de região para região de acordo com os índices pluviométricos, contudo, em regiões com grande índice pluviométrico, poderia suprir perto de 100% da água necessária para abastecer uma residência, segundo dados informados no portal São Francisco (online).

#### G. Infraestrutura Verde

Tem-se falado muito em sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, cidade sustentável etc., e como não poderia deixar de ser, a busca pela sustentabilidade chegou também na drenagem urbana. O conceito de drenagem sustentável é relativamente novo, foi a partir da década de 1990 que se originou uma preocupação maior com o destino das águas no meio urbano.

Essas preocupações se referem, principalmente, a evitar as enchentes, aos problemas de poluição dos mananciais urbanos e aos processos erosivos do solo.

A drenagem sustentável, conforme definida, baseia-se em três princípios: a manutenção dos recursos hídricos; proteção das áreas verdes, sobretudo, das matas ciliares com objetivo de evitar processos erosivos e assoreamentos de corpos d'água; e gestão urbana, o que significa que as cidades devem ter, também, um plano diretor de drenagem.

Atualmente, com o crescimento acelerado das cidades, rapidamente, a infraestrutura se torna insuficiente e obsoleta e a gestão dos recursos naturais, normalmente, não é aliada à gestão da cidade. Com a questão ambiental envolvida, não é possível continuar com a visão de que a cidade e a natureza sejam “entidades separadas”. Segundo Spirn (1995), é necessário reconhecer a cidade como parte integrante da natureza e que ela seja pensada dessa forma. As possibilidades e os serviços oferecidos pelo ecossistema devem ser aproveitados e considerados no planejamento das cidades.

Por outro lado, a desconsideração dos processos naturais nas cidades poderá ser um fator de risco à população, tanto quanto encarecer os custos da infraestrutura urbana.

O crescimento desordenado das áreas urbanas, aliado às soluções que ignoram as condições físicas e biológicas do sítio natural, acarreta em problemas, como: enchentes, erosão, elevação das temperaturas, alterações no ciclo hidrológico do local e poluição dos mananciais urbanos.

Cabe a quem planeja e pensa a cidade, na concepção de seus projetos, identificar a vocação natural do lugar, compreendendo, primeiro, a “natureza” e, depois, a “natureza dos espaços” que está projetando. Lembrando-se de que está construindo espaços em uma

paisagem que já existia antes da cidade, pensando no que deve ser preservado e como esse espaço deve se encaixar nessa paisagem.

Segundo Demantova e Rutkows (2007), novas estratégias devem ser utilizadas para o desenho dos espaços que propiciem a adequação entre a gestão dos processos ecológicos, mantendo a oferta de seus serviços à população e à gestão da própria cidade. Na verdade, a visão aqui é de que o meio natural é um tipo de infraestrutura existente, sendo a mais antiga e a mais eficiente de todas. Ele atua de forma a equilibrar diversos fatores e ciclos que contribuem para a qualidade de vida do homem, desempenhando importantes e diferenciadas funções para a manutenção e melhoria da sustentabilidade urbana.

Infraestrutura verde é a nova abordagem de controle das águas pluviais, que busca formas mais sustentáveis e naturais em oposição às grandes obras de drenagem. São técnicas e práticas bem semelhantes às LIDs, descritas no item 3.2, que foram utilizadas em outros países e, atualmente, estão sendo estudadas e aplicadas no contexto das cidades brasileiras.

Muitas dessas práticas já estão sendo usadas em outros países e, hoje, vêm sendo avaliadas e monitoradas quanto à sua eficiência e custo benefício.

Esta abordagem busca a utilização dos processos naturais no controle das águas, utilizando a infiltração das águas mediante uso intensivo da vegetação e de pisos permeáveis, entre outras possibilidades naturais, procurando retornar o mais próximo do ciclo hidrológico natural.

As estruturas denominadas de infraestrutura verde são estruturas paisagísticas que auxiliam no sistema de drenagem urbana são as seguintes: jardins de chuvas; canteiro pluvial; lagoa pluvial – bacias de retenção; Biovaletas; Tetos verdes; Grades verdes.

A Figura 3.20 ilustra uma biovaleta que é semelhante a uma bio-retenção, descrita no item 3.2.2 (A), e a Figura 3.21 de um canteiro pluvial semelhante ao *rain garden*, descrito, também, no item 3.2.2. (E).

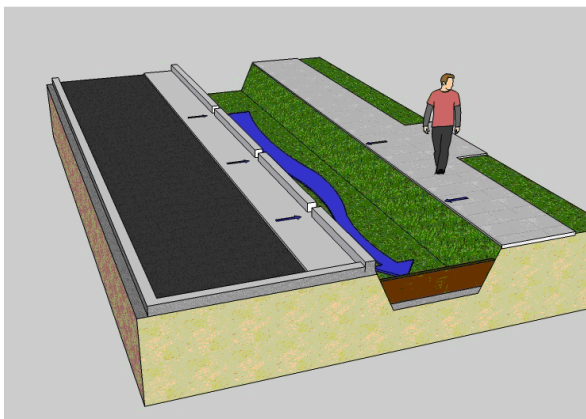


Figura 3.20: Ilustração de uma biovaleta.  
Fonte: Demantova; Rutkowski, 2007.



Figura 3.21: Ilustração de um canteiro pluvial.  
Fonte: Demantova; rutkowski, 2007.

Os jardins de chuva são projetados para ficarem rebaixados em relação ao terreno de forma a captar a água pluvial. O solo age como uma esponja que suga a água enquanto os microrganismos e bactérias no solo removem poluentes. São utilizadas plantas que ajudam na evapotranspiração e remoção dos poluentes. As condições do solo devem ser adequadas à infiltração de água, assim como o lençol freático que não pode próximo da superfície.

Canteiros pluviais têm o mesmo conceito de jardins de chuva, porém em formato reduzido para ser utilizado em pequenas áreas. Podem ser utilizados em qualquer edificação, para isso, basta conter a terra com plantas para infiltração e um ladrão com as inclinações adequadas. Pode ser utilizado em passeios públicos, próximo à rua, com a inclinação correta, e serve como um grande auxiliar, diminuindo consideravelmente o escoamento superficial.

A maioria das técnicas apresenta os mesmos conceitos das LIDs e já foram descritas anteriormente, portanto não há a necessidade de fazê-lo novamente.

Grade verde é denominada a associação de várias técnicas que, combinadas, formam uma rede de intervenções de infraestrutura verde. Dessa forma, é possível que técnicas sejam aplicadas onde são mais adequadas. Quando o solo não é adequado para infiltração, a água é conduzida até por inclinação para lugares onde possa infiltrar ou ser armazenada.

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa encontra-se organizada, internamente, em três etapas.

A primeira parte apresenta uma revisão bibliográfica e introduz as redes de infraestrutura para estudar o aproveitamento e a infiltração das águas pluviais. Mostra a utilização da água e sistema de saneamento tradicional ao longo da história, mais especificamente do sistema de drenagem urbana. Descreve o modelo utilizado no Brasil e seus principais problemas.

A segunda parte descreve as Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto ou LID (*Low Impact Development*) e os conceitos de Infraestrutura Verde que trata de novas abordagens na gestão das águas pluviais semelhantes. Essas tecnologias são comparadas aos métodos tradicionais de drenagem urbana, relacionando eficiência, vantagens, desvantagens e custo/benefício.

A terceira parte trata da caracterização do contexto da UFMS (lajes, área, problemas existentes, consumo de energia, consumo de água, usos para a água), local utilizado para implantação dos experimentos e observações sobre os problemas atuais e suas conseqüências. Nesse capítulo, é feita a descrição dos experimentos para a captação de água de chuva e é analisado o processo de projeto de readequação do estacionamento central e a importância da vegetação.

### 4.1 O caso do campus da UFMS:

O município de Campo Grande, localizado geograficamente na porção central de Mato Grosso do Sul, com 8.096 km<sup>2</sup>, ocupa 2,26% da área total do Estado. A sede do município está situada nas coordenadas geográficas 20°26'34", latitude Sul e 54°38'47", longitude Oeste; sua altitude varia entre as cotas de 500 e 675 metros. Sua sede está nas imediações do divisor de águas das Bacias Hidrográficas dos rios Paraná e Paraguai (PMCG – Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2007).

O território do município de Campo Grande, em termos geológicos, encontra-se sobre as Formações Serra Geral e Botucatu do grupo São Bento e Caiuá do Grupo Bauru. Sendo a Formação Caiuá a de maior abrangência no território de Campo Grande. O município situa-se na Região Geomorfológica, denominada “Região dos Planaltos Arenítico-Basálticos Interiores” (PMCG, 2007).

No Estado de Mato Grosso do Sul, existem 25 classes de solos identificados e classificados no Atlas Multirreferencial(1990), citado no Perfil Socioeconômico(2008-2009), entre esses são encontrados, no território do município de Campo Grande: Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo roxo, Areias Quartzosas, além de pequena extensão de Solos Litólicos (PMCG, 2007).

Quanto à vegetação, Campo Grande localiza-se na zona neotropical, pertencente aos domínios da região fitogeográfica do Cerrado, apresentando um conjunto de formas de vegetação segundo um gradiente de biomassa, relacionado com a fertilidade dos solos, sendo suas principais fisionomias: Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado, Cerradão. Apresenta também fisionomia da Floresta Aluvial (mata ciliar) e áreas de Tensão Ecológica pelo contato Cerrado/ Floresta Estacional Semidecidual e áreas das formações antrópicas utilizadas para agropecuária (PMCG, 2007).

O Cerrado é caracterizado por uma flora antiga e rica em endemismo e está entre as mais ricas do mundo em número de espécies de plantas vasculares por unidade de área. O cerrado encontrado no município apresenta características de vegetação xeromórfica e fisionomia diversificada. A vegetação é lenhosa, de casca grossa e rugosa, composta de brotos foliares bem protegidos e órgãos de reserva subterrâneos além de folhas desenvolvidas com os estômatos normalmente abertos (PMCG, 2007).

Em 2007, segundo dados da Prefeitura, a cobertura vegetal remanescente no município somou 168.113 ha dos 810.000 ha do território do município, compreendendo 20,7% de sua área (PMCG, 2007).

Campo Grande passou por uma fase de grande expansão urbana na década de 1970, fatores importantes contribuíram, tais como, a divisão do Estado, a construção do conjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Esse crescimento das últimas décadas resultou em um aumento de cinco vezes a população existente em 1970. A população de Campo Grande, em 2007, totalizou 724.524 pessoas. Outro dado importante a ser observado é a alta taxa de urbanização, segundo a qual a população urbana, em 2007, representava 98,66% e a rural apenas 1,34%. Todos esses dados demonstram que houve um grande aumento nas áreas impermeabilizadas do município (PMCG, 2007).

Este trabalho foi desenvolvido no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS- que, de acordo com a Carta de Drenagem do município, localiza-se na bacia do Bandeira, tendo como curso d'água contribuinte o córrego Cabaça.

A Carta de Drenagem de Campo Grande foi elaborada entre março de 1995 e outubro de 1996 e classifica as bacias de acordo com os problemas atuais e potenciais relacionando os

serviços e obras necessários como medidas de controle e intervenções relativas às enchentes. A bacia do Bandeira tem 19,5 Km<sup>2</sup>, sendo 86,81 % de área permeável e 13,09 % de área impermeável (dados da época da carta geotécnica). Pode ser considerada uma área bem arborizada, contando, inclusive, com a RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural da UFMS e a APP do Córrego Bandeiras, ambas as áreas protegidas por lei. Apresenta, no entanto, alagamentos, inundações e enchentes nos pontos mais baixos. O sistema de microdrenagem tem se mostrado insuficiente e, em vários pontos, localizam-se bocas-de-lobo assoreadas com localização e distribuição irregular (PMCG, 1996).

A Figura 4.1 mostra a Bacia do Bandeira representada na Carta de Drenagem de campo Grande.

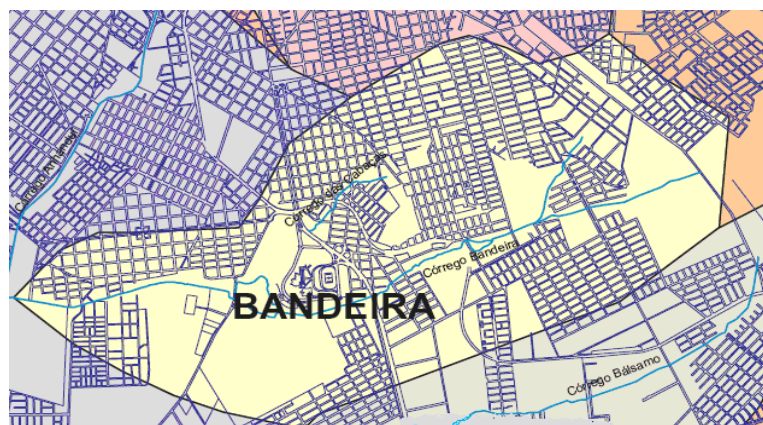


Figura 4.1: Bacia do Bandeira.

Fonte: PMCG, 2007.

A carta de drenagem do município, já em 1996, recomendava ações para área da Bacia do Bandeira, referentes aos projetos de parcelamento de solo, que são transcritas a seguir (PMCG, 1996):

- “Implantar obras e/ou medidas para dissipação de energia das águas pluviais nos pontos de lançamentos;
- Dimensionar adequadamente as calhas e travessias do sistema de drenagem, compatibilizando o volume d'água às dificuldades do terreno;
- Implantar sistema adequado para captação e drenagem de águas superficiais nos taludes de corte e aterro;
- Adequar à solução de coleta e dissipação das águas servidas às dificuldades de escoamento e infiltração no solo;
- Prever cuidados específicos nos trechos de declividade acentuada onde há concentração de águas pluviais;

- Implantar canaletas ou interceptar o fluxo de águas nos locais problemáticos quanto ao desenvolvimento de erosão no leito viário;
- Evitar o escoamento de grandes volumes de águas pluviais no leito das vias, privilegiando o seu lançamento na drenagem natural;
- Implantação de revestimentos retentivos em áreas de pouco tráfego, ex: (áreas de estacionamento, vias locais);
- Implantar canaletas gramadas em loteamentos condominiais de baixa densidade de ocupação e de relevo suave;
- Proteção das margens e cabeceiras dos cursos d'água.

Atualmente, com os problemas decorrentes da explosão demográfica e do aumento da população urbana, muitos problemas ambientais surgiram, entre eles, a poluição dos corpos de água, problema que põe em risco muitas espécies de animais e inclusive a espécie humana.

Em Campo Grande, a precipitação anual, em 2007, foi de 1157,60 mm, sendo a média mensal máxima 180,3 mm em novembro e a mínima em julho de 4,8 mm valores (PMCG, 2008, p.39). Apresentando, portanto, potencial para a captação e aproveitamento da água de chuva. Para a captação de água de chuva é importante observar a estação chuvosa que ocorrem no verão e a estação seca que ocorre no inverno. A tabela a seguir mostra os índices pluviométricos de 1996 a 2006 (Embrapa Gado de Corte, 2009).

Tabela 4.1: Precipitação acumulada (mm) em Campo Grande – 1996-2007

| Mês              | Precipitação anual (mm) |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |               |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                  | 1996                    | 1997           | 1998           | 1999           | 2000           | 2001           | 2002           | 2003           | 2004           | 2005           | 2006           | 2007          |
| <b>Janeiro</b>   | 271.1                   | 241.4          | 170.8          | 198.7          | 168.5          | 171.2          | 128,4          | 354.5          | 55.0           | 232.0          | 149,25         | 407,9         |
| <b>Fevereiro</b> | 147.9                   | 249.7          | 154.2          | 127.4          | 236.6          | 252.5          | 196.0          | 171.0          | 101.7          | 156.8          | 178,3          | 164,6         |
| <b>Março</b>     | 149.4                   | 85.7           | 131.2          | 188.1          | 271.2          | 118.3          | 96.4           | 170.9          | 57.9           | 89.6           | 134,6          | 61,2          |
| <b>Abril</b>     | 40.7                    | 113.1          | 196.1          | 38.1           | 41.3           | 78.0           | 46.4           | 152.0          | 139.9          | 70.9           | 64,3           | 73,9          |
| <b>Mai</b>       | 144.3                   | 66.9           | 140.8          | 31.0           | 40.1           | 100.6          | 68.9           | 78.5           | 159.1          | 113.8          | 54,6           | 75,4          |
| <b>Junho</b>     | 2.4                     | 134.6          | 27.9           | 15.8           | 8.2            | 40.1           | 0.0            | 37.9           | 83.0           | 160,7          | 16,5           | 0,0           |
| <b>Julho</b>     | 6.4                     | 0.5            | 39.0           | 16.3           | 33.5           | 43.2           | 114.8          | 33.7           | 52.8           | 18.5           | 4,8            | 30,7          |
| <b>Agosto</b>    | 4.5                     | 35.7           | 122.0          | 0.0            | 96.8           | 75.3           | 44.9           | 103.4          | 0.0            | 7.9            | 32,8           | 0,0           |
| <b>Setembro</b>  | 116.0                   | 48.7           | 115.0          | 64.9           | 132.0          | 176.4          | 63.5           | 125.1          | 39.6           | 96.6           | 115,8          | 4,1           |
| <b>Outubro</b>   | 162.5                   | 102,1          | 114.4          | 182.4          | 93.6           | 97.7           | 90.2           | 163.1          | 166.5          | 217.4          | 81,8           | 80,5          |
| <b>Novembro</b>  | 64.4                    | 181,2          | 83.8           | 93.8           | 179.9          | 302.7          | 107.8          | 149.9          | 96.0           | 244.5          | 180,3          | 143,2         |
| <b>Dezembro</b>  | 168.1                   | 309.1          | 148,3          | 131.1          | 203.6          | 214.6          | 115.5          | 117.6          | 266.2          | 237.9          | 144,5          | 198,4         |
| <b>Total</b>     | <b>1.277.7</b>          | <b>1.568.7</b> | <b>1.443.5</b> | <b>1.087.8</b> | <b>1.505.3</b> | <b>1.670.6</b> | <b>1.072.8</b> | <b>1.657.6</b> | <b>1.217.7</b> | <b>1.646.6</b> | <b>1.157,6</b> | <b>1240,0</b> |

Fonte: Embrapa Gado de corte, 2009, p.40.

### **4.1.1 Caracterização do Local de Implantação do Experimento: Reservatórios para Captação de Água de Chuva**

#### **4.1.1.1 Etapa 1: escolha do local**

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul foi construída nos anos 1970 e, na época, o modernismo estava em alta e as edificações, seguindo essa linguagem arquitetônica, foram concebidas utilizando o concreto aparente.

Nesses 39 anos de fundação, a Universidade cresceu e novas edificações foram construídas, as antigas, que datam da criação da UFMS (naquela época era uma universidade estadual), sofreram reformas as quais, quase sempre, desconsideraram os princípios adotados em sua concepção. Essas adaptações, juntamente com as ampliações que se fizeram necessárias nesse decorrer, contribuíram para a descaracterização do projeto original, apesar da existência, segundo Arruda (2006), de um Plano Diretor para o crescimento do Campus de Campo Grande.

Com políticas públicas que não atendem às necessidades básicas de uma instituição de ensino, no que se refere às verbas de custeio e manutenção, as edificações dessa universidade têm sofrido com as intempéries e o desgaste natural, resultado de mais de trinta anos de exposição ao sol e à chuva, além de uma intensa utilização de seus espaços. Aliadas às políticas administrativas das últimas gestões, voltadas apenas para a construção de novos edifícios, praticamente, não houve manutenção e foram atendidos apenas os problemas emergenciais. Os prédios existentes, sem os cuidados necessários, deterioraram-se, permitindo que se observem em suas lajes, forros, coberturas, esquadrias, vedações, evidências da ausência de manutenção. Os sinais das infiltrações estão sempre presentes, sem previsão para os consertos necessários.

A Figura 4.2 indica o local do local do experimento e a Figura 4.3 ilustra a situação das instalações.



Figura 4.2:- Vista do local escolhido para o experimento  
Fonte: autora.



Figura 4.3:- Infiltração abaixo do local onde foi implantado o reservatório.  
Fonte: autora.

As lajes foram projetadas em concreto, assim como sua estrutura. O projeto foi organizado em módulos de 6 m x 6 m, contendo blocos de salas de aula com pé direito de 4,5 m e corredores com pé direito de 2,5 m, estes com sistema de vigas invertidas e lajes impermeabilizadas.

Uma das proposições neste estudo é o melhor aproveitamento dos espaços livres da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e também a busca de embasamento às soluções e alternativas aos problemas das cidades relativos aos mananciais urbanos que recebem uma grande carga de poluentes através das águas pluviais.

A proposta principal do experimento é utilizar a água coletada para lavagem dos corredores e para a irrigação da grama em época de seca.

#### 4.1.1.2 Etapa 2: montagem do experimento

Considerando esses fatores e a proposta de pesquisa abordando as condições de drenagem da UFMS, aliada às possibilidades de aproveitamento das águas pluviais em suas áreas livres, foi planejada a utilização das lajes, como estrutura dos reservatórios propostos, visto que elas contêm espaço suficiente para essa instalação e são áreas ociosas. Assim, a água captada nos telhados dos blocos pode ser canalizada diretamente para esses reservatórios e utilizada por gravidade nas áreas próximas da coleta. Antes da montagem do experimento, foi realizado um levantamento de determinados pontos na face inferior da laje, de forma a verificar qualquer deformação que ela venha a sofrer decorrentes dos esforços relativos aos

reservatórios. Eles foram demarcados através de pontos de silicone. Esses pontos foram medidos novamente em duas datas posteriores com carga no reservatório para efeito de comparação das alturas da laje e verificação se houve deformação da mesma.

O reservatório foi colocado sobre a laje do corredor, com a intenção de aproveitar uma estrutura já existente e o efeito da gravidade para a utilização da água do reservatório.

Foi montada uma unidade de avaliação das águas decorrentes de chuvas ocorridas no Campus da UFMS, sobre um módulo da laje (6,0m x 6,0m) dos corredores nas imediações do DHT, captando a precipitação sobre essa área e também, da área do telhado de um módulo de salas de aula (12,0m x 12,0m) que pode ser observado na Figura 4.4 onde se instalou um pluviômetro (para o registro da chuva) e um pluviógrafo que aparece na Figura 4.5 (para o registro temporal dos eventos de chuva).



Figura 4.4: A retirada da água do pluviômetro.  
Fonte: autora.



Figura 4.5: Pluviógrafo para conferência do registro temporal dos eventos de chuva.  
Fonte: autora.

Para melhor distribuição dos esforços dos reservatórios sobre a laje, foi executada uma malha de ferro e uma vigota de concreto, dividindo o módulo de 6,0m x 6,0m ao meio. Dois reservatórios foram montados apoiados sobre a malha de ferro, que recebeu placas de forro de PVC, com a finalidade de regularizar a superfície para a colocação de uma lona resistente. Cada reservatório, com dimensões aproximadas de 5,75m x 2,80 x 0,3m (parte interna do reservatório), sendo que, em cada um deles, estava previsto recipientes para filtragem com o objetivo de remoção dos poluentes. Inicialmente, o projeto previa captação direta com algum tipo de filtragem em um reservatório e, no outro, captação da água do telhado para comparação da qualidade das águas e avaliação de quais seriam as soluções mais eficientes. A intenção seria utilizar um filtro com areia ou uma camada com gramíneas, para análise. No entanto, foram alterados pela dificuldade de montagem em cima do reservatório e a questão da carga em cima da laje também foi fator determinante para a alteração dos planos.

Outros fatores, como a falta de materiais adequados ou materiais com um custo muito alto, contribuíram igualmente para adaptações no projeto. As Figuras 4.6 e 4.7, mostram o reservatório em fase de montagem e após a montagem dos dois reservatórios.



Figuras 4.6 e 4.7: Reservatório com lona em fase de montagem e após a montagem.

Fonte: autora.

#### 4.1.1.3 Etapa 3: funcionamento dos reservatórios

As diferenças entre os reservatórios visam analisar as vazões e as qualidades das águas, antes e após a filtragem, além de avaliar a água coletada diretamente no reservatório e a água coletada através do telhado. As tubulações que transportam o escoamento afluente serão de variados diâmetros e dotadas de registros, hidrômetros e outros dispositivos de controle e distribuição do fluxo sobre a área de infiltração.

Para que o sistema possa analisar as águas da primeira chuva, que lavam a poeira do telhado e a poluição da atmosfera, ela vai diretamente para uma pequena caixa que, depois de completa, é conduzida para os outros reservatórios. Os dois reservatórios são ligados A cada tubo de PVC que desce junto aos pilares onde podem ser conectadas mangueiras para utilização dessa água. O sistema prevê, também, um extravasor em cada reservatório para evitar o transbordamento.

É possível verificar a caixa onde fica a água da primeira lavagem na Figura 4.8 e os extravasores, na parte superior dos reservatórios e junto à vigota central (entre os dois) na Figura 4.9.



Figura 4.8: Caixa para onde vai a primeira chuva.  
Fonte: autora.



Figura 4.9: Os extravasores dos reservatórios  
Fonte: autora.

Com a finalidade de avaliar a eficiência da remoção de poluentes através do meio filtrante, foram coletadas amostras de água para análise, tanto do escoamento afluente como do efluente. Foram comparados os resultados para avaliar a importância dos períodos sem chuva antecedente e da eficiência da remoção de poluentes com o tempo de uso do meio filtrante.

No detalhe da Figura 4.10, as conexões entre os tubos que conduzem a água; primeiro, a caixa com tampa azul que, quando está cheia, através de um sistema de bóia a água é conduzida ao reservatório que está na frente da tubulação que vem da calha e, por último, ao reservatório que fica na extremidade oposta.



Figura 4.10: Conexões que controlam a entrada de água nos reservatórios  
Fonte: autora.

Esse projeto piloto armazenou a água da chuva e foi monitorado pelos equipamentos instalados a partir de novembro de 2008. Foram coletadas amostras da chuva, no período

02/03/2009 a 29/05/2009. Essas amostras foram coletadas e analisadas no Laboratório Laqua, da UFMS, segundo as normas e os parâmetros necessários para enquadrar a água de acordo com o uso que se poderá dar ela. Com a realização das análises e a posterior avaliação dos resultados, será possível concluir se é viável a proposta de implantar esses reservatórios em toda a universidade, quantificando-se a água utilizada para calcular a capacidade dos reservatórios e a localização deles em toda Universidade, verificando, também, o custo da implantação de cada conjunto de reservatório e a estimativa da economia de água e luz que será possível com essas instalações.

#### 4.1.1.4 Etapa 4: análises de água de chuva

No período de 04 de fevereiro de 2009 a 29 de maio de 2009 foram coletadas amostras da água de chuva com a finalidade de avaliar a qualidade da água nas unidades de captação de águas pluviais. As amostras e as análises foram realizadas de formas diversas para que se pudesse avaliar o mais rigorosamente possível o sistema, as mesmas seguiram os procedimentos descritos a seguir além da Portaria MS –nº518/2004, que é uma portaria do Ministério da Saúde que estabelece, em seus capítulos e artigos, as responsabilidades por parte de quem produz a água, e a quem cabe o exercício de “controle de qualidade da água” e das autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano”. Essa Portaria destaca também a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo e os seus diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano.

O responsável pelas coletas e pela realização das análises foi o acadêmico Roger Daniel Rôdas da Engenharia Ambiental sob a supervisão do Técnico Responsável pelo Laboratório LAQUA da UFMS. O acadêmico ficava de prontidão, deixava o material esterilizado para coleta da água de chuva preparado e assim que iniciava a precipitação, se encaminhava com capa de chuva e galocha, para o local do experimento.

A Figura 4.11 ilustra a realização da análise da água de chuva no Laboratório LAQUA da UFMS, enquanto que a Figura 4.12 mostra a medição da vazão dos reservatórios com uma mangueira normal de limpeza (mangueira utilizada para o teste é uma mangueira comum de limpeza e com problemas de vazamento).



Figura 4.11:- Realização da análise.  
Fonte: autora.



Figura 4.12:- Verificação da vazão do reservatório.  
Fonte: autora.

As coletas e as análises foram realizadas de acordo com a tabela 4 e da seguinte forma: primeiro era coletada água direta da chuva, a seguir a água da 1ª lavagem dos telhados e depois dos dois reservatórios ou intercalados. Os parâmetros analisados nessa etapa foram os seguintes: fósforo; dureza; condutividade; sólidos totais e coliformes. Posteriormente deixou-se de analisar a água pura e procedia-se a análise dos dois reservatórios e da 1ª lavagem, como a água demonstrou ser de qualidade superior ao esperado buscou-se através de métodos de tratamento primários a possibilidade de chegar à potabilidade dessa água, para essa etapa novos parâmetros foram acrescentados à análise de acordo com a portaria\_518\_2004, que são os parâmetros de turbidez e cor.

Os tratamentos utilizados foram procedimentos simples, descritos a seguir:

- A água do reservatório foi filtrada em filtro comum (vela) e de carvão ativado.
- Foram utilizadas duas gotas de água sanitária para dois litros de água para desinfecção, foram removidos os coliformes.
- Método da “soldis”: a utilização de garrafas PET que proporciona uma ação efetiva contra uma ampla gama de patógenos, com um processo muito simples e custo praticamente nulo. Esse método consiste na colocação da água na garrafa PET e na exposição da mesma ao sol. Esse método foi realizado três vezes, sendo que em duas vezes retirou todos os coliformes e em uma das vezes falhou (pode ter ocorrido erro no laboratório ou ter ficado tempo insuficiente exposta ao sol).

As análises foram realizadas procurando verificar as diferenças de qualidade entre a chuva direta, a 1ª chuva que lava e traz a sujeira acumulada no telhado, a chuva armazenada no reservatório. É possível identificar essas diferenças pela tabela 04 das amostras, no entanto esses valores devem ser avaliados juntos aos índices pluviométricos.

Foram levantados dados relativos à vazão dos reservatórios nas torneiras que e na mangueira de limpeza que foi a vazão média de 109,82 ml/segundos (medida em frente ao RESAN no DHT) e resultava em um tempo médio de lavagem de 5 minutos de cada módulo padrão de corredor com 36 m<sup>2</sup> da UFMS.

A figura 4.13 mostra a filtragem através de um filtro simples (vela).



Figura 4.13:- Realização da filtragem com filtro simples (vela).

Fonte: autora.

Os dados a seguir são os procedimentos utilizados para a realização das análises de água de chuva, e são descritos em normas e protocolos estabelecidos de acordo com critérios adotados no Laboratório de Qualidade de Água da UFMS\_ LAQUA.

Tabela 4.2:- Amostra de Água de chuva

| Parâmetros                                        | Datas das amostras da água de chuva |                    |                    |                     |            |            |                       |                   |                     |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------|------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
|                                                   | 04/02/2009                          | 11/02/2009         |                    | 12/02/2009          |            |            | 16/02/2009            | 18/02/2009        |                     |
|                                                   | Água chuva pura                     | Res. Fundo         | Res. Fundo         | Água chuva pura     | Res. Fundo | 1ª Lavagem | Água chuva pura       | Amostra Clorada   | 1ª Amostra Filtrada |
| <b>Fósforo total (miligrama/litro)</b>            | 0,04                                | 0,067              | 0,041              | 0,056               | 0,009      | 0,043      | Estourou (muito alto) | 0,036             | 0,048               |
| <b>Ph</b>                                         | 6,38                                | 6,31               | 6,6                | 6,32                | 6,5        | 6,77       | 6,23                  | 6,21              | 6,14                |
| <b>Condutividade (Micro Siemens/cm)</b>           | 7,37                                | 3,3                | 4,28               | 4,75                | 2,19       | 7,37       | 5,23                  | 7,52              | 23,6                |
| <b>Dureza ( mg de CaCO<sup>3</sup> / litro )</b>  | 6,5                                 | 6                  | 8                  | 7                   | 1,2        | 9          | 4                     | 5                 | 21                  |
| <b>Coliformes Totais / Termotolerantes (NMP )</b> | Presente / Ausente                  | Presente / Ausente | Presente / Ausente | Presente / Presente | -          | -          | Presente / Ausente    | Ausente / Ausente | >200,5 / Ausente    |
| <b>Sólidos totais (miligrama / litro)</b>         | 13,5                                | 33                 | 28                 | 45                  | 39         | 67         | 67                    | 23                | 41                  |
| <b>Turbidez (UT)</b>                              | -                                   | -                  | -                  | -                   | -          | -          | -                     | -                 | -                   |
| <b>Cor (um. De cor)</b>                           | < 5                                 | < 5                | < 5                | < 5                 | < 5        | < 5        | < 5                   | < 5               | < 5                 |

| Parâmetros                                         | Datas das amostras da água de chuva |                     |                |                   |                            |                     |                           |                            |                    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|
|                                                    | 19/02/2009                          | 20/02/2009          | 27/02/2009     |                   | 02/03/2009                 |                     | 04/03/2009                | 20/03/2009                 |                    |
|                                                    | 2ª Amostra Filtrada                 | 3ª Amostra Filtrada | 1ª Lavagem     | Amostra Clorada   | Amostra Clorada + Filtrada | 4ª Amostra Filtrada | 5ª Amostra Filtrada + Sol | Amostra Clorada + Filtrada | 1ª Lavagem         |
| <b>Fósforo total (miligrama/litro)</b>             | 0,068                               | 0,04                | 0,018          | 0,018             | 0,018                      | 0,053               | 0,07                      | 0,01                       | 0,08               |
| <b>Ph</b>                                          | 6,4                                 | 6,65                | 6,7            | 5,94              | 7,39                       | 10,81               | 10,57                     | 10,67                      | 5,08               |
| <b>Condutividade (Micro Siemens/cm)</b>            | 11,3                                | 30,4                | 4,98           | 12,07             | 47,7                       | 135,3               | 128,2                     | 179,4                      | 12,3               |
| <b>Dureza ( mg de CaCO<sup>3</sup> / litro )</b>   | 14                                  | 31                  | 7              | 8                 | 41                         | 119                 | 96                        | 125                        | 15                 |
| <b>Coliformes Totais / Termotolerantes ( NMP )</b> | >200,5 Ausente                      | 32,4 / Ausente      | 12,4 / Ausente | Ausente / Ausente | 1 / Ausente                | Ausente / Ausente   | Ausente / Ausente         | Ausente / Ausente          | Presente / ausente |
| <b>Sólidos totais (miligrama / litro)</b>          | 19                                  | 55                  | 7              | 34                | 82                         | 209                 |                           |                            | 46                 |
| <b>Turbidez (UT)</b>                               | -                                   | -                   | -              | -                 | -                          | -                   | -                         | -                          | 6,46               |
| <b>Cor (um. De cor)</b>                            | < 5                                 | < 5                 | < 5            | < 5               | < 5                        | < 5                 | < 5                       | < 5                        | < 5                |

Fonte: Dados coletados e amostras realizadas pelo Acadêmico da Engenharia Ambiental Roger Daniel Rôdas

[illegible]

As análises realizadas pelo acadêmico Roger Daniel Rôdas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) na UFMS tiveram como objetivo verificar se a água poderia ser utilizada na lavagem de corredores, descarga em sanitários ou na irrigação de jardins dos seguintes parâmetros: fósforo total; pH; condutividade; dureza; coliformes totais e termotolerantes; sólidos totais; cor.

Segundo os dados coletados na iniciação científica do acadêmico, a água demonstrou qualidade superior à esperada após uma bateria de coletas e análises, foi verificada a possibilidade de um tratamento simples com a finalidade de tornar essa água potável seguindo a tabela 9 da Portaria N.º 518/04, então foi adicionado às análises o parâmetro turbidez.

Com exceção das amostras que receberam tratamento de desinfecção, todas as outras possuem coliformes totais, o que não é permitido para fins de potabilidade.

De acordo com a Resolução CONAMA N.º 357/05, a água de chuva analisada neste estudo pode ser classificada como água doce de classe 1, que pode ser destinada:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N.º 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Segundo os dados coletados pelo acadêmico, foi constatado que as águas pluviais captadas e estudadas atendem à demanda requisitada para as atividades de irrigação e limpeza dos módulos do DHT na UFMS. A qualidade destas águas também se adéquam as normas e legislações previstas pelo Ministério da Saúde e Conselho Nacional do Meio Ambiente.

## **4.2 Propostas para o Estacionamento Central**

A proposta de trabalhar com as áreas livres da UFMS, incluindo o estacionamento central, está baseada nas práticas das LIDs que preconizam que as águas pluviais devem ser tratadas e controladas em locais próximos à sua origem, e como essa área apresenta vários problemas que serão abordados no decorrer desta pesquisa, justifica-se a sua escolha.

Vale esclarecer que alguns dados aqui utilizados fazem parte da pesquisa da acadêmica Danielle Fabrão, conforme abordado na Introdução, e constituem-se os dados relativos às dimensões físicas do estacionamento e o respectivo desenho. Também estão inseridos no trabalho alguns dados referentes à pesquisa da acadêmica Ananda Pacífica, que aborda, em sua pesquisa, a importância da vegetação na área urbana, além de dados do levantamento das árvores do estacionamento, identificando-lhes as espécies e condições.

Um dos fatores principais para a proposta de trabalho em áreas de estacionamentos é de que eles, atualmente, ocupam grandes áreas impermeabilizadas nas cidades e, portanto, são vistos como áreas potenciais para a busca de melhores condições de infiltração das águas de chuva, de temperatura e de umidade. Todos esses fatores influenciam na qualidade de vida nas cidades.

Situado entre os paralelos 20°30'07''S e 20°30'35''S, e meridianos 54°36'44''O e 54°36'45''O, o estacionamento está disposto ao longo do corredor central do Campus de Campo Grande. O estacionamento central da UFMS possui área total de 4.810,2898 m<sup>2</sup>, sendo 1.913,9864 de via com pavimentação asfáltica e 2.622,1769 de área de estacionamento, com revestimento de blocos de concreto e canteiros de árvores de cerca de 50 cm de diâmetro a cada duas vagas de carros. O estacionamento possui aproximadamente 145 vagas dentre as quais 89 ficam na parte central dispostas em vagas a 45°, demarcadas apenas por pintura; estando as demais dispostas ao longo do percurso, sem limites demarcados no piso, em faixa adicional de estacionamento, medindo 2,5 m (dois metros e cinquenta centímetros), onde os veículos ficam dispostos um atrás do outro. Para compreensão da área de estudo, e com a finalidade de elaborar novas propostas para o estacionamento, realizou-se um levantamento topográfico, que serviria, também, para gerar a superfície e as declividades para avaliar os volumes do escoamento superficial, com a finalidade de embasar a proposta.

A Figura 4.14 mostra a vista aérea do estacionamento e a Figura 31 uma vista geral do estacionamento.



Figura 4.14 Vista aérea do estacionamento central da UFMS.  
Fonte: Google Earth, 2010..



Figura 4.15: Foto do estacionamento.  
Fonte: Autora.

Através dos dados coletados em pesquisa de campo; foi observado como se dá o escoamento das águas do estacionamento e também, pontos com cotas mais baixas; identificando, assim, os pontos com problemas.

Atualmente, a água escoada do estacionamento é recolhida por quatro canaletas e encaminhada ao sistema de drenagem do Campus; uma das canaletas pode ser vista na Figura 4.16.

Atualmente, apesar das grandes áreas livres do Campus serem dotadas de vegetação, fator que poderia contribuir para melhores condições de infiltração, existem pontos onde o sistema de drenagem está subdimensionado, devido ao grande escoamento superficial gerado; o que, aliado à falta de manutenção em eventos de chuvas torrenciais, ocasiona acúmulo de água na pista, o que pode ser observado na Figura 4.17.



Figura 4.16: Canaletas para onde são escoadas as águas do estacionamento.  
Fonte: Autora.



Figura 4.17: Foto de área da pista parcialmente alagada. A vista é do estacionamento do Glaucete Rocha.  
Fonte: Autora.

Em decorrência das condições atuais do local, propõe-se a reforma do Estacionamento Central da UFMS, com o objetivo de otimizar seu uso; bem como aliar, ao seu desenho e concepção, a preocupação ambiental.

O pavimento, na parte central, em área destinada a estacionamento, que é um pavimento de concreto intertravado, está desnivelado e o asfalto da pista também necessita de recapeamento; os canteiros das árvores não são delimitados e não há espaço suficiente, ocasionando a quebra dos blocos de concreto pelas raízes, inclusive, algumas árvores apresentam-se apodrecidas pela falta de cuidados.

A Figura 4.18 ilustra as condições de uma árvore no estacionamento; e a Figura 4.19 mostra como estão algumas das saídas das canaletas de águas pluviais.



Figura 4.18: Árvore com caule comprometido.  
Fonte: Autora



Figura 4.19: Uma das saídas das canaletas do estacionamento.  
Fonte: Autora

Foi levantado o tipo de vegetação arbórea do local e, também, as seguintes informações: nome comum e científico das espécies, aspecto geral e diâmetro de copa. Registrou-se a existência de poucas variedades de espécies, que se encontram em péssimo estado de conservação e inadequadas quanto ao plantio urbano, eficiência térmica, e absorção de água. Esse último fator agravado pelo uso excessivo de pavimentação impermeável. Sabe-se que a vegetação é um fator importante na qualidade do ambiente; e, para um melhor aproveitamento de suas vantagens, devem ser consideradas as características de cada espécie.

As espécies presentes no local foram: *Senna spectabilis* (Cássia) 41,79% e *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna), com 44,78%, sendo que a Sibipiruna é bastante utilizada na arborização urbana da cidade de Campo Grande.

Os resultados quantitativos e a identificação das espécies estão descritos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Espécies levantadas em todo o estacionamento, número de indivíduos por espécies e sua frequência em porcentagem, no dia 16-09-2008.

| Nome popular      | Nome Científico                   | Quantidade Encontrada | Porcentagem (%) |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Cássia            | <i>Senna spectabilis</i>          | 28                    | 41,79%          |
| Oiti              | <i>Licania tomentosa</i>          | 2                     | 2,98%           |
| Sibipiruna        | <i>Caesalpinia peltophoroides</i> | 30                    | 44,78%          |
| Não identificadas |                                   | 7                     | 10,45           |
| Total             |                                   | 67                    | 100 %           |

Fonte: Acadêmica Ananda Pacífico

Foram analisadas as espécies de acordo com o porte e a deciduidade. Observou-se que quanto ao porte são adequadas; porém, quanto à deciduidade não, pois, na estação do outono, perdem suas folhas, permitindo a passagem da radiação solar. Para análise da adequação dessas espécies para a área do estacionamento, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Características das espécies arbóreas levantadas apresentando: nome científico, família; porte (P=pequeno com altura até 5m; M= médio com altura entre 5 e 10m; G= grande com altura acima de 10m); ocorrência; deciduidade.

| <i>Espécie</i>                  | Família          | Porte | Ocorrência                  | Deciduidade |
|---------------------------------|------------------|-------|-----------------------------|-------------|
| <b><i>Senna spectabilis</i></b> | Senna pectabilis | M     | Caatinga                    | Decídua     |
| <b><i>Licania tomentosa</i></b> |                  |       |                             |             |
| <b><i>Caesalpinia</i></b>       | Leguminosae-     | G     | Mata Atlântica,<br>Pantanal | Semidecídua |
| <b><i>Peltophoroides</i></b>    | Caesalpinoidear  |       |                             |             |

Fonte: Adaptado - Acadêmica Ananda Pacífico

O resultado do levantamento das espécies indica que será necessária a substituição da vegetação existente no local, pois fica evidente pela deciduidade apresentada na Tabela 4.4 a sua ineficiência. Quanto à proposta da utilização de bioretenções e o uso intensivo da vegetação de várias espécies e portes, também diversificados (essa é uma pesquisa a parte), o uso intensivo da vegetação visa melhorar as condições de infiltração no local e amenizar as temperaturas, aumentando a umidade no local. A Figura 4.20 ilustra uma bio-retenção.



Figura 4.20: Esquema de Bioretenção

Fonte: Autora.

Foram elaboradas três propostas para a área de estudos, analisando-se as melhores disposições de vagas de veículos, de largura de calçadas e quantidade de vagas. Todas as propostas seguem os princípios de utilização das tecnologias de desenvolvimento de baixo impacto.

As propostas foram pensadas para obter melhor aproveitamento do espaço, incluindo uma vegetação apropriada, melhorando, dessa forma, as condições de infiltração das águas pluviais promovendo, através delas, a retenção da poluição das águas de chuva. Outra escolha importante foi a utilização de pisos permeáveis em todos os locais possíveis, propiciando dessa forma, condições melhores de conforto térmico no local, além do aspecto estético que também será beneficiado.

Nas áreas onde estão previstas as vagas, propôs-se a utilização de concregrama (Figura 4.21), que é um piso de concreto com grama em seus vazios, de forma a permitir a infiltração das águas, que atua minimizando o escoamento superficial. Na pista de rolagem, foi proposta a utilização de concreto poroso (Figura 4.22) ou asfalto permeável (Figura 4.23). Os pavimentos porosos têm a camada superior de revestimento executada de forma similar aos pavimentos convencionais, o que difere é a retirada da areia fina da mistura dos agregados do pavimento.



Figura 4.21: Concregrama  
Fonte: cancelatas, s.d.



Figura 4.22: Concreto poroso  
Fonte: Martins, 2006.



Figura 4.23: Asfalto poroso  
Fonte: Martins, 2006

Os pavimentos permeáveis são compostos por duas camadas de agregados (uma de agregado médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável

propriamente dito; dessa forma, ficam os vazios que permitem a permeabilidade do piso. Foram bastante utilizadas as bioretenções, que são áreas dispostas em cotas mais baixas em relação ao terreno, ajardinadas que usam solos porosos e vegetação para armazenar e filtrar o escoamento superficial. O objetivo é promover a recarga das águas subterrâneas, permitir a evapotranspiração e reduzir o escoamento superficial.

A seguir, serão descritas as propostas acompanhadas de suas respectivas plantas esquemáticas, incluindo a planta atual do estacionamento.

Na planta esquemática atual do estacionamento (Anexo 1) com as espécies existentes hoje no local. A partir do levantamento, procurou-se estabelecer um diagnóstico da situação para que fosse possível a elaboração das propostas.

A drenagem do estacionamento pode ser melhorada com o uso de pavimentos permeáveis no local de parada dos carros.

#### Proposta 1 (Anexo 1)

Na alternativa 1, propõe-se um aumento de 16,5% sobre a área atualmente utilizada, com o intuito de otimização do espaço, além de garantir o conforto ao usuário, obedecendo as normas de dimensionamento de faixas de rolamento e vagas de estacionamento, com o intuito de facilitar o uso do espaço, além de oferecer maior conforto térmico e visual através da vegetação proposta e da utilização de pavimentos permeáveis.

Nesse projeto, as vagas para veículos foram dispostas à 45°. Essa posição facilita a entrada e saída de veículos. Todos os pavimentos do estacionamento são permeáveis, de modo a facilitar a infiltração da água pluvial no solo e sua contenção nos reservatórios localizados sob o passeio de pedestres.

O pavimento proposto para as vagas de veículos é o concregrama; na pista de rolagem utilizou-se o asfalto poroso, nas calçadas para pedestres foi usado o concreto poroso.

Na calçada próxima à área gramada foi proposto um reservatório enterrado para água de chuva proveniente das bioretenções, dessa forma será filtrada pelas plantas e servirá para a irrigação em seu entorno. Pretende-se dessa forma preservar a água subterrânea (retirada do poço), economizando também a energia que seria usada para bombear essa água. Para calcular as dimensões do reservatório, foram utilizados os “Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo” (Tomaz, 2003, p.52).). De acordo com essa tabela, o volume para gramado ou jardim é de 2 litros por m<sup>2</sup> por dia, portanto, foi calculado o gasto mensal, prevendo-se uma reserva para 10 (dez) dias, o fator utilizado para a frequência foi de 12 (doze) vezes por mês, que resulta em uma frequência 0,4 /mês.

Área estimada x 2 litros x (12/ 30) x 30 dias = 16.000 m<sup>2</sup> x 2 L x 0,4 x 30 =

Gasto mensal = 384.000 litros por mês

Previsão por dez dias = 384.000/3 = 128.000 litros

Após os cálculos para capacidade do reservatório, foi necessário pensar em sua disposição; e como o objetivo é que a água passe pelas bio-retenções para retirada dos poluentes, optou-se por sua colocação embaixo de uma das calçadas e, nessa área (acima do reservatório) o piso não poderá ser permeável, para que não ocorra contaminação. Dessa forma, foram calculados dois reservatórios dispostos ao longo da calçada, que tem 2,00 m de largura. Considerando-se que cada metro linear de reservatório (2,00m de largura / 1,00m de profundidade) terá 2.000 litros, foram necessários 64,00 m de comprimento de reservatório, assim, ficaram 2 reservatórios, cada um com 32,00 m de comprimento. Esse cálculo se aplica também às outras propostas.

#### Proposta 2 (Anexo 2)

Na alternativa 2, propõe-se um aumento de 28% sobre a área atualmente utilizada, com o objetivo de melhorar as condições ambientais e também de conforto ao usuário. Nessa opção, a utilização das áreas verdes (bio-retenção) foi privilegiada de forma a otimizar a absorção de água pelo solo e melhorar o conforto térmico.

Neste projeto, as vagas para veículos estão dispostas perpendicularmente, as variações entre as alternativas buscam avaliar qual alternativa consegue aliar uma melhor utilização dos espaços às melhores condições ambientais.

#### Proposta 3 (Anexo 2)

Na alternativa 3, propõe-se um aumento de 50,44% sobre a área atualmente utilizada, com o objetivo de aumentar o número de vagas, porém mantendo as áreas permeáveis nos pavimentos e também as áreas de bio-retenção, de forma a intensificar o uso da vegetação como forma de controle do ciclo hidrológico e da temperatura, favorecendo a recarga das águas subterrâneas.

Neste projeto, as vagas para veículos estão dispostas perpendicularmente, as variações entre as alternativas buscam avaliar qual alternativa consegue aliar uma melhor utilização dos espaços às melhores condições ambientais. Os pavimentos são os mesmos em todas as propostas, mudam apenas a disposição das vagas e dos canteiros.

A seguir a Tabela 4.5 compara as vantagens e desvantagens de cada opção.

Tabela 4.5: Comparativo de áreas das propostas e número de vagas.

|                                                | <b>Situação atual</b> | <b>Proposta de projeto 1</b>                        | <b>Proposta de projeto 2</b>                        | <b>Proposta de projeto 3</b>                        |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Área total do estacionamento [m <sup>2</sup> ] | 4.536,16              | 5284,3115                                           | 5810,4563                                           | 6824,1045                                           |
| Área total de rolamento [m <sup>2</sup> ]      | 1.913,99              | 1647,7554                                           | 2404,4465                                           | 2407,4465                                           |
| Área pavimento permeável [m <sup>2</sup> ]     | 2622,1769             | 2143,7482                                           | 1830,9634                                           | 2423,8624                                           |
| Número de árvores                              | 67                    | Faz parte da iniciação da acadêmica Ananda Pacífico | Faz parte da iniciação da acadêmica Ananda Pacífico | Faz parte da iniciação da acadêmica Ananda Pacífico |
| Área de bio-retenção [m <sup>2</sup> ]         | 0                     | 1492,8079                                           | 1575,0464                                           | 1992,7956                                           |
| Número de vagas                                | 145                   | 136                                                 | 145                                                 | 195                                                 |

Fonte: Acadêmica Danielle Fabrão

Observa-se que a proposta de projeto 3 apresenta maiores vantagens. As áreas de bioretenção e de pavimento permeável se mostram maiores que nas demais propostas; bem como o número de vagas de estacionamento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Faz-se necessária uma discussão sobre as águas pluviais, seu controle e seu aproveitamento; porém a questão maior engloba os recursos naturais e as questões urbanas. A cidade e a natureza devem ser tratadas como entidades unidas e entrelaçadas em um mesmo espaço visto a cidade ter sido construída com a desconstrução da natureza. Por seu lado, a cidade não consegue conter a natureza e seus processos e, às vezes, a cidade se vê invadida pela natureza de formas diversas. Portanto, os serviços da natureza devem ser usados na cidade e, para isso, não se deve sufocá-la, mas, sobretudo, preservar os recursos existentes e buscá-los onde exista potencial para recuperá-los.

Os parques e áreas verdes urbanos têm papel importante a cumprir, não apenas como lazer ou contemplação, mas, principalmente, como áreas capazes de diminuir os impactos ambientais; onde poderão ser resolvidos problemas de infiltração; evitando, assim, as enchentes e poluição dos córregos, assoreamentos dos corpos de água, erosões e ilhas de calor.

Propostas onde são utilizadas formas de reaproveitamento de águas de chuva, pisos permeáveis, utilização de vegetação de forma estudada e adequada ao meio são, no mínimo, bem-vindas. A UFMS, como instituição de ensino superior, dispõe de todos os meios necessários para a concretização dessas propostas: áreas livres, laboratórios, comunidade acadêmica; portanto o campo para pesquisa é vasto.

Nesse sentido, há necessidade de revisão das normas de construções específicas, de forma que sejam adotadas medidas tanto nas obras públicas como nas obras privadas, quanto aos equipamentos hidráulicos ou em relação às águas pluviais. Muitas medidas e incentivos podem e devem ser adotados no sentido de racionalizar o consumo de água.

Então, dos resultados esperados, considera-se que:

O potencial de armazenamento de água proveniente de chuvas, dentro do Campus da UFMS, pode ser utilizado para uso em limpeza e descarga de sanitários; bem como para a irrigação de jardins e gramados em época de estiagem, aproveitando o espaço disponível de telhados e as lajes (sobre os corredores), numa demonstração que isso é possível e viável; necessitando apenas de alguns ajustes e aprimoramentos, podendo, até mesmo, evoluir para um projeto com aproveitamento de água pluvial para fins potáveis.

Quanto à análise das diferenças de qualidade do escoamento de telhados e do escoamento superficial de áreas de estacionamento, bem como das respectivas exigências do tratamento necessário para utilização, não foi possível a instalação dessa parte do projeto, por questões econômicas e práticas; a instalação dos reservatórios e as propostas dos estacionamentos consumiram o tempo e os recursos disponíveis. Deve, no entanto, ser avaliadas as espécies de plantas indicadas para utilização em bio-retenções, valetas de infiltração, coberturas verdes e outras opções, com a utilização de plantas para melhorar as condições de infiltração e a remoção de poluentes nas águas pluviais.

Com a implantação de vários conjuntos de reservatórios para captação das águas pluviais e a proposta do estacionamento e outras áreas livres da UFMS; seria possível reduzir o volume que seria superficialmente conduzido ao sistema de drenagem do Córrego Bandeira. No entanto, isso não foi dimensionado nessa etapa.

O estudo mostrou que é possível economizar energia elétrica para o sistema de bombeamento dos poços artesianos da UFMS mediante armazenamento significativo de águas pluviais nos reservatórios sobre as lajes. Pode-se afirmar que o sistema funciona, e poderá ser beneficiado com a utilização de mangueiras com redutores para melhorar a pressão e agilizar o processo de limpeza. Será possível a economia de água subterrânea para os processos de limpeza.

O trabalho propõe, também, a reformulação de uma área de estacionamento dotada de pavimentos permeáveis e reservatórios subterrâneos, com a pretensão de avaliar a eficiência das diversas formas de captação das águas e dos tratamentos disponíveis, bem como propor usos possíveis de acordo com a qualidade verificada.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após os estudos realizados, as propostas analisadas, os experimentos avaliados e as análises de água realizadas; chegou-se às seguintes conclusões:

Os problemas abordados e todas as soluções propostas no Campus da UFMS têm aplicabilidade prática, assim, poderão ser montados sistemas permanentes com o monitoramento de professores e acadêmicos para a avaliação da qualidade das águas pluviais e, também, acompanhamento dos índices pluviométricos, estudo de vegetações adequadas e pisos permeáveis entre outras tecnologias que visem contribuir com melhores condições ambientais.

Esses sistemas contribuiriam muito, inclusive para a interdisciplinaridade, pois os trabalhos poderiam ser integrados com reuniões semanais entre os acadêmicos e os orientadores dos vários cursos de graduação.

A integração entre os trabalhos deveria contemplar, também, o estudo das vegetações adequadas para utilização no campus; com a finalidade de melhorar as condições de infiltração umidade do ar, temperatura, entre outras.

As legislações devem ser aperfeiçoadas no sentido de exigir que as águas pluviais sejam infiltradas em suas áreas de origem.

Toda a rede viária e a de drenagem urbana deverão ser revistas e repensadas de acordo com conceitos como a infraestrutura verde ou as LIDs estudadas neste trabalho.

Os projetos das edificações, cidades, parques, loteamentos devem buscar a integração da natureza e seus processos, de uma forma ampla. Para isso, é necessário que os projetistas conheçam o território onde estão pisando.

Vale ressaltar, também, a necessidade de outros estudos acerca da captação e das técnicas de reutilização da água considerando as necessidades do Campus da UFMS.

## REFERÊNCIAS

- ARRUDA, A. M. V. **Campo Grande arquitetura, urbanismo e memória**. Campo Grande: UFMS, 2006.
- BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.
- BRAGA, R.; CARVALHO, P. R. (Org.). **Perspectivas de Gestão Ambiental em cidades Médias**. Rio Claro: UNESP, 2001.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005
- CARVALHO, E.F. **Meio Ambiente & Direitos Humanos**. 2.ed. Curitiba: Juruá, 2006.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Dicionário de Termos Técnicos de Saneamento Ambiental Português/Inglês- Inglês/Português**. São Paulo: CETESB; 1985.
- COSTA JUNIOR, L. L. ; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**: Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, Mar. 2006 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522006000100007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000100007&lng=en&nrm=iso)> . Acesso em: 23 out. 2008.
- COSTA JUNIOR, L. L. J.; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.1, p. 46-54, jan-mar 2006.
- CRUZ, M. A. S.; SILVEIRA, A. L. L. ; TUCCI, C. E. M.. Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. **Revista Brasileira de Recursos hídricos**, v. 3, n.4, p.19-31, out/dez 1998.
- CUNHA, A. P. S. R. **Experimento Hidrológico Para Aproveitamento de Águas De Chuva Usando Coberturas Verdes Leves (CVL)**.
- DEMANTOVA, G. C.; RUTKOWSKI, E. W. A sustentabilidade urbana: simbiose necessária entre a sustentabilidade ambiental e a sustentabilidade social. **Revista Arquitectos On Line** ano 08, set 2007. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitectos/08.088/210>>. Acesso em 14 set. 2009.
- DIAS, G.F. **Iniciação à Temática Ambiental**. São Paulo: Gaia, 2002.
- EMBRAPA. Gado de Corte. **Perfil Socioeconômico de Campo Grande 2007-2008**. Campo Grande, 2008.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.eesc.usp.br/shs/downloads/technotes/emm/Ara-FAPESP-2004-Relat-final.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

FERNANDES, C. **Microdrenagem**: um estudo inicial. Campina Grande: UFPB, 2002. 192p. Disponível em: <[http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/HDren\\_01.html](http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/HDren_01.html)>. Acesso em: 05 abril 2009.

FILHO, A. T. B.; NUCCI, J. C. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba, PR. 2005.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável**. São Paulo: Anablune/ Edifurb, 2001.

GONÇALVES, J. Um “swale”/vala com mais de 100 metros que atravessa dois pequenos vales, com a forma de um 3. **Permaculturaportugal**, 2010. (online). Disponível em: <[http://permaculturaportugal.ning.com/events/event/show?id=2722171%3AEvent%3A75343&commentId=2722171%3AComment%3A78699&xg\\_source=activity](http://permaculturaportugal.ning.com/events/event/show?id=2722171%3AEvent%3A75343&commentId=2722171%3AComment%3A78699&xg_source=activity)>. Acesso em: 12 mar. 2009.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Curitiba: Organic Trading, 2002.

HINMAN, Curtis Project lead and editor: Bruce Wulkan Illustrations: AHBL Civil and Structural Engineers and Planners, except where noted Additional editorial assistance/proofreading: Harriet Beale and TC Christian. Publication No. PSAT 05-03 To obtain this publication in an alternative format, contact the Action Team’s ADA Coordinator at (360) 725-5444.

HOUGH, M. **Naturaleza e ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

HOUGH, M. **Naturaleza Y Ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1995.

HOUGH, M. **Naturaleza Y Ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1995.

HOUSEHOLD – WATER – TREATMENT. Prepared by Brian Skinner and Rod Shaw. WELL - WATER AND ENVIRONMENTAL HEALTH AT LONDON AND LOUGHBOROUGH (WELL) is a resource centre funded by the United Kingdom's Department for International Development (DFID) to promote environmental health and wellbeing in developing and transitional countries. It is managed by the London School of Hygiene & Tropical Medicine (LSHTM) and the <http://www.lboro.ac.uk/well/>.

JUNIOR et al. Parametros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas.

LOW IMPACT DEVELOPMENT- TECHNICAL GUIDANCE MANUAL FOR PUGET SOUND. January-2005 Puget Sound Action Team. Washington State University Pierce County Extension. Disponível em [http://www.rhama.net/artigos\\_interna.asp?cat=1](http://www.rhama.net/artigos_interna.asp?cat=1)

MASCARÓ, J.L. **Loteamentos Urbanos**. 1.ed. Porto Alegre: Mais Quatro, 2003.

MASCARÓ, J.L. **Loteamentos Urbanos**. 1.ed. Porto Alegre: Mais Quatro, 2003.

\_\_\_\_\_. **Vegetação Urbana**. 2.ed. Porto Alegre: Mais Quatro, 2005

MASCARÓ, J.L.; YOSHINAGA, M. **Infraestrutura Urbana**. Porto Alegre: Mais Quatro, 2005.

MATTOS, A.; VILLELA, S.M. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

Model Low Impact -Development Strategies for Big Box Retail Stores - The Greening of Surface Water Management Methods for Large Format Retailers, July 2007. This report was prepared by Department of Natural Resources and Parks - Water and Land Resources Division. Disponível em: [www.kingcounty.gov/wlr/](http://www.kingcounty.gov/wlr/)

MORETTI, R. S.; NISHIHATA, N. M. Melhorias do manejo de águas pluviais urbanas: possibilidades associadas aos estacionamento. In: Encontro Nacional de Tecnologia em Ambiente Construído, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. 1992. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/declaracaoagua.html>. Acesso em 14 set. 2009.

P.O. Box 40900 Olympia, WA 98504-0900 (360) 725-5444 / (800) 54-SOUND. Disponível em: [www.psat.wa.go](http://www.psat.wa.go)

PMCG - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. Instituto Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente – PLANURB. **Carta de Drenagem de Campo Grande**. Campo Grande, 1997. Disponível em: <http://www.pmcg.ms.gov.br/index.php?s=44&location=29&idFile=20>. Acesso em: 05 maio 2008.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes Básicas Para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo, 1999. 289 p. Disponível em <http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2009.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. . Desenvolvimento urbano de baixo impacto. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul RS-SC-PR, 2005. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/cfs/Aguasul2005%20-%20Desenvolvimento.pdf>>.

SPIRN, A.W. **O Jardim de Granito**. São Paulo: USP, 1995.

SPIRN, A.W. **O Jardim de Granito**. São Paulo: USP, 1995.

TASSI, R; VILLANUEVA, A. O. N. Análise à escala de bacia do controle obtido com a implementação de microrreservatórios de lote. In: Simpósio de Recursos Hídricos, 15., 2003. Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. v. 1, p. 1-725.

The Action Team's TDD number is (800) 833-6388. Cover art, clockwise from top of page: Green street concept (AHBL). Vegetated roof, Multnomah County building in Portland, Oregon (Erica Guttman). Permeable concrete walkway and parking area, Whidbey Island (Greg McKinnon). Permeable paver detail (Gary Anderson). Bioretention swale, Seattle (Seattle Public Utilities). PIN pier section (Rick Gagliano).

TOMAZ, P, **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRS: Pelotas, 1997.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. V. 5. Porto Alegre: UGRGS, 1995.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I. H.; NETTO, O. M. C. **Gestão da Água no Brasil**. 2 ed. Brasília: UNESCO, 2003.

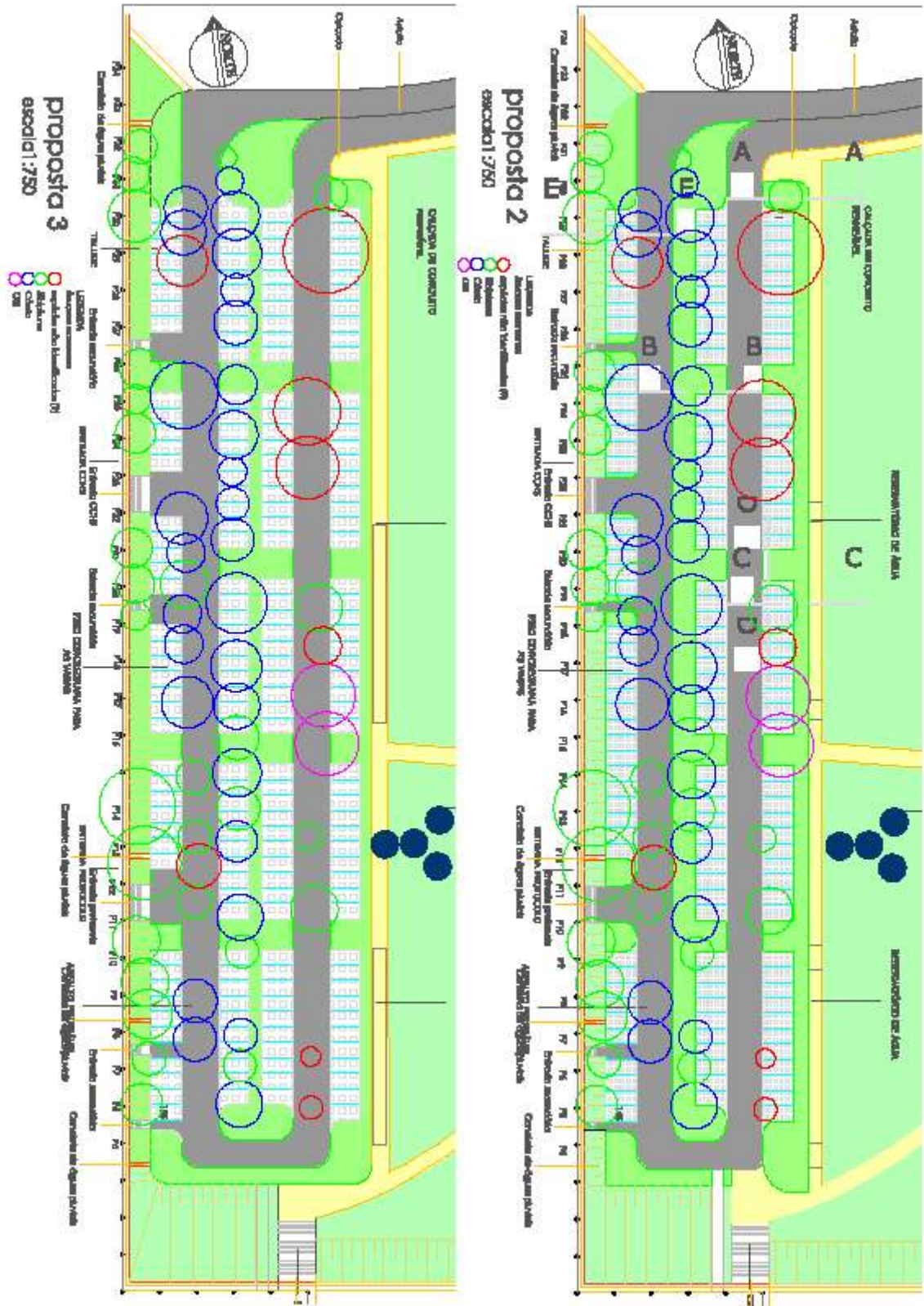
TUCCI, C.E.M. Apresentação dos rios da cidade. In: METROPOLAN. **Os rios da cidade: as enchentes na evolução urbana na região metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Metroplan, 2001, p.5-10.

TUCCI, C.E.M.; P. ARAÚJO, P.; GOLDENFUM, J. **A avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5 n.3, p.21-28, jul/set 2000.

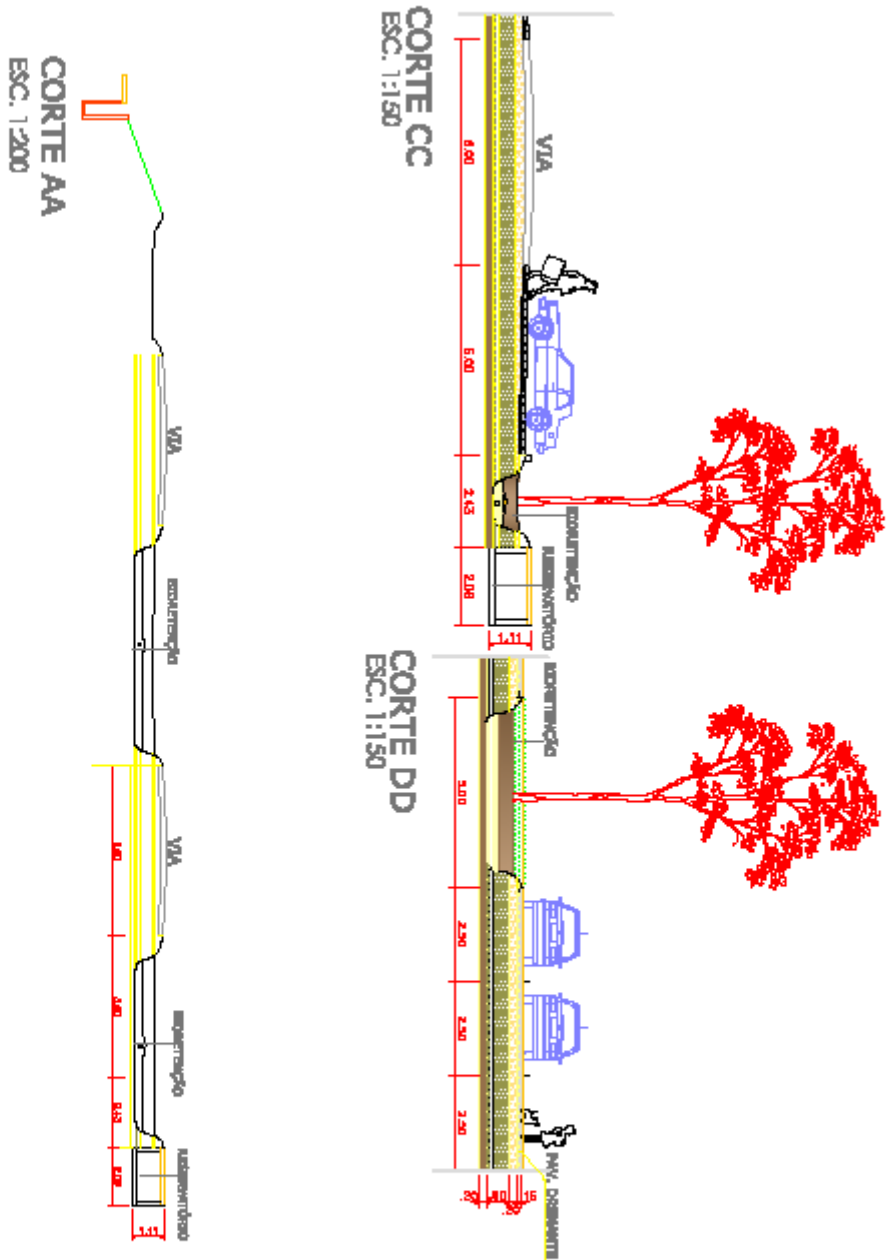
VECCHIA, F. ; PELLEGRINO, O. **Gestão de Políticas Públicas Voltadas ao Processo de Construção Habitacional e Transferência de Tecnologia**. FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: São Carlos, 2002.



## ANEXO 2



ANEXO 3



## APÊNDICE 1



### **Declaração Universal dos Direitos da Água**

A ONU redigiu um documento em 22 de março de 1992 - intitulado "Declaração Universal dos Direitos da Água"

O texto merece profunda reflexão e divulgação por todos os amigos e defensores do Planeta Terra, em todos os dias.

**1** - A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos.

**2** - A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.

**3** - Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.

**4** - O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

**5** - A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

**6** - A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

**7** - A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

**8** - A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

**9** - A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

**10** - O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

Fonte: ONU (Organização das Nações Unidas).

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

SIMONE FORTES DE OLIVEIRA LIMA

**APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO IMPACTO NO  
GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM ESPAÇOS  
LIVRES URBANOS: CASO DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

CAMPO GRANDE  
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

SIMONE FORTES DE OLIVEIRA LIMA

**APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE BAIXO IMPACTO NO  
GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS PLUVIAIS EM ESPAÇOS  
LIVRES URBANOS: CASO DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen

Aprovada em:

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Jorge Luiz Steffen  
Orientador – DHT/CCET/UFMS

Prof. Dr.<sup>a</sup> Paula Loureiro Paulo  
Instituição – DHT/CCET/UFMS

Prof. Dr.<sup>a</sup> Andrea Naguissa Yuba  
Instituição – DEC/CCET/UFMS

CAMPO GRANDE  
2009



## DEDICATÓRIA

*Ao meu filho que foi o meu pequeno “grande” companheiro. Sempre sentia que valia o esforço, quando olhava em seus olhos brilhantes e enxergava neles o seu amor, foi o que me deu força nos momentos difíceis!*

*Ao Celso, meu amigo e companheiro em todos os momentos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Doutor Jorge Luiz Steffen, pela dedicação e excelente orientação fornecida durante a elaboração deste trabalho.

Aos colegas do Mestrado em Tecnologias Ambientais, pela amizade e colaboração durante todo o curso.

A todos os colegas, professores e funcionários do Departamento de Estruturas e Construção Civil da UFMS, pela compreensão e colaboração. Em especial a aqueles que contribuíram me incentivando e assumindo outras atividades e responsabilidades para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

À acadêmica Danielle Fabrão, pela dedicação e presteza em atender às solicitações da pesquisa apesar de suas muitas atividades e especialmente pela sua amizade. Ao acadêmico Roger Daniel Dantas pela colaboração no experimento e disponibilidade em atender.

À minha família, em especial: ao Celso; pela paciência e dedicação; ao Luiz Pedro; pelo grande amor, compreensão e inspiração; à minha mãe, pela ajuda e amor incondicional e ao meu pai, (in Memoriam) que sempre me incentivou no caminho do conhecimento.

A todos que de alguma forma contribuíram com a realização desse trabalho.

*“A natureza permeia a cidade, forjando relações entre ela e o ar, o solo, a água e os organismos vivos em seu interior e a sua volta. Em si mesmas, as forças da natureza não são nem benignas nem hostis á humanidade. Reconhecidas e aproveitadas, representam um poderoso recurso para a conformação de um habitat urbano benéfico; ignoradas ou subvertidas, ampliam os problemas que há séculos castigam as cidades, como enchentes, deslizamentos a poluição do ar e da água. Infelizmente as cidades têm explorado as forças naturais que existem dentro delas.”*

*Anne Whiston Spirn*

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                      |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>DEDICATÓRIA .....</b>                                                                                                                             | <b>iv</b>   |
| <b>AGRADECIMENTOS .....</b>                                                                                                                          | <b>v</b>    |
| <b>EPÍGRAFE.....</b>                                                                                                                                 | <b>vi</b>   |
| <b>SUMÁRIO .....</b>                                                                                                                                 | <b>vii</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>                                                                                                                         | <b>ix</b>   |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                                                                                                        | <b>xi</b>   |
| <b>LISTA DE SIGLAS .....</b>                                                                                                                         | <b>xii</b>  |
| <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                                   | <b>xiii</b> |
| <b>ABSTRACT.....</b>                                                                                                                                 | <b>xiv</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                             | <b>15</b>   |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                                                                                                             | <b>21</b>   |
| <b>3 PROBLEMAS E DEBATES.....</b>                                                                                                                    | <b>22</b>   |
| <b>3.1 A Infraestrutura Urbana e o Modelo de Saneamento Adotado no Brasil e no Mundo.....</b>                                                        | <b>22</b>   |
| <b>3.2 Tendências Atuais na Gestão de Águas Pluviais Novas Tecnologias de Controle das Águas Pluviais: LID - <i>Low Impact Development</i> .....</b> | <b>35</b>   |
| 3.2.1 Benefícios e limitações .....                                                                                                                  | 37          |
| 3.2.2 Tipos de Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto .....                                                                                 | 38          |
| <b>4 METODOLOGIA.....</b>                                                                                                                            | <b>56</b>   |
| <b>4.1 O caso do campus da UFMS .....</b>                                                                                                            | <b>56</b>   |
| 4.1.1 Caracterização do Local de Implantação do Experimento: Reservatórios para Captação de Água de Chuva .....                                      | 60          |
| 4.1.1.1 Etapa 1: escolha do local .....                                                                                                              | 60          |
| 4.1.1.2 Etapa 2: montagem do experimento .....                                                                                                       | 62          |
| 4.1.1.3 Etapa 3: funcionamento dos reservatórios .....                                                                                               | 63          |
| 4.1.1.4 Etapa 3: análise de águas de chuva .....                                                                                                     | 65          |
| <b>4.2 Propostas para o Estacionamento Central .....</b>                                                                                             | <b>70</b>   |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                                                                                                | <b>80</b>   |
| <b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>                                                                                                             | <b>82</b>   |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                              | <b>83</b>   |
| <b>ANEXO 1 .....</b>                                                                                                                                 | <b>87</b>   |
| <b>ANEXO 2.....</b>                                                                                                                                  | <b>88</b>   |

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>ANEXO 3</b> .....    | <b>89</b> |
| <b>APÊNDICE 1</b> ..... | <b>90</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|              |                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1:  | Distribuição por tipo de consumo no mundo.....                              | 15 |
| Figura 1.2:  | Distribuição por tipo de uso no mundo.....                                  | 17 |
| Figura 1.3:  | Distribuição de água por tipo de consumo no Brasil.....                     | 17 |
| Figura 3.1:  | Vista do Aqueduto romano em Nîmes na França: Le Pont du Gard.....           | 23 |
| Figura 3.2:  | Vale do Indo, Paquistão, +/- 4000 a.C.....                                  | 24 |
| Figura 3.3:  | Cloaca máxima.....                                                          | 25 |
| Figura 3.4:  | Vista interna da Cloaca Máxima.....                                         | 25 |
| Figura 3.5:  | Sistema convencional de drenagem urbana e alguns de seus componentes...     | 26 |
| Figura 3.6:  | Canal com sistema de gabião no Córrego Prosa.....                           | 27 |
| Figura 3.7:  | Esquema de um sistema clássico de drenagem urbana.....                      | 29 |
| Figura 3.8:  | Evolução da população em áreas urbanas.....                                 | 30 |
| Figura 3.9:  | Mudanças no ciclo hidrológico como um resultado da urbanização.....         | 32 |
| Figura 3.10: | <i>Swale</i> .....                                                          | 37 |
| Figura 3.11: | Típico sistema de bio-retenção.....                                         | 39 |
| Figura 3.12: | <i>Swale</i> gramado com subdivisões em pedras. ....                        | 40 |
| Figura 3.13: | Cobertura verde no edifício <i>Multnomah County</i> , Portland, Oregon..... | 42 |
| Figura 3.14: | Cobertura verde.....                                                        | 43 |
| Figura 3.15: | O esquema da cobertura verde.....                                           | 45 |
| Figura 3.16: | Pavimento permeável.....                                                    | 46 |
| Figura 3.17: | Jardim de chuva e seus benefícios.....                                      | 48 |
| Figura 3.18: | Esquema de uma residência com aproveitamento pluvial.....                   | 52 |
| Figura 3.19: | Filtro para água de chuva bruta.....                                        | 52 |
| Figura 3.20: | Ilustração de uma biovaleta.....                                            | 55 |
| Figura 3.21: | Ilustração de um canteiro pluvial.....                                      | 55 |
| Figura 4.1:  | Bacia do Bandeira.....                                                      | 58 |

|              |                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.2:  | Vista do local escolhido para o experimento.....                            | 61 |
| Figura 4.3:  | Infiltração abaixo do local onde foi implantado o reservatório.....         | 61 |
| Figura 4.4:  | A retirada da água do pluviômetro.....                                      | 62 |
| Figura 4.5:  | Pluviógrafo para conferência do registro temporal dos eventos de chuva..... | 62 |
| Figura 4.6:  | Reservatório com lona em fase de montagem e após a montagem.....            | 63 |
| Figura 4.7:  | Reservatório com lona em fase de montagem e após a montagem.....            | 63 |
| Figura 4.8:  | Caixa para onde vai a primeira chuva.....                                   | 64 |
| Figura 4.9:  | Os extravazores dos reservatórios.....                                      | 64 |
| Figura 4.10: | Conexões que controlam a entrada de água nos reservatórios.....             | 64 |
| Figura 4.11: | Realização da análise.....                                                  | 66 |
| Figura 4.12: | Verificação da vazão do reservatório.....                                   | 66 |
| Figura 4.13: | Realização da filtragem com filtro simples (vela).....                      | 67 |
| Figura 4.14: | Vista aérea do estacionamento central da UFMS.....                          | 72 |
| Figura 4.15: | Foto do estacionamento.....                                                 | 72 |
| Figura 4.16: | Canaletas para onde são escoadas as águas do estacionamento.....            | 73 |
| Figura 4.17: | Foto de área da pista parcialmente alagada.....                             | 73 |
| Figura 4.18: | Árvore com caule comprometido.....                                          | 74 |
| Figura 4.19: | Uma das saídas das canaletas do estacionamento.....                         | 74 |
| Figura 4.20: | Esquema de Bioretenção.....                                                 | 76 |
| Figura 4.21: | Concregrama.....                                                            | 76 |
| Figura 4.22: | Concreto poroso.....                                                        | 76 |
| Figura 4.23: | Asfalto poroso.....                                                         | 76 |

## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1.1 | Produção hídrica do mundo por região.....                                                                                                                                                                                        | 16 |
| Tabela 1.2 | Produção hídrica na América do Sul.....                                                                                                                                                                                          | 16 |
| Tabela 1.3 | Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões e suas respectivas populações e áreas.....                                                                                                                                         | 16 |
| Tabela 3.1 | Fases do desenvolvimento das águas urbanas.....                                                                                                                                                                                  | 27 |
| Tabela 4.1 | Precipitação acumulada (mm) em Campo Grande – 1996-2007.....                                                                                                                                                                     | 59 |
| Tabela 4.2 | Amostra de Água de chuva.....                                                                                                                                                                                                    | 68 |
| Tabela 4.3 | Espécies levantadas em todo o estacionamento, número de indivíduos por espécies e sua frequência em porcentagem, no dia 16-09-2008.....                                                                                          | 74 |
| Tabela 4.4 | Características das espécies arbóreas levantadas apresentando: nome científico, família; porte (P=pequeno com altura até 5m; M= médio com altura entre 5 e 10m; G= grande com altura acima de 10m); ocorrência; deciduidade..... | 76 |
| Tabela 4.5 | Comparativo de áreas das propostas e número de vagas.....                                                                                                                                                                        | 79 |

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CVL: Cobertura Verde Leve

EESC: Escola de Engenharia de São Carlos

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENTAC: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

IQSC: Instituto de Química de São Carlos

LID: Low Impact Development

MCT: Ministério da Ciência e Tecnologia

PROPP: Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

UFMS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

USP: Universidade de São Paulo

## RESUMO

LIMA, S.F.O. (2009). *Aplicação de Tecnologias de Baixo Impacto no Gerenciamento das águas pluviais em espaços livres urbanos: caso do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul*, 2009. 91p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

A ocupação urbana ocasiona o aumento de áreas impermeáveis, como telhados, passeios públicos, ruas, estacionamentos e outros, alterando as características de volume e qualidade do ciclo hidrológico. Além dessas alterações, são observadas outras interferências decorrentes dentre as quais pode-se citar o aumento da temperatura. O aumento das superfícies impermeabilizadas resulta na ocorrência de enchentes urbanas cada vez mais frequentes e, na degradação da qualidade das águas pluviais. O escoamento superficial decorrente das chuvas torrenciais é responsável pela disseminação de doenças após as enchentes e poluição dos mananciais urbanos; provocando danos materiais e riscos à vida humana. Com este trabalho buscou-se estudar possibilidades para a utilização e destinação da água da chuva de forma a atenuar os referidos impactos na vida urbana, auxiliando na manutenção do ciclo hidrológico natural. Realizou-se análise de um “sistema piloto” para a coleta das águas de chuva incidentes sobre áreas cobertas. A qualidade da água coletada e armazenada foi analisada antes e depois do processo de filtragem. Para comparação dos parâmetros, foram definidas formas de utilização da água; dentre os quais podem ser citados os processos de limpeza, descarga de bacias sanitárias e irrigação de jardins. A qualidade do escoamento em questão foi monitorada antes e após o processo de filtragem, efetuando-se o balanço hídrico durante o período do projeto. Foram analisadas propostas de implantação de área para estacionamento com a utilização de pavimentos permeáveis aliadas ao uso intensivo de vegetação e uma proposta de vegetação adequada ao local, com a finalidade de melhorar as condições de infiltração e redução dos volumes escoados superficialmente após chuvas torrenciais.

**Palavras-chave:** Águas pluviais; pavimento permeável; tecnologias de baixo impacto.

## ABSTRACT

LIMA, S.F.O. (2009). *Application of Low Impact Technologies in the Management of pluvial waters in urban free spaces: case of the Campus of UFMS, 2009 .91p. Master Dissertation – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

The urban occupation causes the increase of impermeable areas as public sidewalks, roofs, streets, parkers and others, modifying the characteristics of volume and quality of the hydrological cycle. Beyond these changes are observed other interference from among which one can cite the increase in temperature. The increase in impermeable surfaces result in the occurrence of urban flooding more frequent, and the degradation of the quality of rainwater. The surface runoff resulting from heavy rainfall is responsible for the spread of diseases after the floods and urban pollution of water sources, causing property damage and risks to human life. This work aimed to study possibilities for the use and disposal of rainwater to mitigate those impacts on urban life, helping maintain the natural hydrologic cycle. Analysis was a "pilot system" for the collection of rainwater incident on the covered areas. The quality of water collected and stored was analyzed before and after the filtering process. To compare the parameters were defined forms of water use, among whom may be mentioned the cleaning, flushing toilets and watering gardens. The quality of runoff in question was monitored before and after the filtering process, by performing the water balance during the project period. We analyzed the proposed deployment area for parking with the use of porous pavements coupled with the intensive use of vegetation and proposed vegetation to suit the place, in order to improve the infiltration and reduced surface runoff volume after heavy rains.

**Keywords:** Rainwater; permeable pavement; low-impact technologies.

## 1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são limitados e são de fundamental importância para a vida humana na terra. Setenta por cento do nosso planeta é coberto por água, no entanto, do total existente, apenas 2,5% dos recursos hídricos são compostos por água doce. Tal volume está distribuído de acordo com a Figura 1.1.

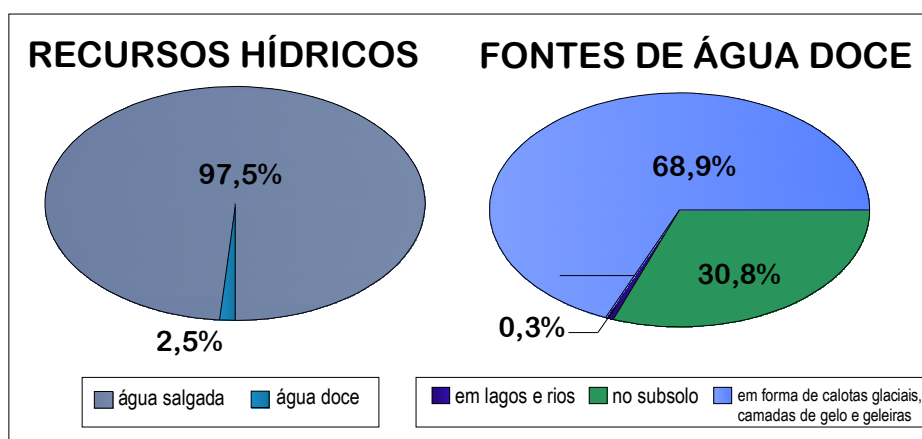


Figura 1.1 – Distribuição por tipo de consumo no mundo.  
Fonte: Phillipson, 2010, p.22.

A distribuição da água doce no planeta é bastante irregular. Considerando os fatores condicionantes naturais, observa-se que em alguns países a disponibilidade hídrica é muito pequena, comparada a outros com grande disponibilidade. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que dentre os 2,5% de água doce, apenas 1% esteja disponível e acessível para o consumo humano (Phillipson, 2010, p. 22).

A utilização dos recursos hídricos de forma indiscriminada, ao longo dos anos, pode ser considerada uma das causas da escassez de água no mundo todo. O consumo deliberado e sem controle acarreta o esgotamento das reservas subterrâneas e intensifica o desequilíbrio ecológico. O crescimento demográfico associado à elevada ocupação em áreas urbanas acarreta o aumento das taxas de impermeabilização do solo, afetando negativamente o ciclo hidrológico, dificultando a infiltração e a recarga das águas subterrâneas. (Tucci, 1997, p. 5).

Atualmente estima-se que 40% da população mundial sofrem com a escassez de água; situação que tende a se agravar nos próximos anos à medida que a população cresce, principalmente nos países subdesenvolvidos. (Phillipson, 2010, p. 22).

A Tabela 1.1 demonstra a variação da produção hídrica no mundo por região.

Tabela 1.1 – Produção hídrica do mundo por região

| Regiões do mundo     | Vazão média | Porcentagem |
|----------------------|-------------|-------------|
| Ásia                 | 458.000     | 31,6        |
| América do Sul       | 334.000     | 23,1        |
| América do Norte     | 260.000     | 18,0        |
| África               | 145.000     | 10,0        |
| Europa               | 102.000     | 7,0         |
| Antártida            | 73.000      | 5,0         |
| Oceania              | 65.000      | 4,5         |
| Austrália e Tasmânia | 11.000      | 0,8         |
| Total                | 1.448.000   | 100,0%      |

Fonte: Tomaz, 2003, p. 20.

Assim como nas diferentes regiões do mundo, a distribuição de água é irregular na América do Sul e também no Brasil. A Tabela 1.2 demonstra a produção hídrica na América do Sul.

Tabela 1.2 – Produção hídrica na América do Sul

| América do Sul | Vazão média | Porcentagem |
|----------------|-------------|-------------|
| Brasil         | 177.900     | 53          |
| Ouros países   | 186,6       | 47          |
| Total          | 334.000     | 100%        |

Fonte: Tomaz, 2003, p.20.

Na Tabela 1.3 está discriminada a disponibilidade hídrica no Brasil por regiões em quilômetros cúbicos e em porcentagem e a distribuição da população em suas respectivas áreas por quilômetros quadrados, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano de 1999.

Tabela 1.3 – Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões e suas respectivas populações e áreas

| Regiões do Brasil | Vazão média (Km³/ano) | Porcentagem (%) | Área (Km²) | População 1999 | Porcentagem da população (%) |
|-------------------|-----------------------|-----------------|------------|----------------|------------------------------|
| Norte             | 3.845,5               | 68,5            | 3.869.637  | 12.133.705     | 7,40                         |
| Nordeste          | 186,2                 | 3,3             | 1.561.177  | 46.289.042     | 28,23                        |
| Sudeste           | 334,2                 | 6,0             | 927.286    | 69.858.115     | 42,61                        |
| Sul               | 365,4                 | 6,5             | 577.214    | 24.445.950     | 14,91                        |
| Centro-Oeste      | 878,8                 | 15,7            | 1.612.077  | 11.220.742     | 6,85                         |
| Total             | 5.610,0               | 100%            | 8.547.403  | 163.947.554    | 100%                         |

Fonte: Tomaz, 2003, p.20.

A distribuição de água e a distribuição da população por área também é irregular no Brasil. Deve-se observar que a região Norte é a maior em área e disponibilidade hídrica e, no entanto, a população é relativamente pequena. A região sudeste é uma das menores do país, abriga a maior população, e sua disponibilidade hídrica está entre as menores.

A água é utilizada de várias formas, com diversas finalidades, dentre as quais o consumo humano, o consumo agrícola e o consumo industrial podem ser considerados os principais.

Na Figura 1.2 está relacionada a distribuição de água por tipo de uso no mundo.

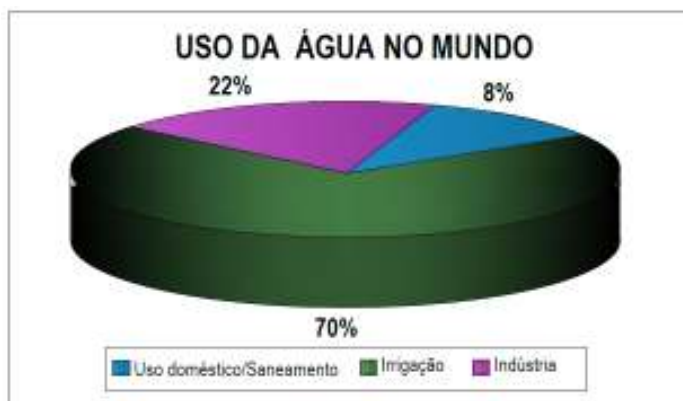


Figura 1.2 – Distribuição por tipo de uso no mundo.

Fonte: Phillipson, 2010, p.22.

Na Figura 1.3 está representada a distribuição de água por tipo de consumo no Brasil.

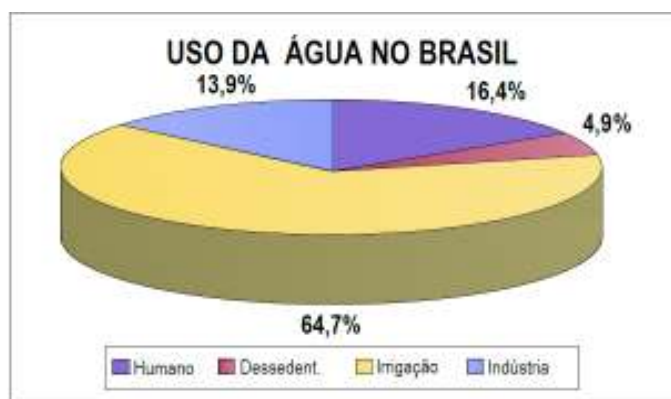


Figura 1.3 – Distribuição de água por tipo de consumo no Brasil.

Fonte: Tucci, 2003, p. 64.

O consumo humano ou doméstico baseia-se na alimentação, higiene pessoal e limpeza da casa e utensílios ou roupas. A demanda média é de, aproximadamente, 50 litros diários por pessoa; podendo variar de acordo com o poder aquisitivo da população e o nível de desenvolvimento da região. Em países subdesenvolvidos o consumo de água pode ser de apenas 10 litros diários por pessoa e chegar a 150 litros em países como o Reino Unido (Phillipson, 2010, p.22). Segundo Bauman (2008), o consumo médio de água em casa é distribuído da seguinte forma:

- 45% na descarga do banheiro;
- 30% em higiene corporal;

- 20% na lavagem de roupa, de louças, limpeza de casa, rega do jardim;
- 5% para beber e alimentação.

Segundo Tucci (2003, p. 57), o consumo humano não apresenta demanda significativa quando comparada à da irrigação, porém a degradação das águas superficiais e subterrâneas e a concentração de demanda em grandes áreas urbanas ocasionam limitações para o consumo. As águas próximas às cidades são contaminadas pelas cargas de esgoto cloacal, industrial e escoamento superficial lançados nos rios.

A atividade agrícola é uma grande consumidora de água, estima-se que, no mundo, são utilizadas quase 70% da água dos rios, lagos e aquíferos com tal atividade. No Brasil o consumo é de aproximadamente 64,75% (Tucci, 2003, p. 62). É vital que se busque a eficiência nessa atividade, mediante pesquisas e estudos, pois qualquer desperdício é muito prejudicial ao sistema de abastecimento de água. Calcula-se que só chega à zona de cultivo entre 15% e 50% da água que é extraída para a irrigação, o restante da água é perdido no caminho; seja por evaporação, por absorção ou de vazamentos (Semana Interamericana da Água, 2002).

A indústria é também uma grande consumidora de água, principalmente nos países desenvolvidos. Estima-se que as indústrias utilizam de  $1/2$  a  $3/4$ , de toda água extraída, em comparação com a média mundial que chega somente a  $1/4$  (Werdine, 2002, p.41).

Desde o princípio dos tempos, a água faz parte da vida animal e vegetal, constituindo-se em um bem “insubstituível para a vida”. No entanto, as condições em que hoje se encontram os córregos, rios, mares, pântanos, lagos e fontes, e a forma como estão sendo conduzidas as políticas públicas de planejamento urbano e de recursos hídricos, realmente não condizem com a afirmação de que sem água não existe vida.

Em 2000 foi firmado um compromisso, entre 189 países, na Organização das Nações Unidas – ONU, denominado de Compromisso do Milênio, que trata das responsabilidades de todo ser humano ou sociedade que utiliza a água. Sua proteção constitui-se em uma obrigação jurídica, sendo, portanto, imprescindível o planejamento da gestão da água e que ela “...deve ser manipulada com racionalidade; precaução e parcimônia”.

A população urbana vem passando por problemas com o escoamento das águas pluviais, tanto no sentido da quantidade escoada, quanto da qualidade da água escoada. A primeira provoca enchentes e estragos na cidade; a segunda, disseminação de doenças após as enchentes.

Com os problemas ocasionados pelas enchentes, que levam poluentes aos mananciais urbanos, muitas cidades e algumas regiões do Brasil já sofrem os efeitos perversos de um modelo de desenvolvimento que não se preocupa com a conservação dos recursos naturais e, em especial, dos recursos hídricos que já se mostram escassos. Estudos demonstram que com a urbanização, aumentam os índices de impermeabilização dos solos, dando origem às alterações do ciclo hidrológico, diminuindo a evapotranspiração e a infiltração das águas pluviais no solo. Tais fatores são determinantes para uma menor recarga das águas subterrâneas, para o aumento do escoamento superficial, maiores riscos de enchentes e, ainda, alterações no clima, pois diminuem a umidade que proporciona a criação de micro-climas que atenuam os efeitos da radiação solar e auxiliam na estabilidade da temperatura (Tucci, 1997, p.5).

Essa dissertação faz parte de projeto de pesquisa aprovado pelo CNPq, no Edital MCT/CNPq 15/2007 – Universal composto por três trabalhos de iniciação científica, cadastrados na PROPP, e que trarão subsídios para a conclusão da dissertação e do projeto de pesquisa. As iniciações têm como tema: “Análise das vegetações adequadas para estacionamentos considerando absorção de água, conforto térmico e estético”; “Análise da utilização de pisos permeáveis e vegetação em estacionamentos para melhoria das condições de infiltração e aproveitamento de águas pluviais” e “Avaliação quantitativa e qualitativa das águas no aproveitamento pluvial na UFMS”.

As principais justificativas do trabalho são os problemas acarretados pelas pesadas chuvas, combinados com grandes áreas de solos impermeáveis nas áreas urbanas, que atuam concentrando a vazão de águas pluviais para os pontos mais baixos das bacias hidrográficas a uma velocidade cada vez maior. Os resultados desse processo são: a erosão, acelerada pela perda da floresta nativa; as enchentes que desabrigam as populações alojadas às margens dos corpos de água e prejudicam a fauna e flora e, ocasionam ainda, a poluição dos corpos de água, resultando em graves problemas de saúde pública.

As mudanças nos conceitos tradicionais tornam-se necessárias no gerenciamento dos recursos hídricos e das águas pluviais, para estimular a ampliação das áreas permeáveis e, de forma mais abrangente, ampliar a infiltração das águas de chuva no solo.

Observa-se que a retenção de água de chuva, em espaços abertos, combinada com mecanismos para estimular a infiltração, é agente de extrema importância para atenuar os problemas atuais de drenagem urbana.

Segundo Canholi (2005, p.16), sistemas alternativos para o combate dos problemas das cheias urbanas têm sido estudados no mundo todo; no Brasil a aplicação desses conceitos

inovadores e a discussão sobre a sua aplicabilidade ainda é incipiente. O sistema de captação e uso das águas pluviais, proveniente das águas dos telhados canalizadas para um reservatório, pode ser uma possibilidade de abastecimento e uso humano, e está dentre esses sistemas alternativos. A finalidade é racionalizar o uso da água, diminuindo ainda os grandes volumes que são escoados através das vias públicas para o sistema de drenagem tradicional, carreando todo tipo de dejetos e poluentes para os mananciais urbanos, mas sem tratamento adequado.

Diante de tais considerações, evidencia-se a necessidade de uma mudança conceitual na forma de implantação dos empreendimentos, na busca de maior equilíbrio entre as edificações e o meio natural.

Um meio de se atingir essa meta é identificar os caminhos naturais da água – de chuva, riachos, nascentes – e transformá-los em parte integral da estrutura dos espaços livres das cidades.

Essa preocupação se reflete no conceito de “infraestrutura verde”, que tem como premissa que espaços livres e paisagismo devam contribuir para múltiplos benefícios à comunidade, como a redução da incidência e efeitos das enchentes, a redução de erosão do solo e da sedimentação das águas, o tratamento de efluentes, a criação de áreas de recreação e oportunidades para se plantar hortas.

A infraestrutura verde e a LID – *Low Impact Development* constituem-se, também, em sistemas alternativos que baseiam-se na utilização de vegetação para auxiliar no processo de infiltração e proporcionando a filtragem das águas pluviais, incluindo a retirada de poluentes.

A existência de áreas verdes amplas e adequadas auxilia na absorção natural da água pelo solo, diminuindo o volume no sistema de drenagem pública e aumentando a qualidade da água absorvida, além do ganho em conforto térmico e o benefício estético com o uso de técnicas de paisagismo.

Dessa forma, procura-se apresentar as vantagens que a vegetação traz para solucionar a problemática referida e os problemas ocasionados pelo desmatamento que resulta do crescimento das cidades.

## 2 OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral estudar novas possibilidades para o uso racional e eficiente das águas no meio urbano, concentrando-se na utilização das águas pluviais e nas tendências atuais de gestão da drenagem urbana.

Os objetivos específicos do desenvolvimento da dissertação são:

1. Conceituar as tecnologias de manejo de águas pluviais de baixo impacto ambiental através de revisão bibliográfica;

2. Avaliar as metodologias convenientes de desenvolvimento de baixo impacto para o Campus;

3. Analisar a qualidade de água em unidade piloto:

- Verificar a qualidade dos escoamentos nos telhados para avaliar se é viável sua utilização em processos gerais de limpeza;

4. Acompanhar e avaliar o projeto desenvolvido para o estacionamento central da UFMS:

- Analisar o potencial do estacionamento central do campus;
- Encontrar alternativas para o aumento da “retenção e infiltração” das águas pluviais, através do aumento das áreas permeáveis e o uso intensivo da vegetação;
- Avaliar o projeto desenvolvido pelas acadêmicas verificando as dificuldades encontradas e as soluções adotadas;
- Avaliar as condições atuais e as condições futuras com as mudanças propostas.

### 3 PROBLEMAS E DEBATES

#### 3.1 A Infraestrutura Urbana e o Modelo de Saneamento Adotado no Brasil e no Mundo

Mascaró e Yoshinaga (2005) pontuam que o espaço urbano não é constituído simplesmente pela combinação entre áreas edificadas e áreas livres, interligadas através de sistemas viários. Acrescenta que outros sistemas são necessários para dar condições à vida urbana. Esses sistemas fazem parte da infraestrutura urbana que:

[...] possibilitam seu uso e de acordo com sua concepção, se transformam em elemento de associação entre a forma, a função e a estrutura. Também podem contribuir para que o conjunto urbano se apresente como fragmento de um catálogo incoerente (p.13).

O termo infraestrutura pode ser definido como um conjunto de serviços e equipamentos, públicos ou privados, fundamentais à manutenção da vida nas cidades. Esses serviços buscam o desenvolvimento das funções urbanas em todas as suas dimensões: social; econômica e institucional. Na dimensão social, a infraestrutura urbana objetiva condições de moradia, trabalho, saúde, educação, lazer e segurança. Na dimensão econômica, a infraestrutura urbana deve propiciar o desenvolvimento das atividades produtivas de forma eficaz (Zmitrowisk; Neto, 1997, p.2).

Sob a dimensão institucional, entende-se que a infraestrutura urbana deve fornecer os meios necessários à gestão da própria cidade. Tais serviços são compostos por redes de energia elétrica e iluminação pública, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e lixo, drenagem pluvial, arborização, telecomunicação etc. Essas redes são dimensionadas de acordo com o porte e as necessidades das cidades e estão condicionadas ao suporte do sítio natural e suas características físico-biológicas, entre outras (Zmitrowisk; Neto, 1997, p.2).

Na literatura, relatos sobre a existência das redes de infraestrutura nas cidades indicam que essa é tão antiga quanto às próprias cidades, uma vez que compõem o tecido urbano. Entre todas as redes, a primeira a surgir, obviamente pela necessidade de acesso, foi a rede viária. As próximas são as redes sanitárias, das quais se encontram excelentes exemplos em Jerusalém e Roma antiga e, finalmente, as redes energéticas, em fins do século XIX (Mascaró; Yoshinaga, 2005).

Um exemplo de rede de abastecimento de água é o aqueduto romano próximo à Nîmes na França sobre o rio Gard, construído no século I a.C. que aparece na Figura 3.1.

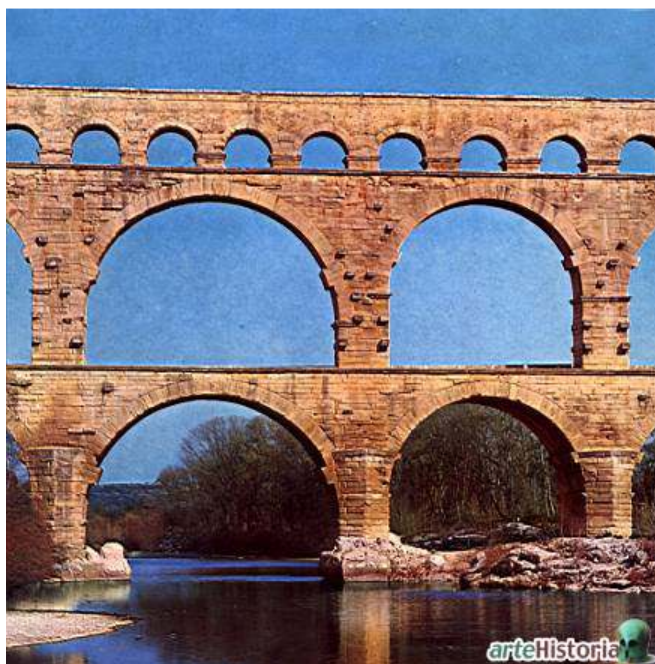


Figura 3.1 – Vista do Aqueduto romano em Nîmes na França: Le Pont du Gard  
Fonte: Arthehistoria

Segundo Fernandes (2002), a drenagem, inicialmente, era considerada como um complemento da irrigação e, posteriormente, evoluiu para uma técnica com objetivos definidos, tais como, recuperar áreas inundadas, controlar a umidade dos solos e ou canalizar as águas para retirá-las do terreno ou ainda para sua utilização. Com a evolução das técnicas modernas, projetos complexos exigem detalhamento dos elementos que fazem parte da rede de drenagem. A drenagem é considerada um método eficaz para manter a salubridade em áreas urbanas e faz parte de um conjunto de obras de infraestrutura necessárias para garantir as condições primordiais para as propriedades urbanas.

Observa-se, ao longo da história, que as civilizações possuem alternativas de saneamento. Pesquisas arqueológicas apontam que, na Índia, foram encontradas ruínas de uma civilização, de cerca de 4000 anos atrás, onde havia vestígios de banheiros, esgotos nas construções e drenagem nas ruas (Figura 3.2).



Figura 3.2: Vale do Indo, Paquistão, +/- 4000 a.C.  
Fonte: Fernandes, 2002.

O degelo do Himalaia causava cheias anuais, responsáveis pelo depósito de camadas aluvionais altamente férteis sobre a planície. Enquanto as civilizações mesopotâmicas e egípcias se dedicavam a erguer muralhas, túmulos e templos para conter as enchentes; o povo do vale do Indo dedicava-se a árdua tarefa de colocar suas acomodações acima do nível das águas. Eles construíam enormes plataformas de terra batida e entulhos; e cada casa dispunha de um banheiro com chão pavimentado em declive e de um sistema de escoamento de água que desembocava em um sofisticado sistema de encanamento pelos quais a água servida corria para dutos ou esgotos centrais (Fernandes, 2002).

Mascaró e Yoshinaga (2005) colocam que existem exemplos de redes sanitárias em Jerusalém e na Roma antiga que são interessantes para serem analisados. Roma possuía um excelente sistema de abastecimento de água, estendida, também, à maioria das cidades do Império. Os romanos traziam a água de longe, conduzida para grandes depósitos que, de um lado, serviam para armazenamento e, de outro, para depuração por decantação. Esses depósitos são antecedentes históricos de nossos atuais sistemas de tratamento de água. No apogeu do Império Romano, havia mais de 50 km de grandes aquedutos e 350 km de canalizações de água na capital Roma.

Ainda citando Mascaró e Yoshinaga (2005), após resolver os problemas de abastecimento de água, veio a necessidade de eliminar os líquidos residuais. Assim, há sinais de que os povos egípcios, babilônios, assírios e fenícios possuíam redes de esgoto. Porém, a primeira rede claramente organizada que se conhece é a de Roma, contendo uma série de

ramais que se uniam formando uma coletora mestra que, com uma aparência similar aos aquedutos, transportava para longe da cidade as águas servidas.

Segundo Fernandes (2002), a Cloaca Máxima de Roma que aparece nas Figuras 3.3 e 3.4 é a maior das obras de drenagem romana que ainda funciona. Esse canal da água drenava o solo encharcado aos pés da colina do Capitólio, até esvaziar no Tibre. Foi construído com blocos de pedra, em sua primeira seção e em vários pontos ao longo do trajeto deságuam drenos subterrâneos menores e tampados. Atualmente a Cloaca Máxima ainda é parte do sistema de drenagem de Roma, teve o seu trecho final retificado e deságua perpendicularmente à margem murada do rio.



Figura 3.3: Cloaca máxima.  
Fonte: Arthistoria, s.d.



Figura 3.4: Vista interna da  
Cloaca Máxima.  
Fonte: Fernandes, 2002.

Em Londres, 1831, aparece a primeira legislação regulamentando os esgotos.

Após a peste da cólera, em 1835 são constituídas na Alemanha comissões para debater e estabelecer normas para os esgotos das cidades alemãs.

Na Espanha, no denominado plano de “ampliação” que Cerdá desenvolveu para a cidade de Barcelona, são projetadas ruas como um verdadeiro sistema complexo, incluindo canalizações de coleta de esgoto no sistema viário. Na Inglaterra foi criada em 1876 a primeira legislação contra a poluição causada pelos esgotos nos rios e em outros corpos de água.

Nas cidades medievais podem ser vistos exemplos do sistema atual de drenagem e esgoto em fotos e esquema de galerias de esgoto. Em Paris, eram utilizados canais com declividades de forma a afastar as águas pluviais das edificações, evitando a erosão das fundações. Já nas cidades medievais as ruas de pedestres tinham também a função de condução das águas pluviais, função essa que foi complementada nas grandes cidades pelo

uso de galerias pluviais subterrâneas. Essas galerias respondiam a duas funções: escoar os esgotos e escoar as águas pluviais (Mascaró; Yoshinaga, 2005).

O sistema que mistura o esgoto e as águas pluviais é denominado sistema unificado e tem a desvantagem de dificultar ou mesmo impedir o tratamento do esgoto, tanto que foi abandonado nos Estados Unidos e na Europa.

Não obstante, apesar de todos os inconvenientes é usado, até hoje, em países de terceiro mundo. Os tipos mais utilizados são sistemas separados de redes de esgoto e águas pluviais cujo produto, ao final, é lançado em conjunto, no curso de água mais próximo, o que compromete a qualidade da água e as condições de saneamento das áreas próximas.

De acordo com Mascaró e Yoshinaga (2005), o sistema convencional de drenagem das águas pluviais nas cidades de terceiro de mundo constitui-se por ruas pavimentadas com guias e sarjetas; galerias subterrâneas e seus sistemas de captação. Parte desse sistema aparece na Figura 3.5:



Figura 3.5: Sistema convencional de drenagem urbana e alguns de seus componentes.  
Fonte: Watanabe, s.d.

Os canais podem ser naturais (rios ou córregos) ou artificiais; contudo, os de concreto ou de gabião são os mais usuais. Os sistemas de drenagem compreendem, ainda, os condutos fechados e condutos livres; podem ser urbanos e/ou rurais e visam escoar as águas de chuvas e evitar enchentes. A Figura 3.6 mostra o Córrego Prosa em Campo Grande em Mato Grosso do Sul, que é um canal com sistema de gabião.



Figura 3.6: Canal com sistema de gabião no Córrego Prosa.  
Fonte: Carrilho, 2009.

A Tabela 3.1 demonstra as várias fases do desenvolvimento das águas nas cidades desde o período pré-higienista até a fase atual que começa com o desenvolvimento sustentável.

Tabela 3.1 – Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

| Fase                                               | Características                                                                                       | Consequências                                                                         |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pré-higienista: até início do século XX</b>     | Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.  | Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações                                  |
| <b>Higienista: antes de 1970</b>                   | Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.                                | Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações. |
| <b>Corretiva: Entre 1970 e 1990</b>                | Tratamento do esgoto, doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.                            | Recuperação dos rios restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental. |
| <b>Desenvolvimento sustentável: Depois de 1990</b> | Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural. | Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida         |

Fonte: Tucci, 2007.

Segundo Moretti e Nishihata (2006), os conceitos e propostas técnicas para o controle das águas de chuva nas cidades passaram por significativas mudanças nos últimos anos:

Durante décadas vigorou o conceito de “drenagem”, ou seja, as obras de engenharia hidráulica buscavam o mais rápido e eficiente afastamento das águas de chuva. Como essa prática mostrou-se ineficaz gradativamente esse conceito foi sendo complementado por outros, como o de “detenção” e de “infiltração”; no primeiro se busca armazenar temporariamente parte da água precipitada, e o segundo preconiza a infiltração da água de chuva em locais próximos a sua precipitação. Ambos atuam de forma de evitar as enchentes e outras consequências das grandes obras de drenagem.

Segundo Mascaró e Yoshinaga (2005), o conceito tradicional de drenagem urbana não leva em consideração, primeiro: a capacidade de absorção do solo permeável que poderia ser aproveitada, em segundo lugar: dentro das cidades, em áreas adequadas, poderiam ser criados reservatórios a céu aberto que promovam um retardo do despejo de água de chuva nas galerias e corpos de água, diminuindo dessa forma o impacto gerado pelas chuvas muito intensas.

Os preceitos higienistas para as águas servidas e águas pluviais adotados no século XIX, como resposta aos surtos de cólera e tifo que atingiram a Europa, buscavam a rápida retirada dessas águas das áreas urbanas, utilizando condutos de preferência subterrâneos que funcionavam por gravidade. Com esses procedimentos facilitava-se a circulação viária e o desenvolvimento urbano, porque as águas consideradas nocivas não estavam presentes nas superfícies das ruas.

Era preconizada enfaticamente a necessidade de evitar a “estagnação pestilencial” das águas nocivas saúde à “saúde urbana”, Bertrand-Krajewski, (2000) *apud* Baptista et al. (2005).

O primeiro sistema de drenagem “moderno” foi construído na Alemanha, mais precisamente em Hamburgo, no entanto esses novos conceitos foram adotados em todo o Mundo Ocidental. A partir da Proclamação da República, as idéias higienistas foram adotadas no Brasil segundo Silveira (1998), *apud* Baptista et al. (2005) de acordo com as idéias positivas dominantes da época. Hoje ainda esses princípios vigoram, apesar de modificados por aportes científicos e tecnológicos. Também foi adotado o sistema separativo para o esgoto pluvial e cloacal.

Os sistemas clássicos constituem-se de dispositivos de micro-drenagem que proporcionam o transporte das águas superficiais nas ruas através das sarjetas que são drenadas pelas bocas de lobo e por condutos enterrados até os sistemas de macro drenagem, que são os canais abertos ou as galerias. Na figura 3.7 um esquema de um sistema clássico de drenagem urbana.

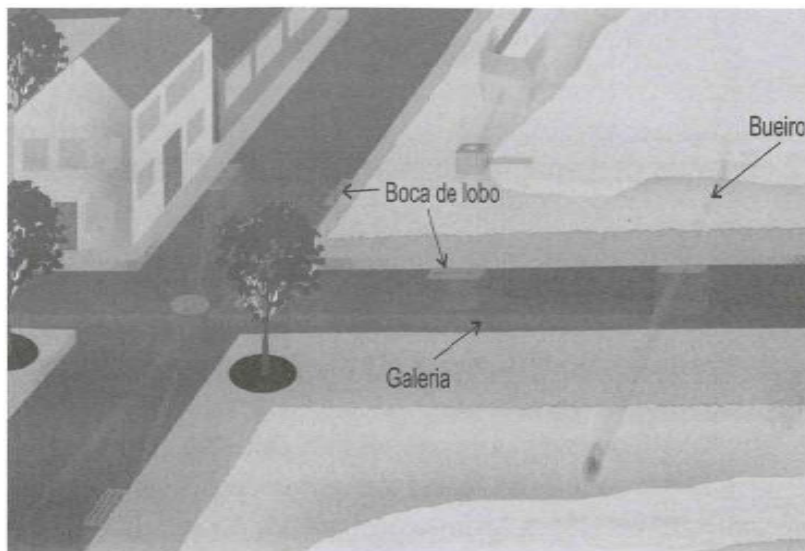


Figura 3.7: esquema de um sistema clássico de drenagem urbana.

Fonte: Baptista et al, 2005.

A partir da segunda metade do século XX com a intensa urbanização observada, tornaram-se evidentes as limitações desse sistema quanto à sua eficácia. Citados por Baptista et al, 2005 os fatos apontados por Baptista e Nascimento(1996), que a saber:

- Com a retirada das águas de drenagem pluvial o mais rapidamente possível, transferem-se para jusante os problemas de inundação. Indicando que as novas áreas urbanizadas têm tendência a provocar inundações mais frequentes em áreas urbanizadas mais antigas.
- Resulta na necessidade de novas obras à jusante e aumento da seção transversal de canais naturais, além da substituição de condutos e com seção aumentada, etc. O custo dessas obras é alto e onera a toda a comunidade.
- Os cursos d'água em geral, foram canalizados em áreas urbanas, gerando uma falsa idéia de segurança com respeito às inundações e acabam por facilitar a ocupação das áreas ribeirinhas. Isso ocorre quando os municípios não incluem no Plano Diretor do ou Plano de Uso e Ocupação dos Solos, zoneamentos que prevêm uma análise de risco de inundações. Como consequência da própria urbanização ou associada ao

próprio fenômeno natural, pode ocorrer inundações que resultam em perdas de vidas humanas e em prejuízos econômicos consideráveis.

- As chamadas soluções clássicas normalmente não contemplam os problemas de qualidade de água. Os problemas de inadequação do funcionamento do sistema de drenagem são comuns no Brasil e ocorrem por deposição de sedimentos resultantes de processos erosivos agravados durante a urbanização ou por deficiências no sistema de limpeza urbana. Fortes cargas de poluentes geradas por esgotos sanitários que são lançados *in natura* nos cursos d'água os quais muitas vezes não são identificadas.
- Muitas das soluções clássicas são definitivas e limitam outros usos presentes ou futuros da água no meio urbano, como exemplo: a construção de galerias que retiram os cursos d'água da paisagem urbana e impede a prática de atividades de lazer e esportivas junto a estes.

Baptista et al. (2005), cita que o processo de urbanização iniciado no século XX, tornou-se acentuado a partir da segunda metade do século. A população urbana mundial, que era 25% do total, deve superar 60% no ano de 2025 (IAURIF, 1997 *apud* Baptista et al., 2005). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que fazem parte do censo demográfico do ano 2000, a população urbana brasileira já representava 81% do total (Baptista et al., 2005).

Na Figura 3.8, pode-se observar a evolução da população urbana no mundo e no Brasil.



Figura 3.8: Evolução da população em áreas urbanas.

Fonte: IAURIF, 1997; IBGE, 2000 *apud* Baptista et al., 2005.

Conforme as cidades crescem, as áreas urbanizadas sofrem transformações que geram inúmeros impactos, principalmente decorrentes das grandes áreas impermeabilizadas, uma das principais alterações provocadas é no ciclo hidrológico. Como consequência da intensa urbanização observam-se alterações significativas no meio ambiente e nos processos hidrológicos; através da ação direta nos cursos d'água e nas superfícies das bacias hidrográficas (Baptista et al, 2005, p. 17); conforme demonstra a Figura 3.9.

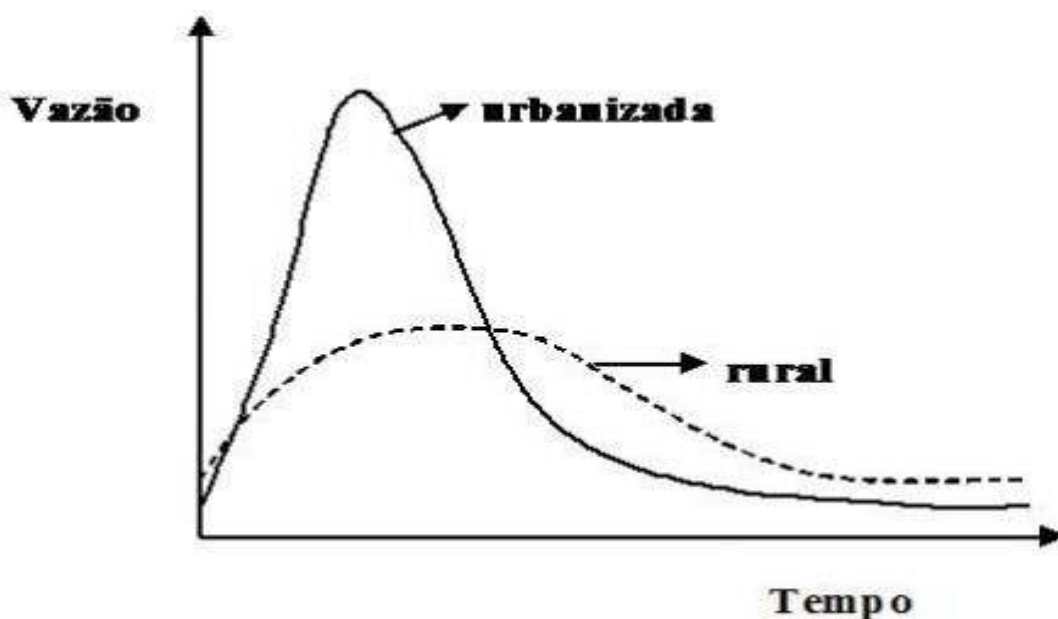


Figura 3.9: Mudanças no ciclo hidrológico como um resultado da urbanização.

Fonte: Tucci, 2007.

De acordo com Baptista et al. (2005), ocorre redução da interceptação, do armazenamento superficial e da infiltração, devido ao aumento das áreas impermeabilizadas que proporcionam o aumento dos volumes de escoamento superficial.

A questão ambiental envolve também a percepção das relações entre a água e a cidade, considerada inconveniente após o advento do higienismo, a presença da água foi deixando de ser importante na paisagem da cidade, pois trazia riscos à saúde no contexto da época. Nas últimas décadas vem recuperando a sua importância como elemento da paisagem urbana, considerando-se não apenas os aspectos estéticos, como também as interferências no clima que resultam da canalização, ocupação irregular de suas margens e a cobertura total ou parcial dos córregos urbanos.

Conforme aumenta a preocupação com as questões ambientais e levando-se em conta os princípios do desenvolvimento sustentável observa-se a crescente importância ambiental da

água no meio urbano. Essas questões vieram à tona de forma mais significativa após a Conferência das Nações Unidas do Rio de Janeiro em 1992.

Os impactos da urbanização se fazem sentir, sobretudo no aspecto ambiental, pois a carga de poluição das águas pluviais, que eram supostas relativamente limpas, mostra-se bastante expressiva, resultando muitas vezes equivalente e até mesmo superior às cargas poluentes dos esgotos sanitários. (Baptista et al, 2005)

Estima-se um valor anual superior a 2 bilhões de dólares de despesas e prejuízos com inundações (RECESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, 2007).

No contexto atual, a maior eficiência hidráulica da drenagem e dos condutos artificiais; resultam em aumento da velocidade de escoamento superficial que leva ao aumento da magnitude dos picos de cheia. Portanto, considerando a crescente urbanização constata-se que os sistemas de drenagem implantados segundo a ótica higienista, se tornarão obsoletos gradualmente, levando a inundações freqüentes em áreas urbanas, acarretando em prejuízos sociais, econômicos e políticos.

Com a demanda ambiental crescente, se conclui que a intensificação dos processos de urbanização e os impactos resultantes, tanto no ciclo hidrológico e outros impactos ambientais, tornou bastante complexa a questão da drenagem urbana, por envolver aspectos ambientais, paisagísticos e sanitários ultrapassando as questões da técnica.

Dessa forma, se impõe uma nova abordagem para resolver a questão da drenagem urbana que vai além da técnica e se conecta aos princípios do desenvolvimento sustentável, além dos aspectos jurídicos, organizacionais e de financiamento adotados atualmente.

O saneamento básico das grandes cidades, onde se concentram os maiores problemas ambientais, sociais e econômicos; encontra-se, segundo Canholi, 2005, p.11, em uma situação caótica, principalmente a coleta e tratamento dos esgotos domésticos e a drenagem urbana.

Os problemas de drenagem urbana não podem ser vistos de forma isolada e sim com uma visão abrangente e que contemple os problemas urbanos ligados à água de forma integral. A principal ferramenta para prevenir e tratar esses problemas é o planejamento urbano que deve analisar as questões relativas à água no âmbito da bacia hidrográfica urbana.

O planejamento deve ser tratado de modo multidisciplinar e participativo. Os principais problemas do saneamento nas cidades brasileiras são consequência de projetos setoriais, sem uma preocupação abrangente dos problemas urbanos atuais. Segundo Canholi (2005, p.15), o crescimento das áreas urbanizadas e consequentemente impermeabilizadas

acontece geralmente a partir das áreas mais baixas e mais próximas aos corpos de água urbanos, em direção aos morros e áreas mais altas.

A intensa ocupação das áreas de fundo de vale resultava na necessidade da ampliação do sistema de drenagem existente no local. As várzeas dos rios ou à beira mar eram incorporadas ao sistema viário, por isso muitos córregos foram retificados e canalizados a céu aberto ou ainda encerrados em galerias, para permitir e facilitar a construção dessas vias. Todo esse processo incentivou a ocupação de áreas que sazonalmente estavam sujeitas ao alagamento provocando com isso a aceleração dos escoamentos, e, por conseguinte aumento dos principais entraves os picos de vazão e a frequência das inundações.

Tais incorporações nem sempre são viáveis considerando-se os altos custos envolvidos, tanto sociais como econômicos envolvidos em grandes obras hidráulicas. Essas obras têm alguns empecilhos principalmente se considerando o alto custo de ou impossibilidade de desapropriação de áreas ribeirinhas e também pela necessidade de alterações no trânsito do local.

As soluções adotadas, segundo Canholi (2005, p.15), apresentam caráter localizado, alguns trechos dos canais, são ampliados e resolvem o problema na área da intervenção, mas transfere as vazões e as inundações para jusante o que agrava o problema, porque concentra todo o escoamento da região da bacia em questão.

Como os problemas se agravaram com as soluções convencionais que acabavam por exigir soluções cada vez mais caras e complexas, tanto em sua implantação pelos transtornos no local como para sua operação posterior.

Diante desse quadro o estudo e a aplicação de soluções chamadas “alternativas” encontraram um campo propício para o seu desenvolvimento. Os conceitos aplicados buscam a adequação dos sistemas de drenagem de forma a promover o retardamento dos escoamentos, propiciando o aumento do tempo de concentração reduzindo por consequência as vazões máximas e diminuindo os volumes de enchentes por meio da retenção em reservatórios e conter ainda, quando possível, o escoamento no local da precipitação, melhorando as condições de infiltração.

As medidas empregadas na drenagem urbana são denominadas de estruturais e não estruturais. Medidas estruturais são as medidas usadas para mudar o curso de água. Os exemplos dessas medidas são: obras hidráulicas, como barragens, diques e canalizações. As medidas não estruturais são as medidas usadas de forma a permitir a convivência com o curso de água. Os exemplos dessas medidas são; o zoneamento de áreas de inundação, a restrição de uso e ocupação do solo, a implantação de sistemas de alerta, entre outras (RECESA, 2007).

Segundo Tucci et al (2003), os principais impactos sobre o meio ambiente no Brasil são: a) despejos de efluentes domésticos e industriais nos rios; b) contaminação difusa pelo uso de fertilizantes e pesticidas de áreas agrícolas; c) degradação do solo natural rural pelo desmatamento e práticas agrícolas inadequadas; d) construção de obras hidráulicas; e) operação de aterros sanitários; f) contaminação de aquíferos; g) mineração.

Atualmente o maior problema ambiental é o despejo de poluentes nos rios. Wri (1992) *apud* Tucci et al. (2003, p. 76), afirma que 95% dos esgotos urbanos são despejados sem tratamento nos rios.

A inundação provocada por grandes obras hidráulicas causa grandes impactos, pois degradam a cobertura natural, atingindo a fauna a flora e a população ribeirinha. Além desses prejuízos existem ainda as cargas difusas agrícolas e pontuais de despejos de esgotos domésticos, industriais e pluviais que contaminam os corpos d'água comprometendo a qualidade e a disponibilidade hídrica em muitos locais.

Grande parte da população brasileira se encontra no litoral e, a demanda por água, principalmente no verão em áreas turísticas tem sido um grande problema, porque o abastecimento dessa população depende geralmente, da água disponível em pequenas bacias e que estão sujeitas a grandes impactos ambientais. O meio ambiente costeiro próximo a Serra do Mar apresenta um alto grau de interferência de ações antrópicas, necessitando uma atenção especial aos seus recursos hídricos. (Tucci et al, 2003, p.77)

Ainda, os mesmos autores relatam que alguns ecossistemas de pequena ou média a  o antrópica, como o Amazônico e o do Pantanal, necessitam de planos de conservação adequados tendo em vista o desenvolvimento sustentável. Ressaltam ainda a importância do envolvimento da população no processo de conservação do meio ambiente.

Os extremos de vazão em cursos d'água, as secas e as enchentes, são as principais catástrofes que atingem a população. No caso das secas uma rede de poços de abastecimento e reservatórios, programas de educação rural na conservação da água entre outras técnicas têm minimizado o efeito das secas. Como relatado anteriormente, as enchentes são minimizadas por medidas de controle: as estruturais que envolvem obras e modificações nos corpos d'água e as não estruturais que buscam a convivência natural com o rio através de medidas que buscam reter as águas pluviais na fonte. (Tucci et al, 2003, p.78).

Os autores afirmam que praticamente que não existem medidas de prevenção no sentido de evitar as secas ou as enchentes. As medidas apenas amenizam esses impactos. Ressaltam ainda a importância do desenvolvimento dessas medidas, pois as mesmas podem atingir grandes proporções em se tratando de um país com as dimensões do Brasil.

Segundo Canholi (2005), as áreas urbanas brasileiras sofrem com as grandes enchentes devido à falta de visão sistêmica no planejamento da macrodrenagem. Ressalta a necessidade do planejamento de ações preventivas, onde forem possíveis e corretivas nos locais onde já existe o problema. A implementação dessas medidas deve ser realizada de maneira integrada no contexto da bacia hidrográfica, mesmo que esta esteja inserida em um ou vários municípios.

Na Europa e na América do Norte, a partir de 1970, outra abordagem para tratar os problemas da drenagem urbana começou a ser desenvolvida (Baptista et al., 2005). São encontradas na literatura diversas denominações: “tecnologias alternativas”, “técnicas compensatórias”, “infraestrutura verde” ou “tecnologias de desenvolvimento de baixo impacto” ou LID (*Low impact development*). Algumas dessas denominações são mais utilizadas no campo da engenharia civil, enquanto outras envolvem o campo da arquitetura e urbanismo.

### **3.2 Tendências Atuais na Gestão das Águas Pluviais: Novas Tecnologias de Controle da Águas Pluviais: LID - *Low Impact Development***

Essas técnicas foram utilizadas de forma pioneira no condado de Prince George's, em Maryland, Estados Unidos, a partir do início da década de 1990. Alguns desses princípios estão sendo aplicados em outras partes do país (Estados Unidos) e em países da Europa. No entanto, ainda não é uma prática constante e as oportunidades oferecidas nem sempre são avaliadas (LID, 2005).

A integração de técnicas de projeto e de planejamento ambiental, visando conservar os sistemas naturais e os processos hidrológicos em um determinado local, deve ser uma das premissas na ocupação do terreno, principalmente nas áreas urbanas. Algumas dessas estratégias que visam minimizar os impactos da urbanização sobre o meio:

- Manter a vegetação natural e minimizar os movimentos de terra;
- Proteger os ecossistemas e processos naturais;
- Avaliar o uso e o dimensionamento da infraestrutura tradicional do local (lotes, ruas, calhas, caminhos) e adequar ao projeto em cada local utilizando os elementos naturais do local (curvas de nível, corpos de água, florestas) como elementos do projeto;
- Drenar e distribuir as águas pluviais em sua origem ou o mais próximo delas.

Nesse sentido, *LIDs* são estratégias de projeto com o objetivo de evitar alterações do ciclo hidrológico nas áreas urbanas, conservando as suas funções naturais de forma a manter o equilíbrio necessário aos ecossistemas. Para facilitar a compreensão, utilizou-se, neste estudo, a expressão traduzida para o português: Desenvolvimento de Baixo Impacto.

As funções hidrológicas de armazenamento, infiltração e recarga de águas subterrâneas, tanto como o volume e a frequência das chuvas, são mantidas através da retenção e infiltração das águas pluviais, em áreas próximas aos locais da precipitação, prolongando o trajeto das águas pluviais e aumentando o tempo do escoamento superficial (Coffman, 2000). Outras estratégias incluem preservação e proteção das áreas ambientalmente frágeis como encostas de morros, pântanos, matas ciliares, planícies de inundação e solos com alta permeabilidade.

A LID emprega uma variedade de características naturais e construídas para reduzir a taxa de escoamento, filtrar os poluentes, e facilitar a infiltração da água para o solo. As práticas de desenvolvimento de baixo impacto possibilitam a integração à infraestrutura urbana existente, com um custo mais baixo, além de ser esteticamente mais agradável que as técnicas convencionais de drenagem (Souza; Tucci, 2005)

Os mecanismos de controle das águas pluviais são distribuídos em todo o local. Estas formas de controle diferem das convencionais que utilizam grandes obras que apenas transferem os problemas para áreas com cotas mais baixas.

Esse sistema com múltiplas funções incorpora práticas alternativas, tais como: a utilização das plantas que ajudam a drenar e filtrar a água; depressões (que armazenam água) denominadas *swales*, retendo a água por um tempo, retardando o escoamento superficial.

A Figura 3.10 ilustra uma das alternativas, um *swale* que é uma valeta para reter a e ajudar no processo de infiltração da água da chuva.



Figura 3.10: *Swale*.

Fonte: Gonçalves, 2010.

Tal sistema pode reduzir e até eliminar um sistema centralizado de drenagem com tratamento das águas pluviais. Pois, apesar de o sistema tradicional controlar e registrar a remoção dos poluentes o ciclo hidrológico é negativamente afetado pelo aumento da temperatura da água, alterações dos volumes e das frequências das chuvas, além do uso de substâncias usadas no tratamento que têm efeitos prejudiciais aos ecossistemas mesmo a qualidade da água não sendo comprometida. No entanto, não é o caso da maioria das cidades brasileiras onde as águas pluviais não são tratadas.

### 3.2.1. Benefícios e limitações

O uso das práticas de desenvolvimento de baixo impacto oferece vantagens econômicas e ambientais. As medidas reduzem os impactos no desenvolvimento de áreas urbanas e propiciam a conservação das características naturais, além de custos mais baixos que os tradicionais mecanismos do sistema de drenagem. Os custos considerados não são apenas os de implantação, mas, também, os de manutenção ao longo do tempo e tempo de vida útil (Prefeitura do Município de São Paulo, 1999).

Nesse projeto, a maior parte das superfícies foi integrada, eliminando quase que totalmente os meios-fios e as calhas de drenagem. Estrategicamente, foram criadas áreas com vegetação denominadas de bio-retenção, de forma a proporcionar infiltração e filtragem da água através de suas raízes. Outras técnicas foram usadas, como: depressões; canais

gramados; valetas com vegetação entre outras. Esse sistema mantém as características do ciclo hidrológico, reduz os níveis de poluentes através de filtragem natural das águas pluviais diminuindo o escoamento superficial (Blue Land, 2000).

O desenvolvimento de gestão apropriada ocorre a partir da interação entre hidrologia, geomorfologia, ecologia, solo, uso da terra e características culturais, além de sua rede de curso d'água. Se houver falha na interpretação, a utilização de técnicas de desenvolvimento de baixo impacto inadequadas pode resultar em impacto ambiental maior que o obtido para a situação sem tratamento algum (Souza; Tucci, 2005).

Novas soluções baseadas em uma aproximação ecológica e ambiental devem ser buscadas para acabar com a degradação ambiental. Tais opções devem ser eficazes economicamente e, também, devem ser elaboradas e integradas em busca de soluções ecologicamente sustentáveis.

Com este enfoque, observa-se que as estratégias de *Low Impact Development* (LID) atuam gerando ganhos paisagísticos, ambientais e econômicos; que reforçam as vantagens apresentadas por esta concepção do tratamento da drenagem urbana, controlando não somente o pico, como as práticas convencionais, mas também o volume, a frequência e a duração, além da qualidade do escoamento. Tais estratégias estimulam processos físicos, químicos e biológicos naturais, evitando impactos ambientais e gastos com sistemas de tratamento (Stormwater, 2004 *apud* Souza; Tucci, 2005).

O desafio de projetar com LID se encontra em utilizar práticas integradas e estratégias de projeto e conseguir controle de quantidade e qualidade e melhorias ambientais, que incluem (Souza; Tucci, 2005):

- a) Recarga subterrânea;
- b) Retenção ou detenção para armazenamento permanente;
- c) Controle e captura de poluentes;
- d) Valorização estética da propriedade;
- e) Uso múltiplo de áreas; satisfazendo em alguns casos requerimentos governamentais por áreas verdes ou espaço vegetado.

### 3.2.2. Tipos de Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto

As medidas de desenvolvimento de baixo impacto têm como objetivo aumentar a retirada dos poluentes e a manutenção do ciclo hidrológico e de suas funções inalteradas.

As medidas e estratégias de desenvolvimento de baixo impacto apresentam soluções a dois problemas básicos das cidades: que seriam as mudanças no uso da terra e a conseqüente impermeabilização do solo que têm crescido muito aumentando os impactos e as evidências de que o tradicional sistema de drenagem não é adequado à conservação dos mananciais.

A seguir são descritas as principais as tecnologias ou práticas denominadas LIDs:

#### A. Bio-retenção

São áreas dispostas em cotas mais baixas em relação ao terreno, ajardinadas que usam solos porosos e vegetação para armazenar e filtrar o escoamento superficial. O objetivo deste é promover a recarga das águas subterrâneas, permitindo a evapotranspiração e reduzindo o escoamento superficial. Ajuda na manutenção do ciclo hidrológico em condições semelhantes às existentes anteriores ao desenvolvimento da área ou da urbanização da mesma. As plantas atuam na filtragem águas pluviais retirando os poluentes tais como os metais pesados, derivados de petróleo, nutrientes e fertilizantes.

A figura 3.11 ilustra uma típica bio-retenção utilizada em área de estacionamento.



Figura 3.11: Típico sistema de bio-retenção  
Fonte: *South Lake Union Discovery Center*, 1993.

#### B. *Grass Swale*

São valetas ou depressões com a utilização de grama, implantadas com a finalidade de reter às águas pluviais, mantendo a umidade no local e permitindo a infiltração da água. Entende-se, porém, evitando ou diminuindo o escoamento superficial.

O projeto de swale gramado promove o transporte da água da chuva de uma forma mais lenta, controlada e atua como um filtro removendo os poluentes e permitindo a

infiltração da água da chuva. Se projetado corretamente, pode acomodar um volume considerável de água evitando inundações em áreas propensas a tais eventos. Um *swale* gramado resulta em um controle mais eficiente no retardo e na limpeza da água do que a valeta de infiltração tradicional. A Figura 3.7 é de um *swale* com subdivisões em pedras que são denominadas de represas de verificação, entre as quais se formam lagoas que possibilitam por sua vez melhorias de qualidade da água com a infiltração, a filtragem e o depósito sedimentar. A água da chuva coletada é drenada lentamente através do solo em diversas horas ou dias.



Figura 3.12: *Swale* gramado com subdivisões em pedras.  
Fonte: MPCA Stormwater manual, 2005.

O *swale* gramado é uma alternativa de controle das águas pluviais bastante utilizada na América do Norte. E consiste em uma opção com manutenção de baixo custo para remoção dos sedimentos, nutrientes e poluentes, adicionando um componente visual agradável à paisagem. O estabelecimento de *swales* gramados é uma solução potencial em que a água de chuva deva ser retirada das superfícies impermeáveis, de forma a evitar o escoamento superficial que, em muitos casos, podendo ocasionar enchentes. As exceções ao seu uso estão no deserto, em áreas onde a irrigação seria exigida para a manutenção da grama por longo prazo e em regiões mais frias onde a infiltração é mínima. Os *swales* tipicamente gramados são usados como uma solução ambiental preferencial, pois não gera impactos ao local onde é implantado.

A estrutura linear dos *swales* favorece seu uso no tratamento do escoamento superficial (*runoff*) ao longo das estradas, em ruas residenciais e das áreas comuns em condomínios residenciais e conjuntos habitacionais, ao longo dos limites da propriedade e junto às áreas de estacionamento.

Os *swales* gramados, geralmente, são usados para tratar áreas de drenagem relativamente pequenas de cerca de dois hectares. Em áreas altamente urbanizadas ou em áreas altamente impermeáveis, não são recomendados a não ser que seja construído em conjunto ou combinado a outra técnica de drenagem.

Vantagens de *swales* gramados corretamente projetados:

- Retém a água removendo os sedimentos e os outros poluentes, melhorando assim a qualidade de água.
- Reduz o volume, a velocidade do escoamento superficial e promove a infiltração.
- Reduz a erosão.
- Propicia a recarga das águas subterrâneas se projetado corretamente.
- É adequado para o uso em estradas e em ruas de áreas residenciais devido à sua estrutura linear.
- São úteis junto à áreas de estacionamento impermeabilizadas.
- Apresenta custos de implantação e manutenção mais baixos do que um sistema tradicional de drenagem de águas pluviais

#### C. Telhado Verde ou Cobertura Verde:

Os telhados verdes têm sido usados, na Europa, em edifícios industriais e em escritórios, há mais de 25 anos, com a finalidade de diminuir o volume do escoamento artificial, melhorar a qualidade do ar e da água e promover a conservação de energia. Esses sistemas, conhecidos como “telhados verdes” ou “cobertura verdes”, acrescentam, ainda, benefícios estéticos. Em sua composição, são dispostas camadas de vegetação, solo preparado para as plantas escolhidas, cujas raízes não podem ser profundas, devido a limitações de espaço e de peso, camada com material drenante, sendo, a última camada, de material impermeável de alta qualidade. Essas camadas da cobertura têm como função, absorver, filtrar e reter a precipitação, por algum tempo. Algumas das circunstâncias responsáveis para a promoção e aceitação de telhados verdes, na Europa, e também nas cidades americanas, são as leis que exigem a mitigação ou a compensação para a impermeabilização de áreas.

Ressalta-se que os telhados verdes (também conhecidos como eco-telhados e coberturas verdes) são divididos em dois tipos: intensivo e extensivo. Os telhados intensivos são projetados com uma profundidade maior de solo (15 cm ou mais) e plantados, frequentemente, com arbustos e árvores. Eles podem ser acessíveis, ao público, para o

passeio, como um local de contemplação e de estar e, muitas vezes, são utilizados para plantar árvores frutíferas de pequeno porte ou hortas.

Nos telhados verdes extensivos, com profundidades de solo menores (no máximo 12 cm), as plantas utilizadas são as que se adaptam às condições mais adversas do ambiente e com raízes menos profundas. Esta é uma solução para locais com limitações da estrutura e do espaço existente, pois apresenta menos peso, em consequência de uma camada mais fina de solo.

Os telhados verdes podem ser instalados em quase todo edifício com inclinações de até 40 graus e são estratégias eficazes para controle da água de chuva em áreas com altas taxas de urbanização, onde os telhados compreendem uma grande porcentagem da superfície impermeável total (Scholtza-Barth, 2001 *apud* Low Impact Development, 2005).

Existem empresas especializadas em instalações de telhados verdes. Algumas surgiram na Alemanha e na Suíça, no final dos anos 1950 e nos anos 1970, sendo que as aplicações desse tipo de telhado eram comuns naqueles países. Em 2003, 13.5 milhões de metros quadrados de telhados verdes foram instalados na Alemanha. Os telhados verdes ainda não são predominantes nos Estados Unidos, porém os arquitetos-engenheiros estão descobrindo as vantagens de sua utilização.

A Figura 3.13 ilustra um telhado verde, em Portland, no estado de Oregon, Estados Unidos.



Figura 3.13: Cobertura verde no edifício *Multnomah County*, Portland, Oregon.  
Fonte: fotografia de Erica Guttman.

Outra proposta interessante de cobertura verde a ser relatada é a pesquisa realizada na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da USP, onde foi idealizada uma Cobertura Verde Leve (CVL) para edificações que usa materiais de baixo impacto ambiental, como a resina de mamona. Foi aplicada, na face superior da laje da construção, uma camada de impermeabilizante à base de resina de mamona (*Ricinus communis*). O professor da EESC,

Francisco Vecchia, coordenador da pesquisa afirma que a resina tem o mesmo desempenho técnico dos impermeabilizantes comuns, é feita a partir de um recurso renovável e não provoca prejuízos à saúde, o que justifica sua utilização.

Sobre o impermeabilizante é aplicada uma geomanta com estrutura plástica que drena e conduz rapidamente o escoamento; acima é sobreposta uma camada de 8 a 10 centímetros de terra comum ou vegetal serve de substrato para o plantio de espécies vegetais na cobertura. A cobertura melhora o comportamento térmico das construções, agindo como elemento de aquecimento no inverno e de resfriamento no verão (Figura 3.14).



Figura 3.14: Cobertura verde.  
Fonte: Cunha, 2004.

Em vista da crescente preocupação com a escassez de água, as técnicas urbanização de baixo impacto ambiental vem tomando destaque em função da sua importância como prevenção à escassez da água para os diversos tipos de consumo humano. Segundo Vecchia e Pellegrino (2002), os componentes da CVL fazem com que ela retarde o escoamento superficial das águas de chuvas, cuja vazão acelerada é responsável pela ocorrência de enchentes. A água retida ou atrasada pode ser armazenada em cisternas, nos edifícios, e reutilizada em lavagem de carros, calçadas, regas de jardins, descargas e outras finalidades não potáveis (Cunha, 2004).

Segundo os mesmos autores, a CVL nivela as temperaturas interiores nos espaços internos das edificações ao produzir um atraso térmico, onde o ambiente demora mais para trocar calor com o meio externo.

A cobertura foi testada num dia de calor intenso, em que a maior temperatura externa do ar, registrada na estação meteorológica, foi de 34°C (graus Celsius). "Nesse momento, a

superfície interna da CVL registrava, aproximadamente, 26,7°C, mantendo a temperatura do ar, dentro da construção, em 28°C, afirmam Vecchia e Pellegrino (2002). Durante a madrugada, a menor temperatura do ar externo foi de 12,7°C, enquanto a superfície interna da cobertura registrava 17,5°C e o ar interno 16,2°C.

Segundo Vecchia e Pellegrino (2002), o uso da CVL, em várias casas e edifícios, poderia, também, evitar a formação de ilhas de calor urbano, comuns nas grandes cidades.

Cunha (2004) esclarece que os telhados vegetados são estruturas complexas, o que exige a consideração de todos os elementos presentes: estrutura do telhado; dos tipos de plantas que podem ser usadas; solos apropriados às plantas selecionadas; sistemas de impermeabilização que podem atuar de forma eficiente no conjunto; ação da água e do vento, no telhado.

As plantas ajudam a recriar a função hidrológica das áreas verdes naturais das seguintes maneiras (Cunha, 2004):

- Interceptando e retendo a precipitação na folhagem
- Absorvendo a água através da raiz
- Diminuindo o volume e retardando a velocidade do escoamento superficial.
- Diminuindo a temperatura do ar e evitando o choque térmico nas coberturas quando chove.

Em síntese, os telhados verdes melhoram a eficiência energética; a qualidade do ar e da água; reduzem as temperaturas e os ruídos, em áreas urbanas; contribuem para um aspecto mais agradável do edifício; aumentam o tempo de vida do telhado e diminuem os volumes do escoamento superficial de águas pluviais e, o principal, considerando a finalidade deste trabalho, melhora a qualidade da água da chuva (Grant; Engleback; Nicholson, 2003, *apud* LID-Manual 2005).

A Figura 3.15 exemplifica o esquema de construção de uma cobertura verde com suas diversas camadas e o trajeto da água.

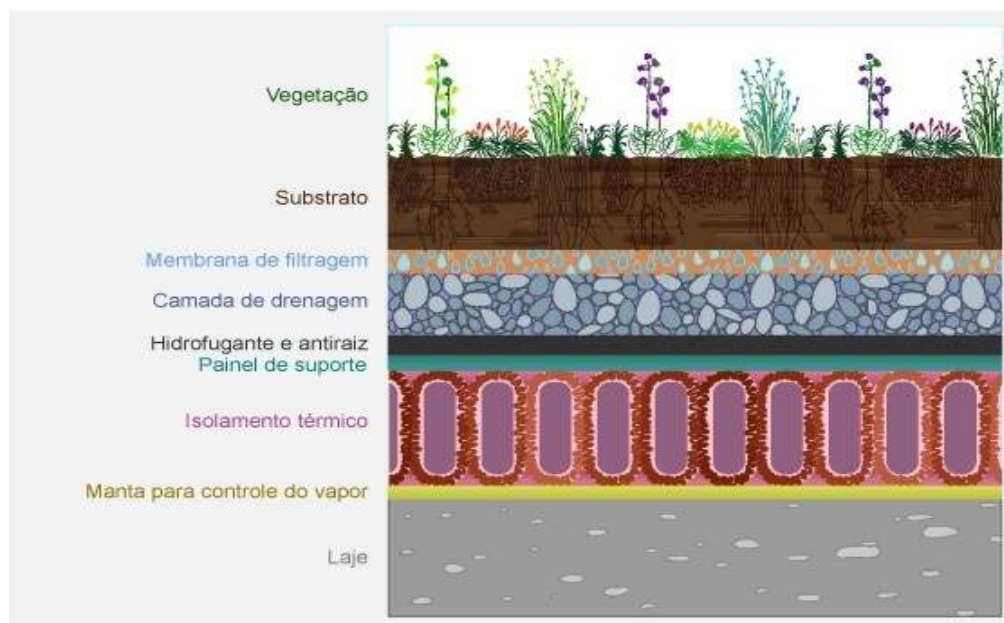


Figura 3.15: O esquema da cobertura verde.  
Fonte: Silva, 2010.

#### D. Pavimentos Permeáveis

A utilização de pavimentos permeáveis, em áreas urbanas, objetiva: reduzir o escoamento superficial; melhorar a qualidade da água; e contribuir para o aumento da recarga subterrânea. Cabe lembrar que, na área urbana, encontramos diversos tipos de cobertura para os solos: terreno existente; superfícies semipermeáveis; superfícies permeáveis; superfícies semipermeáveis e superfícies permeáveis.

Os pavimentos permeáveis, segundo Araújo (1999) *apud* Costa Junior e Barbassa (2005) no Artigo científico: -- "Parâmetros de Projeto de Microrreservatório de Pavimentos Permeáveis e de previsão de Enchentes urbanas" -- são classificados em três tipos: pavimento de asfalto poroso, de concreto poroso e de blocos de concreto vazado, preenchido com material granular (areia), ou vegetação rasteira (grama). Os pavimentos permeáveis são superfícies porosas ou com vãos, que permitem a infiltração de parte do escoamento superficial para a parte interna de uma camada situada sob o terreno, formada por pedras de granulometria diferenciada, que será absorvido pelo solo, e que deve ser adequadamente protegida contra colmatção.

Os pavimentos porosos têm a camada superior de revestimento executada de forma similar aos pavimentos convencionais, porém com a retirada da areia fina da mistura dos agregados do pavimento. Segundo Schueller (1987), os pavimentos permeáveis são

compostos por duas camadas de agregados (uma de agregado médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável propriamente dito. A Figura 3.16 apresenta um modelo desse dispositivo.



Figura 3.16: Pavimento permeável.

Fonte: Araújo, 1999 *apud* Costa Junior; Barbassa, 2006.

A água infiltra-se rapidamente na capa ou revestimento poroso, que varia de 5 a 10 cm passa por uma camada de agregado de 1,25cm de diâmetro e espessura de, aproximadamente, 2,5 cm e vai para uma câmara ou reservatório de pedras mais profundo, com agregados de 3,8 a 7,6 cm de diâmetro. A parte superior do revestimento age como um conduto rápido para o escoamento chegar ao reservatório de pedras. Daí, o escoamento poderá então infiltrar no subsolo ou ser coletado através de tubos de drenagem e transportado para uma saída. Portanto, a capacidade de armazenamento dos pavimentos porosos é determinada pela espessura do reservatório de pedras subterrâneo, somado ao escoamento infiltrado no subsolo.

Os blocos de concreto vazado são colocados sobre uma base granular (areia) e, sob a camada de areia, são colocados filtros geotêxteis para evitar a migração da areia fina para a camada granular.

Os pavimentos permeáveis são projetados para utilização em passeios públicos, vias públicas, ciclovias, com a finalidade de permitir a infiltração, o tratamento e o armazenamento da água de chuva. A sua eficiência na redução do escoamento superficial depende, diretamente, de cuidados na manutenção de forma a evitar a colmatção do solo (Tassi, 2002).

As limitações que existem, para esse tipo de pavimento, são: baixa permeabilidade do solo e lençol freático com nível elevado ou, ainda, se houver uma camada impermeável do solo que não permita a infiltração. Nesses casos, segundo Araújo (1999) *apud* Costa Junior e Barbassa (2005), esse tipo de pavimento poderá ser usado acoplado a um reservatório de detenção, devendo-se prever a instalação de uma superfície impermeável entre o solo e o reservatório de pedras e um sistema de drenagem com tubos perfurados. Esse sistema deverá

prever o esgotamento do volume, num período de 6 a 12 horas. Outra restrição que existe para esse tipo de piso é quando a água de infiltração conduzir a poluição para as águas subterrâneas.

Em geral, a utilização dos pavimentos permeáveis pode proporcionar uma redução dos volumes escoados e do tempo de resposta da bacia para condições similares às de antes da urbanização, desde que seja utilizado racionalmente, respeitando seus limites físicos, e desde que seja conservado periodicamente, com manutenções preventivas, evitando, assim, o seu entupimento.

#### E. *Rain Garden* - Jardim pluvial

A vida marinha, assim como a vida na terra, depende da água para se desenvolver, conforme as áreas urbanas crescem e os solos e as florestas nativas são substituídos por áreas impermeabilizadas, acarretando aumento do escoamento superficial dessas áreas. Após as chuvas, o escoamento superficial carrega grande parte da poluição presente nas ruas, telhados e solos, tais como: resíduos de combustíveis, fertilizantes, inseticidas, sedimentos e outros dejetos, para as águas dos córregos. Dessa forma, os ecossistemas aquáticos, assim como os terrestres são afetados negativamente.

Não obstante, algumas alternativas podem ser utilizadas para reduzir a quantidade do escoamento superficial que, além de trazer grandes quantidades de poluentes para os córregos, também são responsáveis por enchentes, dependendo da intensidade das chuvas e da vazão da bacia em questão. Dessa forma, alternativas que visem à diminuição do escoamento superficial são extremamente desejáveis.

Uma dessas opções é o jardim de chuva, que atua como uma floresta nativa, coletando e absorvendo as águas pluviais provenientes das coberturas, entradas de automóveis, pátios, e outras áreas impermeáveis, diminuindo, assim, o escoamento superficial. Os jardins de chuva são áreas ajardinadas em níveis mais baixos que os pisos externos, e toda a água de chuva é canalizada até ele através de pequenos canais naturais executados com seixos ou pedras britadas. São construídos com mistura de solos que mantêm a umidade por mais tempo junto às plantas e que proporcionem rápida sustentação e crescimento delas. É importante afirmar que a planta também participa do processo, agindo com suas folhas, raízes e troncos, como elementos que, ao mesmo tempo, seguram a água e filtram suas impurezas. Grande parte dos poluentes é retida pelas plantas, servindo-lhes como nutrientes. É interessante que sejam utilizadas diversas espécies, promovendo, dessa forma, maior variedade da fauna, que será atraída pelos frutos e flores das plantas.

A Figura 3.17 ilustra um jardim de chuva.



Figura 3.17: Jardim de chuva e seus benefícios.

Fonte: Washington State University, 2007.

Os jardins de chuva fornecem múltiplos benefícios, entre eles:

- Reduzem a quantidade de água de chuva que é escoada para as ruas, minimizando a quantidade de esgoto (quando o sistema é unitário) e a erosão nos córregos, pois a água das superfícies impermeáveis é absorvida, diminuindo o escoamento superficial. Atua filtrando o óleo e a graxa dos estacionamentos e acessos de veículos, inseticidas e fertilizantes dos gramados, e outros poluentes, antes que cheguem ao sistema de drenagem urbana e, posteriormente, aos córregos, pantanais, lagos e mares.
- Como acumulam água, contribuem para a criação de um micro-clima que mantém a umidade e o ar mais fresco, amenizando a radiação solar.
- Esse ambiente é favorável à sobrevivência de insetos e plantas, contribuindo, também, para o equilíbrio dos ecossistemas.
- Como favorece a infiltração, aumenta a recarga das águas subterrâneas do local, permitindo a manutenção do ciclo hidrológico com características semelhantes ao existente antes da urbanização.

#### F. Aproveitamento de água de chuva

Como a água é um bem essencial à vida no planeta, muitas formas de economia no seu uso têm sido praticadas e estudadas, buscando um consumo racional e eficiente. Entre as formas mais conhecidas está o aproveitamento de águas pluviais. Na história, são encontrados

reservatórios escavados que datam de 3600 a.C e também a pedra moabita com gravações em que se exige que as casas tenham captação de água de chuva há 850 aC.

Quando se trata de captação de água de chuva, é importante esclarecer que a mesma pode ser utilizada com duas finalidades diferentes que devem ser definidas inicialmente para que seja determinado o tipo de reservatório. Uma das finalidades é a captação para evitar as enchentes e a outra. Para a utilização da água de chuva, o dimensionamento de cada reservatório é completamente diferente. Quando a finalidade é evitar enchentes, o reservatório deverá permanecer vazio à espera da próxima chuva, enquanto que, se for para o aproveitamento, o reservatório deverá sempre conter um pouco de água para uso, principalmente nas épocas de estiagem.

Uma das limitações desse aproveitamento é que a água de chuva não deve ser usada para fins potáveis, principalmente em regiões muito poluídas.

O principal problema encontrado quanto à utilização de água de chuva é que no Brasil não existe incentivo para o seu aproveitamento, em outras partes do mundo esse aproveitamento é amplamente incentivado através de descontos nos impostos ou auxílios na implantação do sistema além é claro da economia que se faz no consumo de água.

Yamagata (2002), *apud* Tomaz, (2003) em pesquisa realizada no Japão, relata que a economia através do reaproveitamento de água da chuva pode chegar a 30% e de acordo com IWA – *International Water Association* (2000), *apud* Tomaz, (2003), o Ministério do Meio Ambiente da Alemanha prevê o uso nas regiões densas da Europa de 15% de água de chuva.

Em muitos países, essa prática vem sendo utilizada há anos e essa tecnologia vem crescendo o que contribui para enfatizar a conservação da água de chuva por essa utilização por já ter se mostrado eficiente. No Brasil existem estudos em andamento que buscam avaliar as formas mais eficientes de captação e armazenamento, métodos que tem se mostrado eficientes tanto na questão de economia da água potável como na prevenção de enchentes causadas por chuvas torrenciais nas grandes cidades, onde a impermeabilização atua como um processo deflagrador de enchentes falta, porém, que esses conceitos e conhecimentos sejam difundidos o que só será possível através de programas institucionais, governamentais ou pela organização da própria sociedade.

Atualmente, as águas de chuva são tratadas pela legislação brasileira como esgoto, pois os telhados, e dos pavimentos escoam diretamente para as bocas de lobo, carregando todo tipo de detritos e substâncias químicas dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar sem nenhum tipo de tratamento em mananciais urbanos. Essa água passa por um processo natural de diluição e

autodepuração, ao longo de seu percurso hídrico, o qual nem sempre é suficiente para realmente deixá-la livre de impurezas.

Segundo Tomaz (2003), conservação de água foi definido como a prática de tecnologias e incentivos que aperfeiçoam a eficiência do uso da água pela *American Water Works Association – AWWA*, em 31 de agosto de 1993.

Um programa de conservação de água é constituído por medidas e incentivos.

Medidas são as tecnologias e as práticas diárias, que contribuem para um uso mais eficiente da água.

Os incentivos para a conservação da água fazem parte das políticas públicas voltadas para conscientização da necessidade de mudança nos hábitos de consumo de água visando a sua conservação. Incluem-se, como incentivos, as campanhas públicas, a estrutura tarifária e os regulamentos que motivam o consumidor a um uso mais eficiente.

Como medidas tecnológicas estão os equipamentos sanitários mais eficientes como uma bacia sanitária que gaste menos água para a descarga, ou uma torneira com mecanismo de fechamento automático. Medidas práticas são as mudanças de hábitos, por exemplo, na bacia que economiza na descarga não pode jogar papel, pois impedirá seu funcionamento correto e na torneira com fechamento automático, a torneira não ficará aberta enquanto se escova os dentes.

Para que as mudanças aconteçam efetivamente o primeiro passo é a conscientização da importância do uso racional da água, que só é possível com campanhas educativas no sentido de mostrar que água é um bem finito e essência à vida.

As informações nos jornais, revistas, televisão e outros meios de comunicação que mostram e discutem as maneiras de economizar água são incentivos. Assim como tarifas crescentes, ou ajudas na aquisição de equipamentos sanitários mais eficientes também funcionam como incentivos.

Os regulamentos das instalações prediais, leis e códigos são incentivos para a adoção de práticas de conservação no uso da água.

Ao conseguir aumentar eficiência do uso da água as reservas de água podem ser usadas para o estabelecimento de novas indústrias e melhorias do meio ambiente.

Os países que mais se destacam na conservação de água são os países da América do Norte, Europa e Japão. Nesses países as principais medidas são o uso de bacias sanitárias de baixo consumo, torneiras e chuveiros mais eficientes quanto à economia da água; diminuição das perdas no de água nos sistemas públicos de forma que o tolerável seja menor que 10%;

reciclagem; reuso da água, educação ambiental e campanhas públicas através dos meios de comunicação de massa.

Além dessas formas de conservação de água existem outras tecnologias não convencionais, tais como o reaproveitamento de águas servidas residenciais denominadas de águas cinza, muito usadas na Califórnia, e também a captação de água de chuva para usos não potáveis.

As principais superfícies para a captação de água de chuva consideradas são os telhados que já estão prontos necessitando, em alguns casos, apenas da colocação de calhas e condutores, além da construção dos reservatórios. Nos reservatórios é necessário que haja um sistema que separe a água do início da chuva que lava a cobertura e também uma tela que retire as folhas e outras impurezas. Os reservatórios podem ser dispostos sobre lajes dependendo do tipo de cobertura ou apoiados sobre o solo ou ainda enterrados, dependendo da disponibilidade de espaço para construção do mesmo no local. A Norma da ABNT - NBR 15527 – Água de chuva — Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis — Requisitos - estabelece as condições e as normas que devem ser atendidas para os cálculos do reservatório; as conexões que devem ser usadas e os requisitos de segurança para que não ocorra contaminação na rede de abastecimento de água potável, entre outros.

Em estudos realizados em 1999, pelo *International Environmental Technology Centre (IETC)*, das Nações Unidas, concluiu-se que, em 2010, a população dos Estados Unidos e da Alemanha utilizarão, aproximadamente, 45% de água de chuva e aproximadamente 21% de água cinza (água servida).

A cidade de Austin, no Texas, paga US\$ 500 a quem instalar um sistema de captação de água de chuva, valor que corresponde, aproximadamente, ao custo de um reservatório de 15m<sup>3</sup>, a média pluviométrica anual é de 810 mm. Em outra cidade do Texas, a cidade de San Antonio paga US\$ 200 para quem economiza 1230 m<sup>3</sup> de água da rede pública usando água de chuva, durante o período de 10 anos.

No Japão, a cidade de Sumida, que fica na área metropolitana de Tóquio, tem precipitação anual de 1400 mm e aproveita a água de chuva como segurança no abastecimento, em caso de emergência.

Segundo Tomaz (2003), foi informado na Conferência Internacional de Captação de água de Chuva, realizada no Brasil, em 1999, que, nos estados do Nordeste do Brasil, onde há escassez de água devido ao extenso período de estiagem, no período de 1997 a 1999, foram construídos cerca de 20 mil novos reservatórios.

No mercado existem atualmente produtos diversos que atendem aos requisitos para a implantação de sistemas de coletas de água de chuva. Alguns desses produtos facilitam a montagem desses sistemas que tanto podem ser implantados em edificações em construção com também em edificações já existentes. Quando o sistema faz parte da concepção do projeto arquitetônico as soluções geralmente são mais racionais o que reflete também no custo, comparativamente em relação aos sistemas adaptados às edificações existentes, devido às mudanças necessárias á sua execução.

Essa utilização da água de chuva pode ser realizada em um sistema paralelo o ao da rua, mesmo porque não pode haver cruzamento entre as redes para que não haja contaminação, e seu uso pode ser destinado à descarga em banheiro, torneiras externas, irrigação de jardins, lavagens de carros, limpeza de calçadas, piscinas e outros usos para os quais não seja necessária água potável.

A figura 3.18 ilustra um modelo esquemático e a figura 3.19 é de um filtro para água bruta.



Figura 3.18: Esquema de uma residência com aproveitamento pluvial.  
Fonte: Acqua Save On Line, s.d.



Figura 3.19: Filtro para água de chuva bruta.  
Fonte: Acqua Save On Line, s.d.

De todos os caminhos possíveis para economia de água a opção de aproveitamento da água de chuva os representados nas duas Figuras (3.18 e 3.19) são os mais conhecidos, os mais difundidos, mas não têm aplicação imediata para a população.

Nas grandes centros urbanos, não existe espaço para instalação de cisternas; portanto, há necessidade de controle das primeiras águas de chuva coletadas; por serem bastante perigosas, como resultado da lavagem da poluição aérea e das sujeiras que ficam acumuladas nos telhados. Um dos grandes empecilhos é o alto custo inicial dessas instalações.

Os índices de aproveitamento variam de região para região de acordo com os índices pluviométricos, contudo, em regiões com grande índice pluviométrico, poderia suprir perto de 100% da água necessária para abastecer uma residência, segundo dados informados no portal São Francisco (online).

#### G. Infraestrutura Verde

Tem-se falado muito em sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, cidade sustentável etc., e como não poderia deixar de ser, a busca pela sustentabilidade chegou também na drenagem urbana. O conceito de drenagem sustentável é relativamente novo, foi a partir da década de 1990 que se originou uma preocupação maior com o destino das águas no meio urbano.

Essas preocupações se referem, principalmente, a evitar as enchentes, aos problemas de poluição dos mananciais urbanos e aos processos erosivos do solo.

A drenagem sustentável, conforme definida, baseia-se em três princípios: a manutenção dos recursos hídricos; proteção das áreas verdes, sobretudo, das matas ciliares com objetivo de evitar processos erosivos e assoreamentos de corpos d'água; e gestão urbana, o que significa que as cidades devem ter, também, um plano diretor de drenagem.

Atualmente, com o crescimento acelerado das cidades, rapidamente, a infraestrutura se torna insuficiente e obsoleta e a gestão dos recursos naturais, normalmente, não é aliada à gestão da cidade. Com a questão ambiental envolvida, não é possível continuar com a visão de que a cidade e a natureza sejam “entidades separadas”. Segundo Spirn (1995), é necessário reconhecer a cidade como parte integrante da natureza e que ela seja pensada dessa forma. As possibilidades e os serviços oferecidos pelo ecossistema devem ser aproveitados e considerados no planejamento das cidades.

Por outro lado, a desconsideração dos processos naturais nas cidades poderá ser um fator de risco à população, tanto quanto encarecer os custos da infraestrutura urbana.

O crescimento desordenado das áreas urbanas, aliado às soluções que ignoram as condições físicas e biológicas do sítio natural, acarreta em problemas, como: enchentes, erosão, elevação das temperaturas, alterações no ciclo hidrológico do local e poluição dos mananciais urbanos.

Cabe a quem planeja e pensa a cidade, na concepção de seus projetos, identificar a vocação natural do lugar, compreendendo, primeiro, a “natureza” e, depois, a “natureza dos espaços” que está projetando. Lembrando-se de que está construindo espaços em uma

paisagem que já existia antes da cidade, pensando no que deve ser preservado e como esse espaço deve se encaixar nessa paisagem.

Segundo Demantova e Rutkows (2007), novas estratégias devem ser utilizadas para o desenho dos espaços que propiciem a adequação entre a gestão dos processos ecológicos, mantendo a oferta de seus serviços à população e à gestão da própria cidade. Na verdade, a visão aqui é de que o meio natural é um tipo de infraestrutura existente, sendo a mais antiga e a mais eficiente de todas. Ele atua de forma a equilibrar diversos fatores e ciclos que contribuem para a qualidade de vida do homem, desempenhando importantes e diferenciadas funções para a manutenção e melhoria da sustentabilidade urbana.

Infraestrutura verde é a nova abordagem de controle das águas pluviais, que busca formas mais sustentáveis e naturais em oposição às grandes obras de drenagem. São técnicas e práticas bem semelhantes às LIDs, descritas no item 3.2, que foram utilizadas em outros países e, atualmente, estão sendo estudadas e aplicadas no contexto das cidades brasileiras.

Muitas dessas práticas já estão sendo usadas em outros países e, hoje, vêm sendo avaliadas e monitoradas quanto à sua eficiência e custo benefício.

Esta abordagem busca a utilização dos processos naturais no controle das águas, utilizando a infiltração das águas mediante uso intensivo da vegetação e de pisos permeáveis, entre outras possibilidades naturais, procurando retornar o mais próximo do ciclo hidrológico natural.

As estruturas denominadas de infraestrutura verde são estruturas paisagísticas que auxiliam no sistema de drenagem urbana são as seguintes: jardins de chuvas; canteiro pluvial; lagoa pluvial – bacias de retenção; Biovaletas; Tetos verdes; Grades verdes.

A Figura 3.20 ilustra uma biovaleta que é semelhante a uma bio-retenção, descrita no item 3.2.2 (A), e a Figura 3.21 de um canteiro pluvial semelhante ao *rain garden*, descrito, também, no item 3.2.2. (E).

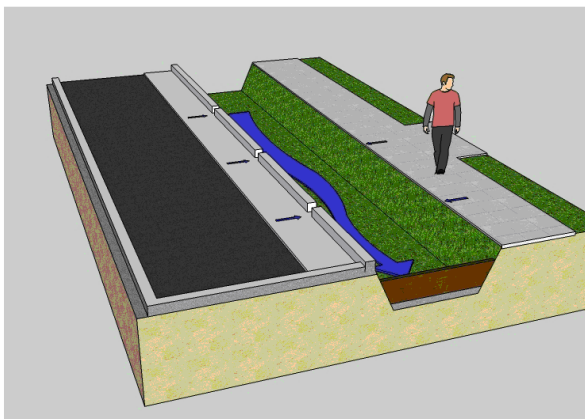


Figura 3.20: Ilustração de uma biovaleta.  
Fonte: Demantova; Rutkowski, 2007.



Figura 3.21: Ilustração de um canteiro pluvial.  
Fonte: Demantova; rutkowski, 2007.

Os jardins de chuva são projetados para ficarem rebaixados em relação ao terreno de forma a captar a água pluvial. O solo age como uma esponja que suga a água enquanto os microrganismos e bactérias no solo removem poluentes. São utilizadas plantas que ajudam na evapotranspiração e remoção dos poluentes. As condições do solo devem ser adequadas à infiltração de água, assim como o lençol freático que não pode próximo da superfície.

Canteiros pluviais têm o mesmo conceito de jardins de chuva, porém em formato reduzido para ser utilizado em pequenas áreas. Podem ser utilizados em qualquer edificação, para isso, basta conter a terra com plantas para infiltração e um ladrão com as inclinações adequadas. Pode ser utilizado em passeios públicos, próximo à rua, com a inclinação correta, e serve como um grande auxiliar, diminuindo consideravelmente o escoamento superficial.

A maioria das técnicas apresenta os mesmos conceitos das LIDs e já foram descritas anteriormente, portanto não há a necessidade de fazê-lo novamente.

Grade verde é denominada a associação de várias técnicas que, combinadas, formam uma rede de intervenções de infraestrutura verde. Dessa forma, é possível que técnicas sejam aplicadas onde são mais adequadas. Quando o solo não é adequado para infiltração, a água é conduzida até por inclinação para lugares onde possa infiltrar ou ser armazenada.

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa encontra-se organizada, internamente, em três etapas.

A primeira parte apresenta uma revisão bibliográfica e introduz as redes de infraestrutura para estudar o aproveitamento e a infiltração das águas pluviais. Mostra a utilização da água e sistema de saneamento tradicional ao longo da história, mais especificamente do sistema de drenagem urbana. Descreve o modelo utilizado no Brasil e seus principais problemas.

A segunda parte descreve as Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto ou LID (*Low Impact Development*) e os conceitos de Infraestrutura Verde que trata de novas abordagens na gestão das águas pluviais semelhantes. Essas tecnologias são comparadas aos métodos tradicionais de drenagem urbana, relacionando eficiência, vantagens, desvantagens e custo/benefício.

A terceira parte trata da caracterização do contexto da UFMS (lajes, área, problemas existentes, consumo de energia, consumo de água, usos para a água), local utilizado para implantação dos experimentos e observações sobre os problemas atuais e suas conseqüências. Nesse capítulo, é feita a descrição dos experimentos para a captação de água de chuva e é analisado o processo de projeto de readequação do estacionamento central e a importância da vegetação.

### 4.1 O caso do campus da UFMS:

O município de Campo Grande, localizado geograficamente na porção central de Mato Grosso do Sul, com 8.096 km<sup>2</sup>, ocupa 2,26% da área total do Estado. A sede do município está situada nas coordenadas geográficas 20°26'34", latitude Sul e 54°38'47", longitude Oeste; sua altitude varia entre as cotas de 500 e 675 metros. Sua sede está nas imediações do divisor de águas das Bacias Hidrográficas dos rios Paraná e Paraguai (PMCG – Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2007).

O território do município de Campo Grande, em termos geológicos, encontra-se sobre as Formações Serra Geral e Botucatu do grupo São Bento e Caiuá do Grupo Bauru. Sendo a Formação Caiuá a de maior abrangência no território de Campo Grande. O município situa-se na Região Geomorfológica, denominada “Região dos Planaltos Arenítico-Basálticos Interiores” (PMCG, 2007).

No Estado de Mato Grosso do Sul, existem 25 classes de solos identificados e classificados no Atlas Multirreferencial(1990), citado no Perfil Socioeconômico(2008-2009), entre esses são encontrados, no território do município de Campo Grande: Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo roxo, Areias Quartzosas, além de pequena extensão de Solos Litólicos (PMCG, 2007).

Quanto à vegetação, Campo Grande localiza-se na zona neotropical, pertencente aos domínios da região fitogeográfica do Cerrado, apresentando um conjunto de formas de vegetação segundo um gradiente de biomassa, relacionado com a fertilidade dos solos, sendo suas principais fisionomias: Campo Limpo, Campo Sujo, Cerrado, Cerradão. Apresenta também fisionomia da Floresta Aluvial (mata ciliar) e áreas de Tensão Ecológica pelo contato Cerrado/ Floresta Estacional Semidecidual e áreas das formações antrópicas utilizadas para agropecuária (PMCG, 2007).

O Cerrado é caracterizado por uma flora antiga e rica em endemismo e está entre as mais ricas do mundo em número de espécies de plantas vasculares por unidade de área. O cerrado encontrado no município apresenta características de vegetação xeromórfica e fisionomia diversificada. A vegetação é lenhosa, de casca grossa e rugosa, composta de brotos foliares bem protegidos e órgãos de reserva subterrâneos além de folhas desenvolvidas com os estômatos normalmente abertos (PMCG, 2007).

Em 2007, segundo dados da Prefeitura, a cobertura vegetal remanescente no município somou 168.113 ha dos 810.000 ha do território do município, compreendendo 20,7% de sua área (PMCG, 2007).

Campo Grande passou por uma fase de grande expansão urbana na década de 1970, fatores importantes contribuíram, tais como, a divisão do Estado, a construção do conjunto da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Esse crescimento das últimas décadas resultou em um aumento de cinco vezes a população existente em 1970. A população de Campo Grande, em 2007, totalizou 724.524 pessoas. Outro dado importante a ser observado é a alta taxa de urbanização, segundo a qual a população urbana, em 2007, representava 98,66% e a rural apenas 1,34%. Todos esses dados demonstram que houve um grande aumento nas áreas impermeabilizadas do município (PMCG, 2007).

Este trabalho foi desenvolvido no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS- que, de acordo com a Carta de Drenagem do município, localiza-se na bacia do Bandeira, tendo como curso d'água contribuinte o córrego Cabaça.

A Carta de Drenagem de Campo Grande foi elaborada entre março de 1995 e outubro de 1996 e classifica as bacias de acordo com os problemas atuais e potenciais relacionando os

serviços e obras necessários como medidas de controle e intervenções relativas às enchentes. A bacia do Bandeira tem 19,5 Km<sup>2</sup>, sendo 86,81 % de área permeável e 13,09 % de área impermeável (dados da época da carta geotécnica). Pode ser considerada uma área bem arborizada, contando, inclusive, com a RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural da UFMS e a APP do Córrego Bandeiras, ambas as áreas protegidas por lei. Apresenta, no entanto, alagamentos, inundações e enchentes nos pontos mais baixos. O sistema de microdrenagem tem se mostrado insuficiente e, em vários pontos, localizam-se bocas-de-lobo assoreadas com localização e distribuição irregular (PMCG, 1996).

A Figura 4.1 mostra a Bacia do Bandeira representada na Carta de Drenagem de campo Grande.

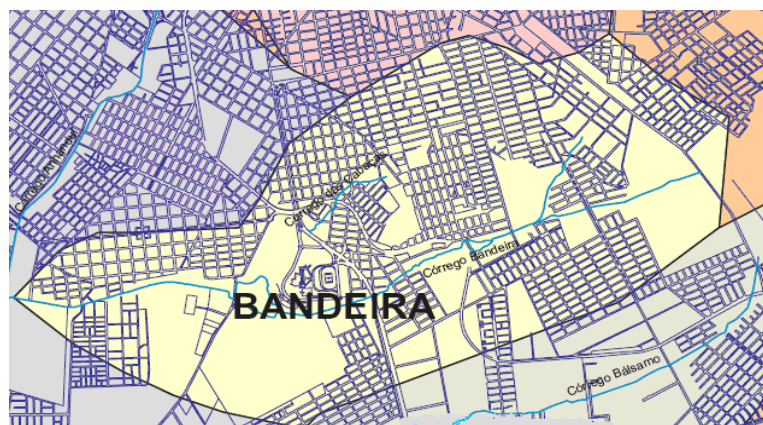


Figura 4.1: Bacia do Bandeira.

Fonte: PMCG, 2007.

A carta de drenagem do município, já em 1996, recomendava ações para área da Bacia do Bandeira, referentes aos projetos de parcelamento de solo, que são transcritas a seguir (PMCG, 1996):

- “Implantar obras e/ou medidas para dissipação de energia das águas pluviais nos pontos de lançamentos;
- Dimensionar adequadamente as calhas e travessias do sistema de drenagem, compatibilizando o volume d'água às dificuldades do terreno;
- Implantar sistema adequado para captação e drenagem de águas superficiais nos taludes de corte e aterro;
- Adequar à solução de coleta e dissipação das águas servidas às dificuldades de escoamento e infiltração no solo;
- Prever cuidados específicos nos trechos de declividade acentuada onde há concentração de águas pluviais;

- Implantar canaletas ou interceptar o fluxo de águas nos locais problemáticos quanto ao desenvolvimento de erosão no leito viário;
- Evitar o escoamento de grandes volumes de águas pluviais no leito das vias, privilegiando o seu lançamento na drenagem natural;
- Implantação de revestimentos retentivos em áreas de pouco tráfego, ex: (áreas de estacionamento, vias locais);
- Implantar canaletas gramadas em loteamentos condominiais de baixa densidade de ocupação e de relevo suave;
- Proteção das margens e cabeceiras dos cursos d'água.

Atualmente, com os problemas decorrentes da explosão demográfica e do aumento da população urbana, muitos problemas ambientais surgiram, entre eles, a poluição dos corpos de água, problema que põe em risco muitas espécies de animais e inclusive a espécie humana.

Em Campo Grande, a precipitação anual, em 2007, foi de 1157,60 mm, sendo a média mensal máxima 180,3 mm em novembro e a mínima em julho de 4,8 mm valores (PMCG, 2008, p.39). Apresentando, portanto, potencial para a captação e aproveitamento da água de chuva. Para a captação de água de chuva é importante observar a estação chuvosa que ocorrem no verão e a estação seca que ocorre no inverno. A tabela a seguir mostra os índices pluviométricos de 1996 a 2006 (Embrapa Gado de Corte, 2009).

Tabela 4.1: Precipitação acumulada (mm) em Campo Grande – 1996-2007

| Mês              | Precipitação anual (mm) |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |               |
|------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                  | 1996                    | 1997           | 1998           | 1999           | 2000           | 2001           | 2002           | 2003           | 2004           | 2005           | 2006           | 2007          |
| <b>Janeiro</b>   | 271.1                   | 241.4          | 170.8          | 198.7          | 168.5          | 171.2          | 128,4          | 354.5          | 55.0           | 232.0          | 149,25         | 407,9         |
| <b>Fevereiro</b> | 147.9                   | 249.7          | 154.2          | 127.4          | 236.6          | 252.5          | 196.0          | 171.0          | 101.7          | 156.8          | 178,3          | 164,6         |
| <b>Março</b>     | 149.4                   | 85.7           | 131.2          | 188.1          | 271.2          | 118.3          | 96.4           | 170.9          | 57.9           | 89.6           | 134,6          | 61,2          |
| <b>Abril</b>     | 40.7                    | 113.1          | 196.1          | 38.1           | 41.3           | 78.0           | 46.4           | 152.0          | 139.9          | 70.9           | 64,3           | 73,9          |
| <b>Mai</b>       | 144.3                   | 66.9           | 140.8          | 31.0           | 40.1           | 100.6          | 68.9           | 78.5           | 159.1          | 113.8          | 54,6           | 75,4          |
| <b>Junho</b>     | 2.4                     | 134.6          | 27.9           | 15.8           | 8.2            | 40.1           | 0.0            | 37.9           | 83.0           | 160,7          | 16,5           | 0,0           |
| <b>Julho</b>     | 6.4                     | 0.5            | 39.0           | 16.3           | 33.5           | 43.2           | 114.8          | 33.7           | 52.8           | 18.5           | 4,8            | 30,7          |
| <b>Agosto</b>    | 4.5                     | 35.7           | 122.0          | 0.0            | 96.8           | 75.3           | 44.9           | 103.4          | 0.0            | 7.9            | 32,8           | 0,0           |
| <b>Setembro</b>  | 116.0                   | 48.7           | 115.0          | 64.9           | 132.0          | 176.4          | 63.5           | 125.1          | 39.6           | 96.6           | 115,8          | 4,1           |
| <b>Outubro</b>   | 162.5                   | 102,1          | 114.4          | 182.4          | 93.6           | 97.7           | 90.2           | 163.1          | 166.5          | 217.4          | 81,8           | 80,5          |
| <b>Novembro</b>  | 64.4                    | 181,2          | 83.8           | 93.8           | 179.9          | 302.7          | 107.8          | 149.9          | 96.0           | 244.5          | 180,3          | 143,2         |
| <b>Dezembro</b>  | 168.1                   | 309.1          | 148,3          | 131.1          | 203.6          | 214.6          | 115.5          | 117.6          | 266.2          | 237.9          | 144,5          | 198,4         |
| <b>Total</b>     | <b>1.277.7</b>          | <b>1.568.7</b> | <b>1.443.5</b> | <b>1.087.8</b> | <b>1.505.3</b> | <b>1.670.6</b> | <b>1.072.8</b> | <b>1.657.6</b> | <b>1.217.7</b> | <b>1.646.6</b> | <b>1.157,6</b> | <b>1240,0</b> |

Fonte: Embrapa Gado de corte, 2009, p.40.

### **4.1.1 Caracterização do Local de Implantação do Experimento: Reservatórios para Captação de Água de Chuva**

#### **4.1.1.1 Etapa 1: escolha do local**

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul foi construída nos anos 1970 e, na época, o modernismo estava em alta e as edificações, seguindo essa linguagem arquitetônica, foram concebidas utilizando o concreto aparente.

Nesses 39 anos de fundação, a Universidade cresceu e novas edificações foram construídas, as antigas, que datam da criação da UFMS (naquela época era uma universidade estadual), sofreram reformas as quais, quase sempre, desconsideraram os princípios adotados em sua concepção. Essas adaptações, juntamente com as ampliações que se fizeram necessárias nesse decorrer, contribuíram para a descaracterização do projeto original, apesar da existência, segundo Arruda (2006), de um Plano Diretor para o crescimento do Campus de Campo Grande.

Com políticas públicas que não atendem às necessidades básicas de uma instituição de ensino, no que se refere às verbas de custeio e manutenção, as edificações dessa universidade têm sofrido com as intempéries e o desgaste natural, resultado de mais de trinta anos de exposição ao sol e à chuva, além de uma intensa utilização de seus espaços. Aliadas às políticas administrativas das últimas gestões, voltadas apenas para a construção de novos edifícios, praticamente, não houve manutenção e foram atendidos apenas os problemas emergenciais. Os prédios existentes, sem os cuidados necessários, deterioraram-se, permitindo que se observem em suas lajes, forros, coberturas, esquadrias, vedações, evidências da ausência de manutenção. Os sinais das infiltrações estão sempre presentes, sem previsão para os consertos necessários.

A Figura 4.2 indica o local do local do experimento e a Figura 4.3 ilustra a situação das instalações.



Figura 4.2:- Vista do local escolhido para o experimento  
Fonte: autora.



Figura 4.3:- Infiltração abaixo do local onde foi implantado o reservatório.  
Fonte: autora.

As lajes foram projetadas em concreto, assim como sua estrutura. O projeto foi organizado em módulos de 6 m x 6 m, contendo blocos de salas de aula com pé direito de 4,5 m e corredores com pé direito de 2,5 m, estes com sistema de vigas invertidas e lajes impermeabilizadas.

Uma das proposições neste estudo é o melhor aproveitamento dos espaços livres da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e também a busca de embasamento às soluções e alternativas aos problemas das cidades relativos aos mananciais urbanos que recebem uma grande carga de poluentes através das águas pluviais.

A proposta principal do experimento é utilizar a água coletada para lavagem dos corredores e para a irrigação da grama em época de seca.

#### 4.1.1.2 Etapa 2: montagem do experimento

Considerando esses fatores e a proposta de pesquisa abordando as condições de drenagem da UFMS, aliada às possibilidades de aproveitamento das águas pluviais em suas áreas livres, foi planejada a utilização das lajes, como estrutura dos reservatórios propostos, visto que elas contêm espaço suficiente para essa instalação e são áreas ociosas. Assim, a água captada nos telhados dos blocos pode ser canalizada diretamente para esses reservatórios e utilizada por gravidade nas áreas próximas da coleta. Antes da montagem do experimento, foi realizado um levantamento de determinados pontos na face inferior da laje, de forma a verificar qualquer deformação que ela venha a sofrer decorrentes dos esforços relativos aos

reservatórios. Eles foram demarcados através de pontos de silicone. Esses pontos foram medidos novamente em duas datas posteriores com carga no reservatório para efeito de comparação das alturas da laje e verificação se houve deformação da mesma.

O reservatório foi colocado sobre a laje do corredor, com a intenção de aproveitar uma estrutura já existente e o efeito da gravidade para a utilização da água do reservatório.

Foi montada uma unidade de avaliação das águas decorrentes de chuvas ocorridas no Campus da UFMS, sobre um módulo da laje (6,0m x 6,0m) dos corredores nas imediações do DHT, captando a precipitação sobre essa área e também, da área do telhado de um módulo de salas de aula (12,0m x 12,0m) que pode ser observado na Figura 4.4 onde se instalou um pluviômetro (para o registro da chuva) e um pluviógrafo que aparece na Figura 4.5 (para o registro temporal dos eventos de chuva).



Figura 4.4: A retirada da água do pluviômetro.  
Fonte: autora.



Figura 4.5: Pluviógrafo para conferência do registro temporal dos eventos de chuva.  
Fonte: autora.

Para melhor distribuição dos esforços dos reservatórios sobre a laje, foi executada uma malha de ferro e uma vigota de concreto, dividindo o módulo de 6,0m x 6,0m ao meio. Dois reservatórios foram montados apoiados sobre a malha de ferro, que recebeu placas de forro de PVC, com a finalidade de regularizar a superfície para a colocação de uma lona resistente. Cada reservatório, com dimensões aproximadas de 5,75m x 2,80 x 0,3m (parte interna do reservatório), sendo que, em cada um deles, estava previsto recipientes para filtragem com o objetivo de remoção dos poluentes. Inicialmente, o projeto previa captação direta com algum tipo de filtragem em um reservatório e, no outro, captação da água do telhado para comparação da qualidade das águas e avaliação de quais seriam as soluções mais eficientes. A intenção seria utilizar um filtro com areia ou uma camada com gramíneas, para análise. No entanto, foram alterados pela dificuldade de montagem em cima do reservatório e a questão da carga em cima da laje também foi fator determinante para a alteração dos planos.

Outros fatores, como a falta de materiais adequados ou materiais com um custo muito alto, contribuíram igualmente para adaptações no projeto. As Figuras 4.6 e 4.7, mostram o reservatório em fase de montagem e após a montagem dos dois reservatórios.



Figuras 4.6 e 4.7: Reservatório com lona em fase de montagem e após a montagem.

Fonte: autora.

#### 4.1.1.3 Etapa 3: funcionamento dos reservatórios

As diferenças entre os reservatórios visam analisar as vazões e as qualidades das águas, antes e após a filtragem, além de avaliar a água coletada diretamente no reservatório e a água coletada através do telhado. As tubulações que transportam o escoamento afluente serão de variados diâmetros e dotadas de registros, hidrômetros e outros dispositivos de controle e distribuição do fluxo sobre a área de infiltração.

Para que o sistema possa analisar as águas da primeira chuva, que lavam a poeira do telhado e a poluição da atmosfera, ela vai diretamente para uma pequena caixa que, depois de completa, é conduzida para os outros reservatórios. Os dois reservatórios são ligados A cada tubo de PVC que desce junto aos pilares onde podem ser conectadas mangueiras para utilização dessa água. O sistema prevê, também, um extravasor em cada reservatório para evitar o transbordamento.

É possível verificar a caixa onde fica a água da primeira lavagem na Figura 4.8 e os extravasores, na parte superior dos reservatórios e junto à vigota central (entre os dois) na Figura 4.9.



Figura 4.8: Caixa para onde vai a primeira chuva.  
Fonte: autora.



Figura 4.9: Os extravasores dos reservatórios  
Fonte: autora.

Com a finalidade de avaliar a eficiência da remoção de poluentes através do meio filtrante, foram coletadas amostras de água para análise, tanto do escoamento afluente como do efluente. Foram comparados os resultados para avaliar a importância dos períodos sem chuva antecedente e da eficiência da remoção de poluentes com o tempo de uso do meio filtrante.

No detalhe da Figura 4.10, as conexões entre os tubos que conduzem a água; primeiro, a caixa com tampa azul que, quando está cheia, através de um sistema de bóia a água é conduzida ao reservatório que está na frente da tubulação que vem da calha e, por último, ao reservatório que fica na extremidade oposta.



Figura 4.10: Conexões que controlam a entrada de água nos reservatórios  
Fonte: autora.

Esse projeto piloto armazenou a água da chuva e foi monitorado pelos equipamentos instalados a partir de novembro de 2008. Foram coletadas amostras da chuva, no período

02/03/2009 a 29/05/2009. Essas amostras foram coletadas e analisadas no Laboratório Laqua, da UFMS, segundo as normas e os parâmetros necessários para enquadrar a água de acordo com o uso que se poderá dar ela. Com a realização das análises e a posterior avaliação dos resultados, será possível concluir se é viável a proposta de implantar esses reservatórios em toda a universidade, quantificando-se a água utilizada para calcular a capacidade dos reservatórios e a localização deles em toda Universidade, verificando, também, o custo da implantação de cada conjunto de reservatório e a estimativa da economia de água e luz que será possível com essas instalações.

#### 4.1.1.4 Etapa 4: análises de água de chuva

No período de 04 de fevereiro de 2009 a 29 de maio de 2009 foram coletadas amostras da água de chuva com a finalidade de avaliar a qualidade da água nas unidades de captação de águas pluviais. As amostras e as análises foram realizadas de formas diversas para que se pudesse avaliar o mais rigorosamente possível o sistema, as mesmas seguiram os procedimentos descritos a seguir além da Portaria MS –nº518/2004, que é uma portaria do Ministério da Saúde que estabelece, em seus capítulos e artigos, as responsabilidades por parte de quem produz a água, e a quem cabe o exercício de “controle de qualidade da água” e das autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano”. Essa Portaria destaca também a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo e os seus diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano.

O responsável pelas coletas e pela realização das análises foi o acadêmico Roger Daniel Rôdas da Engenharia Ambiental sob a supervisão do Técnico Responsável pelo Laboratório LAQUA da UFMS. O acadêmico ficava de prontidão, deixava o material esterilizado para coleta da água de chuva preparado e assim que iniciava a precipitação, se encaminhava com capa de chuva e galocho, para o local do experimento.

A Figura 4.11 ilustra a realização da análise da água de chuva no Laboratório LAQUA da UFMS, enquanto que a Figura 4.12 mostra a medição da vazão dos reservatórios com uma mangueira normal de limpeza (mangueira utilizada para o teste é uma mangueira comum de limpeza e com problemas de vazamento).



Figura 4.11:- Realização da análise.  
Fonte: autora.



Figura 4.12:- Verificação da vazão do reservatório.  
Fonte: autora.

As coletas e as análises foram realizadas de acordo com a tabela 4 e da seguinte forma: primeiro era coletada água direta da chuva, a seguir a água da 1ª lavagem dos telhados e depois dos dois reservatórios ou intercalados. Os parâmetros analisados nessa etapa foram os seguintes: fósforo; dureza; condutividade; sólidos totais e coliformes. Posteriormente deixou-se de analisar a água pura e procedia-se a análise dos dois reservatórios e da 1ª lavagem, como a água demonstrou ser de qualidade superior ao esperado buscou-se através de métodos de tratamento primários a possibilidade de chegar à potabilidade dessa água, para essa etapa novos parâmetros foram acrescentados à análise de acordo com a portaria\_518\_2004, que são os parâmetros de turbidez e cor.

Os tratamentos utilizados foram procedimentos simples, descritos a seguir:

- A água do reservatório foi filtrada em filtro comum (vela) e de carvão ativado.
- Foram utilizadas duas gotas de água sanitária para dois litros de água para desinfecção, foram removidos os coliformes.
- Método da “soldis”: a utilização de garrafas PET que proporciona uma ação efetiva contra uma ampla gama de patógenos, com um processo muito simples e custo praticamente nulo. Esse método consiste na colocação da água na garrafa PET e na exposição da mesma ao sol. Esse método foi realizado três vezes, sendo que em duas vezes retirou todos os coliformes e em uma das vezes falhou (pode ter ocorrido erro no laboratório ou ter ficado tempo insuficiente exposta ao sol).

As análises foram realizadas procurando verificar as diferenças de qualidade entre a chuva direta, a 1ª chuva que lava e traz a sujeira acumulada no telhado, a chuva armazenada no reservatório. É possível identificar essas diferenças pela tabela 04 das amostras, no entanto esses valores devem ser avaliados juntos aos índices pluviométricos.

Foram levantados dados relativos à vazão dos reservatórios nas torneiras que e na mangueira de limpeza que foi a vazão média de 109,82 ml/segundos (medida em frente ao RESAN no DHT) e resultava em um tempo médio de lavagem de 5 minutos de cada módulo padrão de corredor com 36 m<sup>2</sup> da UFMS.

A figura 4.13 mostra a filtragem através de um filtro simples (vela).



Figura 4.13:- Realização da filtragem com filtro simples (vela).

Fonte: autora.

Os dados a seguir são os procedimentos utilizados para a realização das análises de água de chuva, e são descritos em normas e protocolos estabelecidos de acordo com critérios adotados no Laboratório de Qualidade de Água da UFMS\_ LAQUA.

Tabela 4.2:- Amostra de Água de chuva

| Parâmetros                                        | Datas das amostras da água de chuva |                    |                    |                     |            |            |                       |                   |                     |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------|------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
|                                                   | 04/02/2009                          | 11/02/2009         |                    | 12/02/2009          |            |            | 16/02/2009            | 18/02/2009        |                     |
|                                                   | Água chuva pura                     | Res. Fundo         | Res. Fundo         | Água chuva pura     | Res. Fundo | 1ª Lavagem | Água chuva pura       | Amostra Clorada   | 1ª Amostra Filtrada |
| <b>Fósforo total (miligrama/litro)</b>            | 0,04                                | 0,067              | 0,041              | 0,056               | 0,009      | 0,043      | Estourou (muito alto) | 0,036             | 0,048               |
| <b>Ph</b>                                         | 6,38                                | 6,31               | 6,6                | 6,32                | 6,5        | 6,77       | 6,23                  | 6,21              | 6,14                |
| <b>Condutividade (Micro Siemens/cm)</b>           | 7,37                                | 3,3                | 4,28               | 4,75                | 2,19       | 7,37       | 5,23                  | 7,52              | 23,6                |
| <b>Dureza ( mg de CaCO<sup>3</sup> / litro )</b>  | 6,5                                 | 6                  | 8                  | 7                   | 1,2        | 9          | 4                     | 5                 | 21                  |
| <b>Coliformes Totais / Termotolerantes (NMP )</b> | Presente / Ausente                  | Presente / Ausente | Presente / Ausente | Presente / Presente | -          | -          | Presente / Ausente    | Ausente / Ausente | >200,5 / Ausente    |
| <b>Sólidos totais (miligrama / litro)</b>         | 13,5                                | 33                 | 28                 | 45                  | 39         | 67         | 67                    | 23                | 41                  |
| <b>Turbidez (UT)</b>                              | -                                   | -                  | -                  | -                   | -          | -          | -                     | -                 | -                   |
| <b>Cor (um. De cor)</b>                           | < 5                                 | < 5                | < 5                | < 5                 | < 5        | < 5        | < 5                   | < 5               | < 5                 |

| Parâmetros                                         | Datas das amostras da água de chuva |                     |                |                   |                            |                     |                           |                            |                    |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------|
|                                                    | 19/02/2009                          | 20/02/2009          | 27/02/2009     |                   | 02/03/2009                 |                     | 04/03/2009                | 20/03/2009                 |                    |
|                                                    | 2ª Amostra Filtrada                 | 3ª Amostra Filtrada | 1ª Lavagem     | Amostra Clorada   | Amostra Clorada + Filtrada | 4ª Amostra Filtrada | 5ª Amostra Filtrada + Sol | Amostra Clorada + Filtrada | 1ª Lavagem         |
| <b>Fósforo total (miligrama/litro)</b>             | 0,068                               | 0,04                | 0,018          | 0,018             | 0,018                      | 0,053               | 0,07                      | 0,01                       | 0,08               |
| <b>Ph</b>                                          | 6,4                                 | 6,65                | 6,7            | 5,94              | 7,39                       | 10,81               | 10,57                     | 10,67                      | 5,08               |
| <b>Condutividade (Micro Siemens/cm)</b>            | 11,3                                | 30,4                | 4,98           | 12,07             | 47,7                       | 135,3               | 128,2                     | 179,4                      | 12,3               |
| <b>Dureza ( mg de CaCO<sup>3</sup> / litro )</b>   | 14                                  | 31                  | 7              | 8                 | 41                         | 119                 | 96                        | 125                        | 15                 |
| <b>Coliformes Totais / Termotolerantes ( NMP )</b> | >200,5 Ausente                      | 32,4 / Ausente      | 12,4 / Ausente | Ausente / Ausente | 1 / Ausente                | Ausente / Ausente   | Ausente / Ausente         | Ausente / Ausente          | Presente / ausente |
| <b>Sólidos totais (miligrama / litro)</b>          | 19                                  | 55                  | 7              | 34                | 82                         | 209                 |                           |                            | 46                 |
| <b>Turbidez (UT)</b>                               | -                                   | -                   | -              | -                 | -                          | -                   | -                         | -                          | 6,46               |
| <b>Cor (um. De cor)</b>                            | < 5                                 | < 5                 | < 5            | < 5               | < 5                        | < 5                 | < 5                       | < 5                        | < 5                |

Fonte: Dados coletados e amostras realizadas pelo Acadêmico da Engenharia Ambiental Roger Daniel Rôdas

[illegible]

As análises realizadas pelo acadêmico Roger Daniel Rôdas no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA) na UFMS tiveram como objetivo verificar se a água poderia ser utilizada na lavagem de corredores, descarga em sanitários ou na irrigação de jardins dos seguintes parâmetros: fósforo total; pH; condutividade; dureza; coliformes totais e termotolerantes; sólidos totais; cor.

Segundo os dados coletados na iniciação científica do acadêmico, a água demonstrou qualidade superior à esperada após uma bateria de coletas e análises, foi verificada a possibilidade de um tratamento simples com a finalidade de tornar essa água potável seguindo a tabela 9 da Portaria N.º 518/04, então foi adicionado às análises o parâmetro turbidez.

Com exceção das amostras que receberam tratamento de desinfecção, todas as outras possuem coliformes totais, o que não é permitido para fins de potabilidade.

De acordo com a Resolução CONAMA N.º 357/05, a água de chuva analisada neste estudo pode ser classificada como água doce de classe 1, que pode ser destinada:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N.º 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Segundo os dados coletados pelo acadêmico, foi constatado que as águas pluviais captadas e estudadas atendem à demanda requisitada para as atividades de irrigação e limpeza dos módulos do DHT na UFMS. A qualidade destas águas também se adéquam as normas e legislações previstas pelo Ministério da Saúde e Conselho Nacional do Meio Ambiente.

## **4.2 Propostas para o Estacionamento Central**

A proposta de trabalhar com as áreas livres da UFMS, incluindo o estacionamento central, está baseada nas práticas das LIDs que preconizam que as águas pluviais devem ser tratadas e controladas em locais próximos à sua origem, e como essa área apresenta vários problemas que serão abordados no decorrer desta pesquisa, justifica-se a sua escolha.

Vale esclarecer que alguns dados aqui utilizados fazem parte da pesquisa da acadêmica Danielle Fabrão, conforme abordado na Introdução, e constituem-se os dados relativos às dimensões físicas do estacionamento e o respectivo desenho. Também estão inseridos no trabalho alguns dados referentes à pesquisa da acadêmica Ananda Pacífica, que aborda, em sua pesquisa, a importância da vegetação na área urbana, além de dados do levantamento das árvores do estacionamento, identificando-lhes as espécies e condições.

Um dos fatores principais para a proposta de trabalho em áreas de estacionamentos é de que eles, atualmente, ocupam grandes áreas impermeabilizadas nas cidades e, portanto, são vistos como áreas potenciais para a busca de melhores condições de infiltração das águas de chuva, de temperatura e de umidade. Todos esses fatores influenciam na qualidade de vida nas cidades.

Situado entre os paralelos 20°30'07''S e 20°30'35''S, e meridianos 54°36'44''O e 54°36'45''O, o estacionamento está disposto ao longo do corredor central do Campus de Campo Grande. O estacionamento central da UFMS possui área total de 4.810,2898 m<sup>2</sup>, sendo 1.913,9864 de via com pavimentação asfáltica e 2.622,1769 de área de estacionamento, com revestimento de blocos de concreto e canteiros de árvores de cerca de 50 cm de diâmetro a cada duas vagas de carros. O estacionamento possui aproximadamente 145 vagas dentre as quais 89 ficam na parte central dispostas em vagas a 45°, demarcadas apenas por pintura; estando as demais dispostas ao longo do percurso, sem limites demarcados no piso, em faixa adicional de estacionamento, medindo 2,5 m (dois metros e cinquenta centímetros), onde os veículos ficam dispostos um atrás do outro. Para compreensão da área de estudo, e com a finalidade de elaborar novas propostas para o estacionamento, realizou-se um levantamento topográfico, que serviria, também, para gerar a superfície e as declividades para avaliar os volumes do escoamento superficial, com a finalidade de embasar a proposta.

A Figura 4.14 mostra a vista aérea do estacionamento e a Figura 31 uma vista geral do estacionamento.



Figura 4.14 Vista aérea do estacionamento central da UFMS.  
Fonte: Google Earth, 2010..



Figura 4.15: Foto do estacionamento.  
Fonte: Autora.

Através dos dados coletados em pesquisa de campo; foi observado como se dá o escoamento das águas do estacionamento e também, pontos com cotas mais baixas; identificando, assim, os pontos com problemas.

Atualmente, a água escoada do estacionamento é recolhida por quatro canaletas e encaminhada ao sistema de drenagem do Campus; uma das canaletas pode ser vista na Figura 4.16.

Atualmente, apesar das grandes áreas livres do Campus serem dotadas de vegetação, fator que poderia contribuir para melhores condições de infiltração, existem pontos onde o sistema de drenagem está subdimensionado, devido ao grande escoamento superficial gerado; o que, aliado à falta de manutenção em eventos de chuvas torrenciais, ocasiona acúmulo de água na pista, o que pode ser observado na Figura 4.17.



Figura 4.16: Canaletas para onde são escoadas as águas do estacionamento.  
Fonte: Autora.



Figura 4.17: Foto de área da pista parcialmente alagada. A vista é do estacionamento do Glaucê Rocha.  
Fonte: Autora.

Em decorrência das condições atuais do local, propõe-se a reforma do Estacionamento Central da UFMS, com o objetivo de otimizar seu uso; bem como aliar, ao seu desenho e concepção, a preocupação ambiental.

O pavimento, na parte central, em área destinada a estacionamento, que é um pavimento de concreto intertravado, está desnivelado e o asfalto da pista também necessita de recapeamento; os canteiros das árvores não são delimitados e não há espaço suficiente, ocasionando a quebra dos blocos de concreto pelas raízes, inclusive, algumas árvores apresentam-se apodrecidas pela falta de cuidados.

A Figura 4.18 ilustra as condições de uma árvore no estacionamento; e a Figura 4.19 mostra como estão algumas das saídas das canaletas de águas pluviais.



Figura 4.18: Árvore com caule comprometido.  
Fonte: Autora



Figura 4.19: Uma das saídas das canaletas do estacionamento.  
Fonte: Autora

Foi levantado o tipo de vegetação arbórea do local e, também, as seguintes informações: nome comum e científico das espécies, aspecto geral e diâmetro de copa. Registrou-se a existência de poucas variedades de espécies, que se encontram em péssimo estado de conservação e inadequadas quanto ao plantio urbano, eficiência térmica, e absorção de água. Esse último fator agravado pelo uso excessivo de pavimentação impermeável. Sabe-se que a vegetação é um fator importante na qualidade do ambiente; e, para um melhor aproveitamento de suas vantagens, devem ser consideradas as características de cada espécie.

As espécies presentes no local foram: *Senna spectabilis* (Cássia) 41,79% e *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna), com 44,78%, sendo que a Sibipiruna é bastante utilizada na arborização urbana da cidade de Campo Grande.

Os resultados quantitativos e a identificação das espécies estão descritos na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Espécies levantadas em todo o estacionamento, número de indivíduos por espécies e sua frequência em porcentagem, no dia 16-09-2008.

| Nome popular      | Nome Científico                   | Quantidade Encontrada | Porcentagem (%) |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Cássia            | <i>Senna spectabilis</i>          | 28                    | 41,79%          |
| Oiti              | <i>Licania tomentosa</i>          | 2                     | 2,98%           |
| Sibipiruna        | <i>Caesalpinia peltophoroides</i> | 30                    | 44,78%          |
| Não identificadas |                                   | 7                     | 10,45           |
| Total             |                                   | 67                    | 100 %           |

Fonte: Acadêmica Ananda Pacífico

Foram analisadas as espécies de acordo com o porte e a deciduidade. Observou-se que quanto ao porte são adequadas; porém, quanto à deciduidade não, pois, na estação do outono, perdem suas folhas, permitindo a passagem da radiação solar. Para análise da adequação dessas espécies para a área do estacionamento, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Características das espécies arbóreas levantadas apresentando: nome científico, família; porte (P=pequeno com altura até 5m; M= médio com altura entre 5 e 10m; G= grande com altura acima de 10m); ocorrência; deciduidade.

| <i>Espécie</i>                  | Família          | Porte | Ocorrência                  | Deciduidade |
|---------------------------------|------------------|-------|-----------------------------|-------------|
| <b><i>Senna spectabilis</i></b> | Senna pectabilis | M     | Caatinga                    | Decídua     |
| <b><i>Licania tomentosa</i></b> |                  |       |                             |             |
| <b><i>Caesalpinia</i></b>       | Leguminosae-     | G     | Mata Atlântica,<br>Pantanal | Semidecídua |
| <b><i>Peltophoroides</i></b>    | Caesalpinoidear  |       |                             |             |

Fonte: Adaptado - Acadêmica Ananda Pacífico

O resultado do levantamento das espécies indica que será necessária a substituição da vegetação existente no local, pois fica evidente pela deciduidade apresentada na Tabela 4.4 a sua ineficiência. Quanto à proposta da utilização de bioretenções e o uso intensivo da vegetação de várias espécies e portes, também diversificados (essa é uma pesquisa a parte), o uso intensivo da vegetação visa melhorar as condições de infiltração no local e amenizar as temperaturas, aumentando a umidade no local. A Figura 4.20 ilustra uma bio-retenção.



Figura 4.20: Esquema de Bioretenção

Fonte: Autora.

Foram elaboradas três propostas para a área de estudos, analisando-se as melhores disposições de vagas de veículos, de largura de calçadas e quantidade de vagas. Todas as propostas seguem os princípios de utilização das tecnologias de desenvolvimento de baixo impacto.

As propostas foram pensadas para obter melhor aproveitamento do espaço, incluindo uma vegetação apropriada, melhorando, dessa forma, as condições de infiltração das águas pluviais promovendo, através delas, a retenção da poluição das águas de chuva. Outra escolha importante foi a utilização de pisos permeáveis em todos os locais possíveis, propiciando dessa forma, condições melhores de conforto térmico no local, além do aspecto estético que também será beneficiado.

Nas áreas onde estão previstas as vagas, propôs-se a utilização de concregrama (Figura 4.21), que é um piso de concreto com grama em seus vazios, de forma a permitir a infiltração das águas, que atua minimizando o escoamento superficial. Na pista de rolagem, foi proposta a utilização de concreto poroso (Figura 4.22) ou asfalto permeável (Figura 4.23). Os pavimentos porosos têm a camada superior de revestimento executada de forma similar aos pavimentos convencionais, o que difere é a retirada da areia fina da mistura dos agregados do pavimento.



Figura 4.21: Concregrama  
Fonte: cancelatas, s.d.



Figura 4.22: Concreto poroso  
Fonte: Martins, 2006.



Figura 4.23: Asfalto poroso  
Fonte: Martins, 2006

Os pavimentos permeáveis são compostos por duas camadas de agregados (uma de agregado médio e outra de agregado graúdo) mais a camada do pavimento permeável

propriamente dito; dessa forma, ficam os vazios que permitem a permeabilidade do piso. Foram bastante utilizadas as bioretenções, que são áreas dispostas em cotas mais baixas em relação ao terreno, ajardinadas que usam solos porosos e vegetação para armazenar e filtrar o escoamento superficial. O objetivo é promover a recarga das águas subterrâneas, permitir a evapotranspiração e reduzir o escoamento superficial.

A seguir, serão descritas as propostas acompanhadas de suas respectivas plantas esquemáticas, incluindo a planta atual do estacionamento.

Na planta esquemática atual do estacionamento (Anexo 1) com as espécies existentes hoje no local. A partir do levantamento, procurou-se estabelecer um diagnóstico da situação para que fosse possível a elaboração das propostas.

A drenagem do estacionamento pode ser melhorada com o uso de pavimentos permeáveis no local de parada dos carros.

#### Proposta 1 (Anexo 1)

Na alternativa 1, propõe-se um aumento de 16,5% sobre a área atualmente utilizada, com o intuito de otimização do espaço, além de garantir o conforto ao usuário, obedecendo as normas de dimensionamento de faixas de rolamento e vagas de estacionamento, com o intuito de facilitar o uso do espaço, além de oferecer maior conforto térmico e visual através da vegetação proposta e da utilização de pavimentos permeáveis.

Nesse projeto, as vagas para veículos foram dispostas à 45°. Essa posição facilita a entrada e saída de veículos. Todos os pavimentos do estacionamento são permeáveis, de modo a facilitar a infiltração da água pluvial no solo e sua contenção nos reservatórios localizados sob o passeio de pedestres.

O pavimento proposto para as vagas de veículos é o concregrama; na pista de rolagem utilizou-se o asfalto poroso, nas calçadas para pedestres foi usado o concreto poroso.

Na calçada próxima à área gramada foi proposto um reservatório enterrado para água de chuva proveniente das bioretenções, dessa forma será filtrada pelas plantas e servirá para a irrigação em seu entorno. Pretende-se dessa forma preservar a água subterrânea (retirada do poço), economizando também a energia que seria usada para bombear essa água. Para calcular as dimensões do reservatório, foram utilizados os “Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo” (Tomaz, 2003, p.52).). De acordo com essa tabela, o volume para gramado ou jardim é de 2 litros por m<sup>2</sup> por dia, portanto, foi calculado o gasto mensal, prevendo-se uma reserva para 10 (dez) dias, o fator utilizado para a frequência foi de 12 (doze) vezes por mês, que resulta em uma frequência 0,4 /mês.

Área estimada x 2 litros x (12/ 30) x 30 dias = 16.000 m<sup>2</sup> x 2 L x 0,4 x 30 =

Gasto mensal = 384.000 litros por mês

Previsão por dez dias = 384.000/3 = 128.000 litros

Após os cálculos para capacidade do reservatório, foi necessário pensar em sua disposição; e como o objetivo é que a água passe pelas bio-retenções para retirada dos poluentes, optou-se por sua colocação embaixo de uma das calçadas e, nessa área (acima do reservatório) o piso não poderá ser permeável, para que não ocorra contaminação. Dessa forma, foram calculados dois reservatórios dispostos ao longo da calçada, que tem 2,00 m de largura. Considerando-se que cada metro linear de reservatório (2,00m de largura / 1,00m de profundidade) terá 2.000 litros, foram necessários 64,00 m de comprimento de reservatório, assim, ficaram 2 reservatórios, cada um com 32,00 m de comprimento. Esse cálculo se aplica também às outras propostas.

#### Proposta 2 (Anexo 2)

Na alternativa 2, propõe-se um aumento de 28% sobre a área atualmente utilizada, com o objetivo de melhorar as condições ambientais e também de conforto ao usuário. Nessa opção, a utilização das áreas verdes (bio-retenção) foi privilegiada de forma a otimizar a absorção de água pelo solo e melhorar o conforto térmico.

Neste projeto, as vagas para veículos estão dispostas perpendicularmente, as variações entre as alternativas buscam avaliar qual alternativa consegue aliar uma melhor utilização dos espaços às melhores condições ambientais.

#### Proposta 3 (Anexo 2)

Na alternativa 3, propõe-se um aumento de 50,44% sobre a área atualmente utilizada, com o objetivo de aumentar o número de vagas, porém mantendo as áreas permeáveis nos pavimentos e também as áreas de bio-retenção, de forma a intensificar o uso da vegetação como forma de controle do ciclo hidrológico e da temperatura, favorecendo a recarga das águas subterrâneas.

Neste projeto, as vagas para veículos estão dispostas perpendicularmente, as variações entre as alternativas buscam avaliar qual alternativa consegue aliar uma melhor utilização dos espaços às melhores condições ambientais. Os pavimentos são os mesmos em todas as propostas, mudam apenas a disposição das vagas e dos canteiros.

A seguir a Tabela 4.5 compara as vantagens e desvantagens de cada opção.

Tabela 4.5: Comparativo de áreas das propostas e número de vagas.

|                                                | <b>Situação atual</b> | <b>Proposta de projeto 1</b>                        | <b>Proposta de projeto 2</b>                        | <b>Proposta de projeto 3</b>                        |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Área total do estacionamento [m <sup>2</sup> ] | 4.536,16              | 5284,3115                                           | 5810,4563                                           | 6824,1045                                           |
| Área total de rolamento [m <sup>2</sup> ]      | 1.913,99              | 1647,7554                                           | 2404,4465                                           | 2407,4465                                           |
| Área pavimento permeável [m <sup>2</sup> ]     | 2622,1769             | 2143,7482                                           | 1830,9634                                           | 2423,8624                                           |
| Número de árvores                              | 67                    | Faz parte da iniciação da acadêmica Ananda Pacífico | Faz parte da iniciação da acadêmica Ananda Pacífico | Faz parte da iniciação da acadêmica Ananda Pacífico |
| Área de bio-retenção [m <sup>2</sup> ]         | 0                     | 1492,8079                                           | 1575,0464                                           | 1992,7956                                           |
| Número de vagas                                | 145                   | 136                                                 | 145                                                 | 195                                                 |

Fonte: Acadêmica Danielle Fabrão

Observa-se que a proposta de projeto 3 apresenta maiores vantagens. As áreas de bioretenção e de pavimento permeável se mostram maiores que nas demais propostas; bem como o número de vagas de estacionamento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Faz-se necessária uma discussão sobre as águas pluviais, seu controle e seu aproveitamento; porém a questão maior engloba os recursos naturais e as questões urbanas. A cidade e a natureza devem ser tratadas como entidades unidas e entrelaçadas em um mesmo espaço visto a cidade ter sido construída com a desconstrução da natureza. Por seu lado, a cidade não consegue conter a natureza e seus processos e, às vezes, a cidade se vê invadida pela natureza de formas diversas. Portanto, os serviços da natureza devem ser usados na cidade e, para isso, não se deve sufocá-la, mas, sobretudo, preservar os recursos existentes e buscá-los onde exista potencial para recuperá-los.

Os parques e áreas verdes urbanos têm papel importante a cumprir, não apenas como lazer ou contemplação, mas, principalmente, como áreas capazes de diminuir os impactos ambientais; onde poderão ser resolvidos problemas de infiltração; evitando, assim, as enchentes e poluição dos córregos, assoreamentos dos corpos de água, erosões e ilhas de calor.

Propostas onde são utilizadas formas de reaproveitamento de águas de chuva, pisos permeáveis, utilização de vegetação de forma estudada e adequada ao meio são, no mínimo, bem-vindas. A UFMS, como instituição de ensino superior, dispõe de todos os meios necessários para a concretização dessas propostas: áreas livres, laboratórios, comunidade acadêmica; portanto o campo para pesquisa é vasto.

Nesse sentido, há necessidade de revisão das normas de construções específicas, de forma que sejam adotadas medidas tanto nas obras públicas como nas obras privadas, quanto aos equipamentos hidráulicos ou em relação às águas pluviais. Muitas medidas e incentivos podem e devem ser adotados no sentido de racionalizar o consumo de água.

Então, dos resultados esperados, considera-se que:

O potencial de armazenamento de água proveniente de chuvas, dentro do Campus da UFMS, pode ser utilizado para uso em limpeza e descarga de sanitários; bem como para a irrigação de jardins e gramados em época de estiagem, aproveitando o espaço disponível de telhados e as lajes (sobre os corredores), numa demonstração que isso é possível e viável; necessitando apenas de alguns ajustes e aprimoramentos, podendo, até mesmo, evoluir para um projeto com aproveitamento de água pluvial para fins potáveis.

Quanto à análise das diferenças de qualidade do escoamento de telhados e do escoamento superficial de áreas de estacionamento, bem como das respectivas exigências do tratamento necessário para utilização, não foi possível a instalação dessa parte do projeto, por questões econômicas e práticas; a instalação dos reservatórios e as propostas dos estacionamentos consumiram o tempo e os recursos disponíveis. Deve, no entanto, ser avaliadas as espécies de plantas indicadas para utilização em bio-retenções, valetas de infiltração, coberturas verdes e outras opções, com a utilização de plantas para melhorar as condições de infiltração e a remoção de poluentes nas águas pluviais.

Com a implantação de vários conjuntos de reservatórios para captação das águas pluviais e a proposta do estacionamento e outras áreas livres da UFMS; seria possível reduzir o volume que seria superficialmente conduzido ao sistema de drenagem do Córrego Bandeira. No entanto, isso não foi dimensionado nessa etapa.

O estudo mostrou que é possível economizar energia elétrica para o sistema de bombeamento dos poços artesianos da UFMS mediante armazenamento significativo de águas pluviais nos reservatórios sobre as lajes. Pode-se afirmar que o sistema funciona, e poderá ser beneficiado com a utilização de mangueiras com redutores para melhorar a pressão e agilizar o processo de limpeza. Será possível a economia de água subterrânea para os processos de limpeza.

O trabalho propõe, também, a reformulação de uma área de estacionamento dotada de pavimentos permeáveis e reservatórios subterrâneos, com a pretensão de avaliar a eficiência das diversas formas de captação das águas e dos tratamentos disponíveis, bem como propor usos possíveis de acordo com a qualidade verificada.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após os estudos realizados, as propostas analisadas, os experimentos avaliados e as análises de água realizadas; chegou-se às seguintes conclusões:

Os problemas abordados e todas as soluções propostas no Campus da UFMS têm aplicabilidade prática, assim, poderão ser montados sistemas permanentes com o monitoramento de professores e acadêmicos para a avaliação da qualidade das águas pluviais e, também, acompanhamento dos índices pluviométricos, estudo de vegetações adequadas e pisos permeáveis entre outras tecnologias que visem contribuir com melhores condições ambientais.

Esses sistemas contribuiriam muito, inclusive para a interdisciplinaridade, pois os trabalhos poderiam ser integrados com reuniões semanais entre os acadêmicos e os orientadores dos vários cursos de graduação.

A integração entre os trabalhos deveria contemplar, também, o estudo das vegetações adequadas para utilização no campus; com a finalidade de melhorar as condições de infiltração umidade do ar, temperatura, entre outras.

As legislações devem ser aperfeiçoadas no sentido de exigir que as águas pluviais sejam infiltradas em suas áreas de origem.

Toda a rede viária e a de drenagem urbana deverão ser revistas e repensadas de acordo com conceitos como a infraestrutura verde ou as LIDs estudadas neste trabalho.

Os projetos das edificações, cidades, parques, loteamentos devem buscar a integração da natureza e seus processos, de uma forma ampla. Para isso, é necessário que os projetistas conheçam o território onde estão pisando.

Vale ressaltar, também, a necessidade de outros estudos acerca da captação e das técnicas de reutilização da água considerando as necessidades do Campus da UFMS.

## REFERÊNCIAS

ARRUDA, A. M. V. **Campo Grande arquitetura, urbanismo e memória**. Campo Grande: UFMS, 2006.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. R. (Org.). **Perspectivas de Gestão Ambiental em cidades Médias**. Rio Claro: UNESP, 2001.

CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005

CARVALHO, E.F. **Meio Ambiente & Direitos Humanos**. 2.ed. Curitiba: Juruá, 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Dicionário de Termos Técnicos de Saneamento Ambiental Português/Inglês- Inglês/Português**. São Paulo: CETESB; 1985.

COSTA JUNIOR, L. L. ; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**: Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, Mar. 2006 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522006000100007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522006000100007&lng=en&nrm=iso)> . Acesso em: 23 out. 2008.

COSTA JUNIOR, L. L. J.; BARBASSA, A. P. Parâmetros de projeto de microreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.1, p. 46-54, jan-mar 2006.

CRUZ, M. A. S.; SILVEIRA, A. L. L. ; TUCCI, C. E. M.. Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. **Revista Brasileira de Recursos hídricos**, v. 3, n.4, p.19-31, out/dez 1998.

CUNHA, A. P. S. R. **Experimento Hidrológico Para Aproveitamento de Águas De Chuva Usando Coberturas Verdes Leves (CVL)**.

DEMANTOVA, G. C.; RUTKOWSKI, E. W. A sustentabilidade urbana: simbiose necessária entre a sustentabilidade ambiental e a sustentabilidade social. **Revista Arquitextos On Line** ano 08, set 2007. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.088/210>>. Acesso em 14 set. 2009.

DIAS, G.F. **Iniciação à Temática Ambiental**. São Paulo: Gaia, 2002.

EMBRAPA. Gado de Corte. **Perfil Socioeconômico de Campo Grande 2007-2008**. Campo Grande, 2008.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: São Carlos, 2004. Disponível em: <<http://www.eesc.usp.br/shs/downloads/technotes/emm/Ara-FAPESP-2004-Relat-final.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

FERNANDES, C. **Microdrenagem**: um estudo inicial. Campina Grande: UFPB, 2002. 192p. Disponível em: <[http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/HDren\\_01.html](http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/HDren_01.html)>. Acesso em: 05 abril 2009.

FILHO, A. T. B.; NUCCI, J. C. Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba, PR. 2005.

FRANCO, M. A. R. **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável**. São Paulo: Anablune/ Edifurb, 2001.

GONÇALVES, J. Um “swale”/vala com mais de 100 metros que atravessa dois pequenos vales, com a forma de um 3. **Permaculturaportugal**, 2010. (online). Disponível em: <[http://permaculturaportugal.ning.com/events/event/show?id=2722171%3AEvent%3A75343&commentId=2722171%3AComment%3A78699&xg\\_source=activity](http://permaculturaportugal.ning.com/events/event/show?id=2722171%3AEvent%3A75343&commentId=2722171%3AComment%3A78699&xg_source=activity)>. Acesso em: 12 mar. 2009.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Curitiba: Organic Trading, 2002.

HINMAN, Curtis Project lead and editor: Bruce Wulkan Illustrations: AHBL Civil and Structural Engineers and Planners, except where noted Additional editorial assistance/proofreading: Harriet Beale and TC Christian. Publication No. PSAT 05-03 To obtain this publication in an alternative format, contact the Action Team’s ADA Coordinator at (360) 725-5444.

HOUGH, M. **Naturaleza e ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

HOUGH, M. **Naturaleza Y Ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1995.

HOUGH, M. **Naturaleza Y Ciudad**. Barcelona: Gustavo Gili S.A., 1995.

HOUSEHOLD – WATER – TREATMENT. Prepared by Brian Skinner and Rod Shaw. WELL - WATER AND ENVIRONMENTAL HEALTH AT LONDON AND LOUGHBOROUGH (WELL) is a resource centre funded by the United Kingdom's Department for International Development (DFID) to promote environmental health and wellbeing in developing and transitional countries. It is managed by the London School of Hygiene & Tropical Medicine (LSHTM) and the <http://www.lboro.ac.uk/well/>.

JUNIOR et al. Parametros de projeto de microrreservatório, de pavimentos permeáveis e de previsão de enchentes urbanas.

LOW IMPACT DEVELOPMENT- TECHNICAL GUIDANCE MANUAL FOR PUGET SOUND. January-2005 Puget Sound Action Team. Washington State University Pierce County Extension. Disponível em [http://www.rhama.net/artigos\\_interna.asp?cat=1](http://www.rhama.net/artigos_interna.asp?cat=1)

MASCARÓ, J.L. **Loteamentos Urbanos**. 1.ed. Porto Alegre: Mais Quatro, 2003.

MASCARÓ, J.L. **Loteamentos Urbanos**. 1.ed. Porto Alegre: Mais Quatro, 2003.

\_\_\_\_\_. **Vegetação Urbana**. 2.ed. Porto Alegre: Mais Quatro, 2005

MASCARÓ, J.L.; YOSHINAGA, M. **Infraestrutura Urbana**. Porto Alegre: Mais Quatro, 2005.

MATTOS, A.; VILLELA, S.M. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

Model Low Impact -Development Strategies for Big Box Retail Stores - The Greening of Surface Water Management Methods for Large Format Retailers, July 2007. This report was prepared by Department of Natural Resources and Parks - Water and Land Resources Division. Disponível em: [www.kingcounty.gov/wlr/](http://www.kingcounty.gov/wlr/)

MORETTI, R. S.; NISHIHATA, N. M. Melhorias do manejo de águas pluviais urbanas: possibilidades associadas aos estacionamento. In: Encontro Nacional de Tecnologia em Ambiente Construído, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. 1992. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/declaracaoagua.html>. Acesso em 14 set. 2009.

P.O. Box 40900 Olympia, WA 98504-0900 (360) 725-5444 / (800) 54-SOUND. Disponível em: [www.psat.wa.go](http://www.psat.wa.go)

PMCG - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. Instituto Municipal de Planejamento Urbano e Meio Ambiente – PLANURB. **Carta de Drenagem de Campo Grande**. Campo Grande, 1997. Disponível em: <http://www.pmcg.ms.gov.br/index.php?s=44&location=29&idFile=20>. Acesso em: 05 maio 2008.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. **Diretrizes Básicas Para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. São Paulo, 1999. 289 p. Disponível em <http://www.fcth.br/public/cursos/canaismares/md.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2009.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

ROMERO, M.A.B. **Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. M. . Desenvolvimento urbano de baixo impacto. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul RS-SC-PR, 2005. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/cfs/Aguasul2005%20-%20Desenvolvimento.pdf>>.

SPIRN, A.W. **O Jardim de Granito**. São Paulo: USP, 1995.

SPIRN, A.W. **O Jardim de Granito**. São Paulo: USP, 1995.

TASSI, R; VILLANUEVA, A. O. N. Análise à escala de bacia do controle obtido com a implementação de microrreservatórios de lote. In: Simpósio de Recursos Hídricos, 15., 2003. Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABRH, 2003. v. 1, p. 1-725.

The Action Team's TDD number is (800) 833-6388. Cover art, clockwise from top of page: Green street concept (AHBL). Vegetated roof, Multnomah County building in Portland, Oregon (Erica Guttman). Permeable concrete walkway and parking area, Whidbey Island (Greg McKinnon). Permeable paver detail (Gary Anderson). Bioretention swale, Seattle (Seattle Public Utilities). PIN pier section (Rick Gagliano).

TOMAZ, P, **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Água no meio urbano**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. UFRS: Pelotas, 1997.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. V. 5. Porto Alegre: UGRGS, 1995.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I. H.; NETTO, O. M. C. **Gestão da Água no Brasil**. 2 ed. Brasília: UNESCO, 2003.

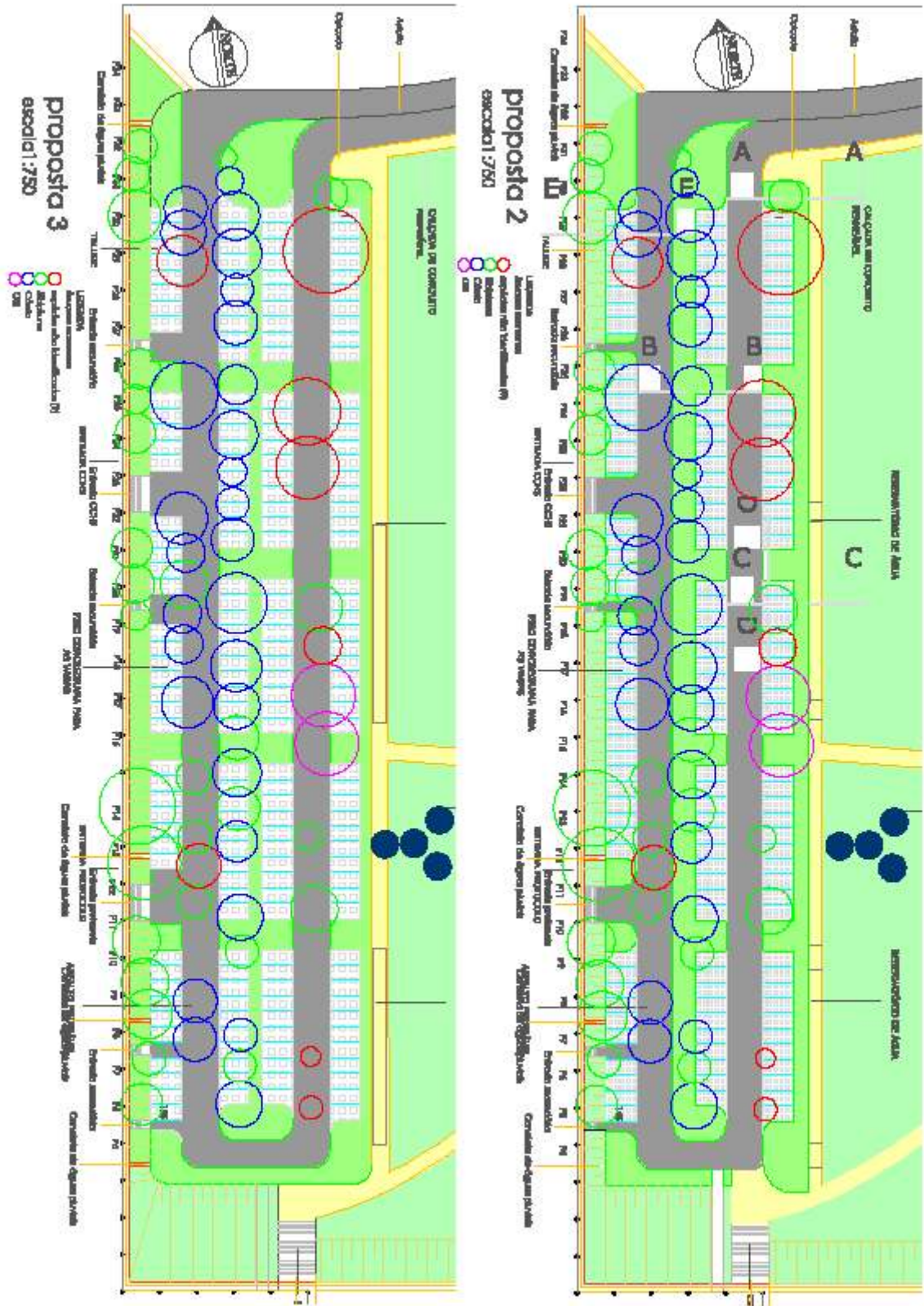
TUCCI, C.E.M. Apresentação dos rios da cidade. In: METROPOLAN. **Os rios da cidade: as enchentes na evolução urbana na região metropolitana de Porto Alegre**. Porto Alegre: Metroplan, 2001, p.5-10.

TUCCI, C.E.M.; P. ARAÚJO, P.; GOLDENFUM, J. **A avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial**. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5 n.3, p.21-28, jul/set 2000.

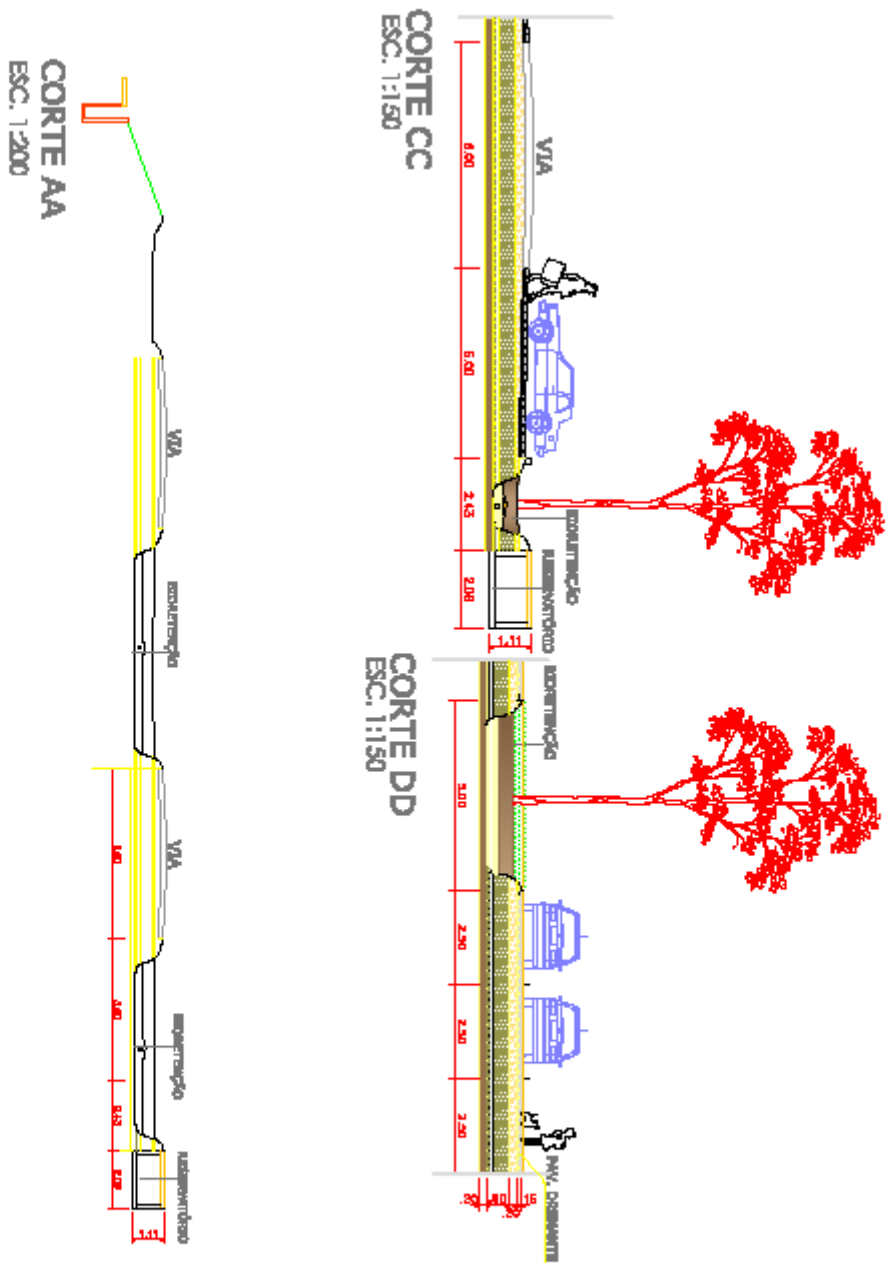
VECCHIA, F. ; PELLEGRINO, O. **Gestão de Políticas Públicas Voltadas ao Processo de Construção Habitacional e Transferência de Tecnologia**. FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo: São Carlos, 2002.



## ANEXO 2



ANEXO 3



## APÊNDICE 1



### **Declaração Universal dos Direitos da Água**

A ONU redigiu um documento em 22 de março de 1992 - intitulado "Declaração Universal dos Direitos da Água"

O texto merece profunda reflexão e divulgação por todos os amigos e defensores do Planeta Terra, em todos os dias.

**1** - A água faz parte do patrimônio do planeta. Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão, é plenamente responsável aos olhos de todos.

**2** - A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.

**3** - Os recursos naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia.

**4** - O equilíbrio e o futuro de nosso planeta dependem da preservação da água e de seus ciclos. Estes devem permanecer intactos e funcionando normalmente para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Este equilíbrio depende em particular, da preservação dos mares e oceanos, por onde os ciclos começam.

**5** - A água não é somente herança de nossos predecessores; ela é, sobretudo, um empréstimo aos nossos sucessores. Sua proteção constitui uma necessidade vital, assim como a obrigação moral do homem para com as gerações presentes e futuras.

**6** - A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo.

**7** - A água não deve ser desperdiçada, nem poluída, nem envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com consciência e discernimento para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis.

**8** - A utilização da água implica em respeito à lei. Sua proteção constitui uma obrigação jurídica para todo homem ou grupo social que a utiliza. Esta questão não deve ser ignorada nem pelo homem nem pelo Estado.

**9** - A gestão da água impõe um equilíbrio entre os imperativos de sua proteção e as necessidades de ordem econômica, sanitária e social.

**10** - O planejamento da gestão da água deve levar em conta a solidariedade e o consenso em razão de sua distribuição desigual sobre a Terra.

Fonte: ONU (Organização das Nações Unidas).