

Universidade de São Paulo  
Escola de Engenharia de São Carlos  
SHS 0382 - Sustentabilidade e Gestão Ambiental

PLANO DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO CAMPUS II DA  
USP DE SÃO CARLOS

Aline Pacheco Costa 7174244  
Ana Luisa Escorza da Silva 7174327  
João Wanderley Freire 7243199

Julho de 2014

## Sumário

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 6  |
| 2. OBJETIVO.....  | 6  |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....   | 6  |
| 3.1 Bacia do Mineirinho.....  | 6  |
| 3.2 Projeto “Captação de água pluvial para irrigação de área verde com vistas à recuperação do paisagismo no IB – USP”.....   | 7  |
| 3.3 Projeto “Campanha de conscientização rumo a uma EEL mais sustentável e troca dos destiladores por purificadores de osmose reversa para produção de água a ser utilizada em laboratórios”..... | 8  |
| 3.4 Projeto “Utilização da Água de Chuva: Faculdade de Saúde Pública da USP” (São Paulo, 2013).....   | 8  |
| 4. METODOLOGIA.....   | 9  |
| 4.1 Etapas da elaboração do plano.....  | 9  |
| 4.2 Estrutura do Plano.....   | 9  |
| 5. RESULTADOS.....  | 10 |
| 5.1 Sistema de Captação da água do campus II da USP de São Carlos.....  | 10 |
| 5.2 Usos das águas no campus.....   | 13 |
| 5.3 Drenagem das águas pluviais.....  | 15 |
| 5.4 Geração de Esgoto.....  | 19 |
| 5.5 Área Construída.....  | 19 |
| 5.6 Fluxo de pessoas.....   | 21 |
| 6. ESTRUTURAÇÃO DO PLANO.....   | 21 |
| 6.1 Programa de aproveitamento das águas pluviais.....  | 22 |
| 6.1.1 Projeto de reuso para irrigação.....  | 23 |
| 6.2 Programa de controle de Perdas e Desperdícios.....  | 26 |
| 6.2.1 Projeto de redução na rede.....   | 26 |
| 6.2.2 Projeto de reduções pontuais.....   | 28 |
| 6.3 Programa de Drenagem.....   | 30 |
| 6.3.1 Projeto de valetas de infiltração.....  | 30 |
| 6.3.2 Projeto das matas ciliares.....   | 33 |
| 6.3.3 Projeto de educação ambiental.....  | 34 |
| 7. PRÓXIMAS ETAPAS.....   | 35 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 35 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Dados Pluviométricos de São Carlos.....              | 27 |
| Tabela 2 - Volume aproveitável de águas pluviais.....           | 24 |
| Tabela 3 - Balanço de volume de água para irrigação.....        | 25 |
| Tabela 4 -Índices percentuais de perdas.....                    | 26 |
| Tabela 5 – Fases do Projeto de Redução de Rede.....             | 27 |
| Tabela 6 – Vazões das torneiras do prédio de Eng Ambiental..... | 29 |
| Tabela 7 – Fases do Projeto de Redução Pontual.....             | 29 |
| Tabela 8 – Meta do projeto de valetas de infiltração.....       | 32 |
| Tabela 9 – Meta do projeto de matas ciliares.....               | 33 |
| Tabela 10 – Meta do projeto de educação ambiental.....          | 35 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - <b>Bacia do Mineirinho</b> .....   | 7  |
| Figura 2 - Etapas do Plano de Trabalho .....  | 9  |
| Figura 3 - Estrutura do Plano.....  | 10 |
| Figura 4 - <b>Captação e reservação da água do campus 2</b> .....                       | 11 |
| Figura 5 - <b>Tanque de cloração e bomba dosadora</b> .....                             | 12 |
| Figura 6 - <b>Casa de bombas</b> .....  | 12 |
| Figura 7 - <b>Banheiro do prédio de Engenharia de Materiais</b> .....                   | 14 |
| Figura 8 - <b>Privada acoplada do prédio da Engenharia de Materiais da área 2</b> ..... | 14 |
| Figura 9 - <b>Água drenada chegando no córrego Mineirinho</b> .....                     | 15 |
| Figura 10 - <b>Caixa de escoamento de água pluvial</b> .....                            | 16 |

## **RESUMO**

Neste Plano de Gestão de Águas do Campus 2 analisa-se a presente situação de perdas, usos e possíveis reutilizações das águas da área 2 da Universidade de São Paulo localizada em São Carlos. Possuindo como objetivo um uso mais consciente e em menor quantidade, este Plano estuda a aplicação de outros projetos realizados na USP de São Paulo que obtiveram sucesso.

## **1. INTRODUÇÃO**

A sustentabilidade procura um equilíbrio entre o social, econômico e ambiental, visando manter a qualidade de vida das populações atuais e futuras. Assim planos de gestão como esse devem ser criados com o objetivo de indicar diretrizes para que instituições e empresas possam realizar suas atividades tendo em vista a sustentabilidade.

A Política Nacional de Saneamento Básico tem como meta a universalização do saneamento básico, incluindo assim abastecimento de água para todos, coleta e tratamento de esgoto, e coleta e tratamento dos resíduos sólidos. E a Política Nacional de Recursos Hídricos coloca que a utilização destes recursos tem como uso prioritário em caso de escassez o consumo humano e a dessedentação de animais. Para que essas políticas sejam seguidas, se faz necessária a preservação dos recursos hídricos.

Neste contexto, este Plano de Gestão das Águas propõe programas de controle de perdas e desperdício, de drenagem e de captação de água pluvial para reuso, visando assim a preservação deste recurso natural tão precioso que é a água.

Esse plano tem relação com outros planos de gestão do campus 2, e eles devem ser integrados entre si, com a criação de comissões que avaliarão suas relações e propostas para poder implementá-las da melhor forma possível.

## **2. OBJETIVO**

Elaboração do plano de gestão das águas da área 2 do campus da USP de São Carlos.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1 Bacia do Mineirinho**

O campus 2 da USP São Carlos se situa dentro da bacia do mineirinho. A figura 1 mostra esta bacia vista pelo Google Earth.



Figura 1 - **Bacia do Mineirinho**  
Fonte: (Rafael Tarpani, 2008)

O trabalho “Avaliação ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mineirinho” – São Carlos/SP” (TARPANI, 2008) analisa a bacia hidrográfica do córrego do Mineirinho, localizada na cidade de São Carlos/SP, de um modo amplo, analisando os aspectos ambientais, sociais e físicos, em busca de informações e pontos de interesse para uma ação mais efetiva para uma futura recuperação da microbacia hidrográfica. O trabalho indica vários problemas de erosão e contaminação por vazamento de esgoto em pontos da bacia, não foi analisado nenhum ponto dentro do campus 2 da USP.

### 3.2 Projeto “Captação de água pluvial para irrigação de área verde com vistas à recuperação do paisagismo no IB – USP”

Como exemplos de projetos da Superintendência de Gestão Ambiental da USP (SGA) temos o projeto “Captação de água pluvial para irrigação de área verde com vistas à recuperação do paisagismo no IB – USP”, que tem como objetivo a utilização de água pluvial para irrigação da área verde no entorno do prédio do Departamento de Botânica, na Universidade de São Paulo. A irrigação é necessária para o paisagismo do local e para isso é utilizada água potável. Com esse projeto, além da economia de água, haveria também a conservação de espécies nativas, inclusive ameaçadas, que lá são cultivadas. A água pluvial é coletada e direcionada para um filtro e depois para dois reservatórios instalados abaixo do solo. A água seria coletada nos meses de maior pluviosidade, entre dezembro, janeiro e fevereiro, e depois seria utilizada nos meses de junho, julho e agosto.

3.3 Projeto “Campanha de conscientização rumo a uma EEL mais sustentável e troca dos destiladores por purificadores de osmose reversa para produção de água a ser utilizada em laboratórios”

Um dos projetos da SGA, Superintendência de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo, intitulado “Campanha de conscientização rumo a uma EEL mais sustentável e troca dos destiladores por purificadores de osmose reversa para produção de água a ser utilizada em laboratórios” da Escola de Engenharia de Produção de Lorena de 2003, possui alternativa interessante para economia de água substituindo-se um tipo de material dos laboratórios. O projeto demonstrou que a eficiência na troca de destiladores convencionais por purificadores de osmose reversa em laboratórios para produção de água destilada. Aparelhos de osmose reversa são mais eficientes e vantajosos, economizam água e energia e o dinheiro investido retorna em pouco tempo, no caso do projeto em Lorena seria de apenas 2 meses.

3.4 Projeto “Utilização da Água de Chuva: Faculdade de Saúde Pública da USP” (São Paulo, 2013)

O intuito do projeto é a coleta e aproveitamento de águas pluviais na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e foi realizado por alguns professores da mesma. A área construída é de 9632m<sup>2</sup> e a área de captação é de 777m<sup>2</sup>. A primeira parte trata-se do dimensionamento e coleta das águas para reposição de um espelho d’água, lavagem de veículos, lavagem do pátio e irrigação do jardim. A segunda parte trata sobre a expansão do projeto para reutilização da água nas bacias sanitárias do prédio. Pelos cálculos do projeto, 974,75 m<sup>3</sup> de água serão aproveitáveis de toda água pluvial coletada (1083,06 m<sup>3</sup>) e todos os usos serão supridos a não ser nos meses de junho, julho e agosto, em que somente 75%, 9% e 4% da demanda de água é alcançada, respectivamente. Isso acontece porque o reservatório utilizado não tem as dimensões adequadas para o volume necessário a ser armazenado, mas como isso demanda gastos, essa etapa será corrigida apenas na segunda parte do projeto, na expansão. No projeto foram calculados os gastos em relação aos materiais e equipamentos de obra, materiais para irrigação e serviços, totalizando em R\$43.880,07.

### 3.5. Observações sobre a revisão bibliográfica

Pela revisão tem-se a localização da bacia em que se encontra a universidade e onde é apontado vários problemas em relação à bacia. É mostrado também uma sugestão de uso de água pluvial para irrigação e como realizar o projeto. Outra sugestão de uso é a reposição de

espelho d'água, lavagem de pisos e irrigação de jardim. Neste projeto é mostrado como é feito o dimensionamento e planejamento dessa água pluvial captada.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Etapas da elaboração do plano

Inicialmente foi definido um plano de trabalho com etapas (Figura 2) a serem trabalhadas para a execução do plano.



**Figura 2** - Etapas do Plano de Trabalho

### 4.2 Estrutura do Plano

A demanda deste plano vem em função das Políticas Nacionais (de Saneamento Básico e de Recursos Hídricos), e para a execução do plano foi criado programas para as diferentes áreas abordadas dentro deste tema de recursos hídricos, e os projetos vêm para executar os programas propostos de uma forma mais detalhada.



**Figura 3 - Estrutura do Plano**

## **5. RESULTADOS**

### **5.1 Sistema de Captação da água do campus II da USP de São Carlos**

A captação da água é feita por meio de um poço artesiano profundo, localizado próximo ao Restaurante Universitário. Tanto a captação quanto a distribuição da água são autônomas, feita pela USP, mas o SAAE cobra 40% em cima do valor da água captada, por considerar que esta é a porcentagem da água que gera esgoto que tem como destino a rede pública, segundo o engenheiro de obras da universidade.

A captação e reservação da água ocorrem da seguinte maneira: (i) a água é captada por meio de uma bomba afogada, que escoar a água por uma tubulação até o lugar onde ela é clorada através de uma bomba dosadora (ii) e logo após isso a água é bombeada para o reservatório de armazenamento (iii). Essa água é então, de acordo com a demanda, bombeada por bombas que ficam armazenadas em uma casa de bombas (iv) para o reservatório elevado (v), que se encontra da cota piezométrica necessária para gerar realizar a distribuição por gravidade. A figura 4 mostra a localização destas estruturas.

Foi realizado um estudo no aquífero antes de sua perfuração, e viu-se que ele suporta uma retirada de vazão de 50m<sup>3</sup>/h. Nesse estudo foi feito um perfil geológico, teste de vazão, etc. Este obteve uma outorga (aprovando o uso) pelo DAEE através de estudo realizado em 2002. São 6 reservatórios elevados espalhados pelo campus.

A Faber Castell construirá um novo poço artesiano próximo ao campus 2, onde a USP pensa em futuramente usar também esta água (pagando para a SAAE), segundo o Engenheiro responsável pelo campus, sendo a mais ou menos 1 km de distancia entre os poços. Seria interessante o uso deste segundo poço para quando o primeiro entra em manutenção preventiva (pois o poço não tem bomba reserva), ou se der algum problema na bomba, pois, segundo o Engenheiro Élio, problema de falta de quantidade de água não ocorrerá pelo menos nos próximos 10 anos. E, se ocorrer, segundo a Superintendência do espaço físico a única mudança será que a bomba trabalhará em um tempo maior, para trazer um volume maior.



Figura 4 - **Captação e reservação da água do campus 2**  
Data: Junho 2014



Figura 5 - Tanque de cloração e bomba dosadora  
Data: Junho 2014



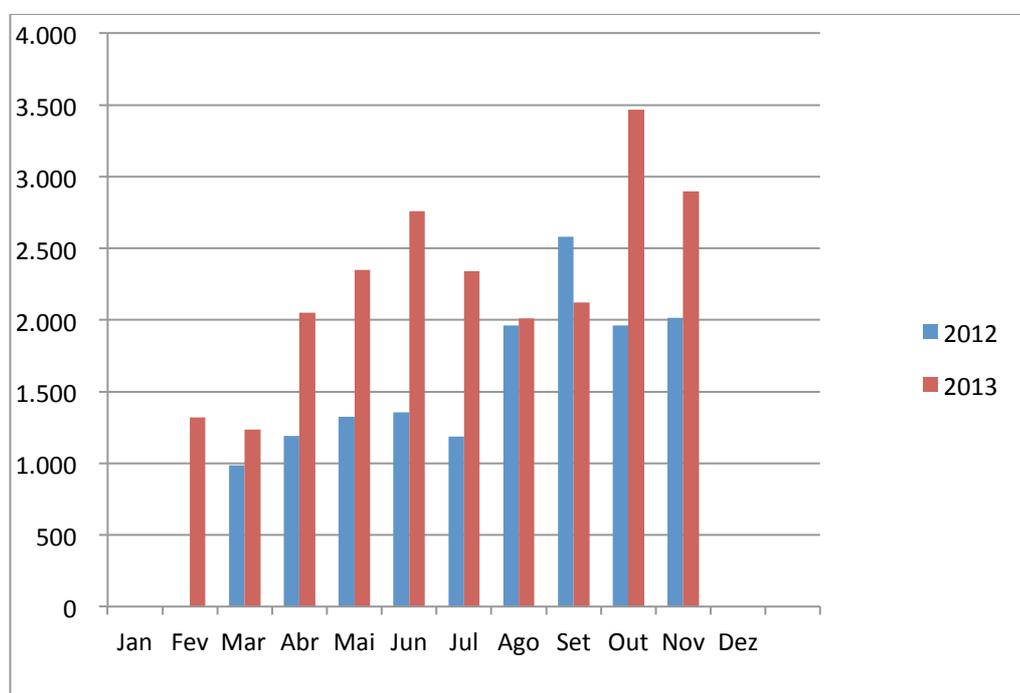
Figura 6 - Casa de bombas  
Data: Junho de 2014

## 5.2 Usos das águas no campus

O que gasta mais água no campus 2 é o Restaurante Universitário. Nele é preparada a comida que será consumida no campus 1 e no campus 2, no campus 1 eles só montam os pratos.

Com planilhas dos gastos de água (medido por hidrômetros), montou-se um gráfico (Gráfico 1), no qual fica visível o aumento no consumo de água na área 2 do ano de 2012 para o ano de 2013.

As pias são temporizadas (figura 7) e vasos sanitários tem caixa acoplada (figura 8).



**Gráfico 1** – Consumo em m<sup>3</sup> nos anos de 2012 e 2013



Figura 7 - Banheiro do prédio de Engenharia de Materiais

Data: Junho 2014



Figura 8 - Privada acoplada do prédio da Engenharia de Materiais da área 2

Data: Junho 2014

### 5.3 Drenagem das águas pluviais

O campus 2 da USP de São Carlos possui um sistema de drenagem que percorre toda a extensão da área construída. As águas pluviais que precipitam sobre o campus são encaminhadas por meio de tubulações subterrâneas até estruturas denominadas “colchões reno”, localizadas próximas aos córregos, utilizadas para revestir e proteger a área de desagüamento destas; amortecendo os efeitos de erosão e fazendo com que a água perca energia para em seguida escoar sub e superficialmente até os córregos que se encontram dentro do campus.

Porém mesmo com a diminuição da energia, o volume de água direcionado para os córregos provoca picos de vazão nos mesmos, visto que devido ao aumento da área construída (impermeabilizada) diminui a área de infiltração, o aumento da vazão acarreta em um acréscimo na velocidade da água e no arraste de sedimentos, rebaixando o leito dos córregos e afetando o ecossistema local.

Dentre as novas edificações em construção no campus existem projetos de reuso de água pluvial em dois edifícios, nos quais esta será reutilizada nas caixas sanitárias dos mesmos. Quanto o reuso de águas em edifícios já construídos, não há no momento ações previstas para tal.



Figura 9 - Água drenada chegando no córrego Mineirinho  
Data: Junho de 2014



Figura 10 - Caixa de escoamento de água pluvial  
Data: Junho de 2014

Na área onde está instalado o novo prédio do IFSC, encontra-se um problema de drenagem porque os dutos estão levando as águas deste prédio todas para um mesmo ponto do córrego (córrego que fica atrás na ambiental), ocorrendo ali um pico de vazão nos períodos chuvosos, e assim gerando erosão. A figura 11 mostra a localização do instituto de física (em laranja), e as figuras 12, 13 e 14 mostram o escoamento no local.



Figura 11 – Instituto de Física  
Data: Junho de 2014



Figura 12 - Escoamento de água pluvial  
Fonte: (Pedro Zanette, novembro de 2012)



**Figura 13 - Escoamento de água pluvial**  
Fonte: (Pedro Zanette, novembro de 2012)



**Figura 14 – Córrego pós-chuva**  
Fonte: (Pedro Zanette, novembro de 2012)

#### 5.4 Geração de Esgoto

O esgoto gerado no campus 2 é concentrado em três pontos (atrás do prédio da ambiental) e é então destinado a ETE da cidade. Segundo o Engenheiro do campus, esta se pensando em colocar uma calha parshall para medir a vazão deste esgoto, e assim o SAAE poderia cobrar a quantidade exata de esgoto gerada, pois como relatado anteriormente o custo do esgoto é cobrado como sendo 40% do consumo de água.

#### 5.5 Área Construída

Não havia planejamento das edificações no campus 2 até o ano de 2010. O Plano Diretor do campus apenas dividia a área em 10 partes por temas. No começo do ano de 2012 foi criado o sistema de malhas para guiar a escolha da área das edificações, ainda dentro da área de seu tema. O sistema de malhas é criado segundo as direções do vento, quantidade de insolação, direções cardiais, entre outros, direcionando a posição das edificações, segundo explicado pelo engenheiro do campus.

Até o momento a área construída no campus é de 36310,45 m<sup>2</sup>, e novos prédios estão sendo construídos. Depois que é aprovada a localização da nova edificação, tanto a unidade responsável pelo prédio pode ser responsável pela obra, como ela pode repassar esse serviço para a Superintendência do Espaço Físico (SEF). O SEF possui várias ações de racionalização, para que o custo da obra seja menor, para que o material seja padronizado, e também para que sejam aplicados os instrumentos sugeridos pelo programa PURA, como o uso de torneiras temporizadoras e caixas acopladas nos banheiros para menor gasto de água. Os materiais utilizados nas obras precisam ter certificação, já que é de um órgão público, e por isso, nem sempre é possível querer inovar na utilização de novos materiais, como em construções sustentáveis, por isso os prédios sempre são feitos com o mesmo material e é difícil a inovação dos materiais.

O prédio 5 que estará localizado perto do Restaurante Universitário, utilizará água de reuso do próprio prédio para as bacias sanitárias. Os entraves nessa questão são a necessidade de quase o dobro da tubulação para essa água de reuso, que deve estar separada da água potável, da necessidade de uma bomba para recalcar a água de reuso para uma caixa d'água em cima do prédio, também separada da normal, e a falta de existência de normas para o tamanho dessa caixa de reuso. O motivo dessa água ser reutilizada somente nas bacias

sanitárias é a falta de legislação para o uso da mesma, devendo ter algum tipo de tratamento se houver a possibilidade de contato humano com a mesma. Já para reutilização em bacias sanitárias não é necessário um tratamento avançado.



Figura 15 - Mapa do campus 2, de 2013  
 Fonte: Superintendência do Espaço Físico do Campus II

| LEGENDA |                                |
|---------|--------------------------------|
| HACHURA | DESCRIÇÃO                      |
|         | ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE |
|         | ÁREA DE RESERVA LEGAL          |
|         | ÁREA DE SERVIÇÃO               |
|         | SISTEMA VIÁRIO                 |
|         | SISTEMA VIÁRIO (ampliação)     |
|         | EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS        |
|         | EDIFICAÇÕES EM CONSTRUÇÃO      |
|         | FUTURAS EDIFICAÇÕES            |
|         | MALHA COM OCUPAÇÃO PREVISTA    |

Figura 16 – Legenda ampliada da Figura 15 (Mapa do campus 2, de 2013)  
 Fonte: Superintendência do Espaço Físico do Campus II



Figura 17 - **Prédio de Energias em construção**  
Data: Junho de 2014

### 5.6 Fluxo de pessoas

Atualmente no campus 2 da USP São Carlos estão instalados 4 cursos: Engenharia de Computação, Engenharia Aeronáutica, Engenharia Ambiental e Engenharia de Materiais. Outros cursos fazem algumas disciplinas, como laboratórios de Física e Química, por exemplo, no campus 2.

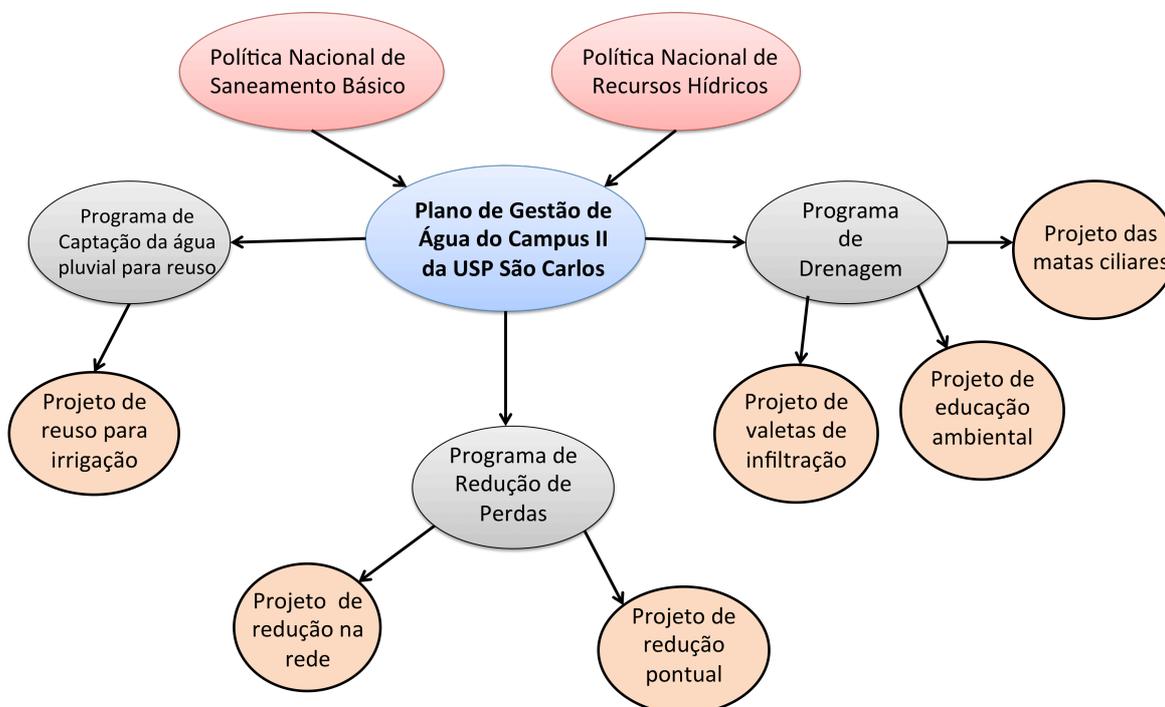
Segundo o setor de Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) a média de alunos que circulam o campus diariamente é de 1000 alunos/dia.

Espera-se um aumento anual neste número, à medida que mais prédios vêm sendo construídos no campus 2, e mais cursos se instalando lá. Segundo a EESC a média de alunos por curso é de 200 a 250 alunos, dependendo do curso.

## **6. ESTRUTURAÇÃO DO PLANO**

No diagnóstico físico do campus ficou mais visível os problemas que ele apresenta em termos de gestão das águas, e com isso configurou-se uma estrutura do como do plano de gestão das águas (figura 18).

O Plano de Gestão foi configurado baseando-se nos objetivos da Política Nacional de Saneamento e da Política Nacional de Recursos Hídricos, pois planos de gestão se fazem imprescindíveis como instrumentos para atingir estes objetivos. O Plano está estruturado em programas, que terão dentro deles projetos a serem executados. Tudo foi em função das demandas levantadas no diagnóstico e de exemplos na revisão bibliográfica.



**Figura 18** – Fluxograma Estrutural do Plano de Gestão

Pelo diagnóstico físico da dinâmica das águas no campus, pensou-se em três opções como ações (por meio de programas) são elas: aproveitamento das águas pluviais (para irrigação e vaso sanitário); controle de perdas e desperdícios por medições individuais; e programa de drenagem. Foi então estudada a viabilidade (custo-benefício) dessas alternativas, e, a partir da concepção de cenários futuros, criaram-se metas de melhorias.

### 6.1 Programa de aproveitamento das águas pluviais

Seria interessante com o intuito de aliviar a demanda da água, preservar a oferta de água para usos múltiplos (Política Nacional de Recursos Hídricos) e redução do lançamento de esgoto.

#### 6.1.1 Projeto de reuso para irrigação

A captação de água pluvial é de fácil execução e pode ter vários destinos. Como ela acaba “lavando” o ar, é interessante fazer o descarte da primeira parte dessa água, sendo 40L para cada 100m<sup>2</sup> de área de telhado. O sistema começa no telhado, onde ocorre a captação. Através de calhas, condutores verticais e horizontais, a água é direcionada para o reservatório intermediário, o da autolimpeza, onde ocorrerá a sedimentação das partículas pesadas. Em seguida, a água vai para o reservatório de acumulação, que deve ser subterrâneo ou no nível do solo, porém coberto. Ele pode ser feito de concreto armado, blocos de concreto, aço, plástico, poliéster, entre outros.

Considerando somente a área da Engenharia Ambiental para estimativa de cálculos e projeção de sistema de coleta e armazenamento, tem-se que a área total de telhados é de 2580,7m<sup>2</sup>, medindo-se pela ferramenta de área do programa AutoCAD do mapa da área 2 fornecida pelo engenheiro de obras. Considerando-se que a captação será feita na metade dessa área, tem-se a área de captação do telhado de 1290,4 m<sup>2</sup>, por não haver necessidade de captação em toda área. A área da Engenharia Ambiental que utiliza água potável para irrigação é de 1731,2m<sup>2</sup>, também calculada pela ferramenta do programa AutoCAD.

Segundo os dados pluviométricos da Estação Climatológica Principal de São Carlos, do Instituto Nacional de Meteorologia, tem-se a tabela 1 com as médias dos anos de 2012 e 2013.

**Tabela 1.** Dados pluviométricos de São Carlos.

| Meses     | Pluviosidade - Média de 2012 e 2013 (mm) |
|-----------|--|
| Janeiro   | 309,9                                    |
| Fevereiro | 166,05                                   |
| Março     | 113,6                                    |
| Abril     | 105,25                                   |
| Maio      | 125,9                                    |
| Junho     | 130,55                                   |
| Julho     | 30,3                                     |
| Agosto    | 12,95                                    |
| Setembro  | 79,05                                    |
| Outubro   | 101,3                                    |
| Novembro  | 170                                      |

|              |                |
|--------------|----------------|
| Dezembro     | 238,2          |
| <b>Anual</b> | <b>1583,05</b> |

Como exposto anteriormente, a cada 100m<sup>2</sup> de área de coleta, deve-se descartar 40L da água pluvial inicial. Como a área do telhado é de 1290,4m<sup>2</sup>, deve-se descartar 516,2L de água inicial, como mostrado na tabela 1. Além disso, deve-se considerar uma perda na captação de água, considerada aqui em 10%. Logo, segundo a Norma Brasileira ABNT NBR 15527/2007 “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, para o cálculo do volume aproveitável das águas pluviais utiliza-se a equação:

$$V = P * A * C * n_{fc}$$

Onde:

V: volume aproveitável das águas pluviais [m<sup>3</sup>]

P: precipitação média anual [m]

A: área de coleta [m<sup>2</sup>]

C: coeficiente de escoamento superficial

n<sub>fc</sub>: fator de captação, eficiência do sistema de captação

O coeficiente de escoamento superficial da cobertura é definido em 1 e o fator de captação é de 90% já que a perda na captação é de 10%.

Obtém-se então o volume aproveitável das águas pluviais, que é o volume total de chuva considerando a perda do descarte inicial e nas tubulações, como observado na tabela 2.

**Tabela 2.** Volume aproveitável das águas pluviais.

| Meses     | Pluviosidade (mm) | Volume pluvial total (m <sup>3</sup> ) | Volume pluvial com descarte inicial (m <sup>3</sup> ) | Volume aproveitável (m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------------|--|---|---------------------------------------|
| Janeiro   | 309,9             | 799,8                                  | 799,2   | 719,3                                 |
| Fevereiro | 166,1             | 428,5                                  | 428,0   | 385,2                                 |
| Março     | 113,6             | 293,2                                  | 292,7   | 263,4                                 |
| Abril     | 105,3             | 271,6                                  | 271,1   | 244,0                                 |
| Mai       | 125,9             | 324,9                                  | 324,4   | 292,0                                 |
| Junho     | 130,6             | 336,9                                  | 336,4   | 302,8                                 |
| Julho     | 30,3              | 78,2                                   | 77,7  | 69,9                                  |
| Agosto    | 13,0              | 33,4                                   | 32,9  | 29,6                                  |
| Setembro  | 79,1              | 204,0                                  | 203,5   | 183,1                                 |
| Outubro   | 101,3             | 261,4                                  | 260,9   | 234,8                                 |
| Novembro  | 170,0             | 438,7                                  | 438,2   | 394,4                                 |
| Dezembro  | 238,2             | 614,7                                  | 614,2   | 552,8                                 |

|       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| Anual | 1583,1 | 4085,4 | 4079,2 | 3671,3 |
|-------|--------|--------|--------|--------|

Na figura 19, observa-se em amarelo as edificações já construídas e em azul claro as que estão sendo contruídas.

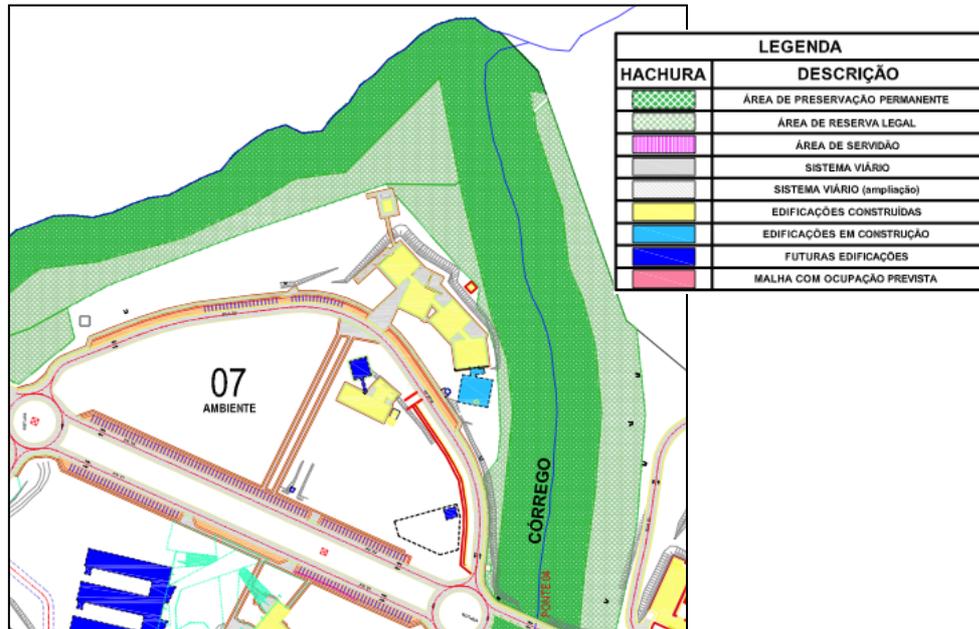


Figura 19 - Área da Engenharia Ambiental.

Considerando-se que o reservatório geral da área 2 de água potável possui  $85m^3$ , estabeleceu-se que o reservatório de água pluvial teria o mesmo volume. As medidas do reservatório seriam de 11,4m x 5m x 1,50m. Portanto, o volume real é de:

$$V_{real} = 11,4 * 5 * 1,50 = 85,5m^3$$

O volume real será a quantidade de água disponível para reúso, tendo que ser descartado o que exceder a esse volume, por exemplo nos meses de maior pluviosidade.

A água pluvial, além da irrigação, pode ser utilizada na lavagem das partes externas ao prédio da Ambiental, considerando-se o volume necessário para a atividade em  $5m^3/mês$ .

Para o cálculo do volume necessário para irrigação foi utilizada a equação de AZEVEDO NETTO (1998):

$$Evp = k * [I * (0,46 * T + 8,13)]$$

Onde:

Evp: Evapotranspiração do vegetal (mm/mês)

k: Coeficiente de estágio da planta (0,5%)

I: Insolação média mensal (%)

T: Temperatura média mensal ( $^{\circ}\text{C}$ )

Na tabela 3 tem-se o balanço do volume necessário e disponível para irrigação.

**Tabela 3.** Balanço de volume de água para irrigação.

| Meses | Pluviosidade (mm) | Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) | Insolação (%) | Evapotranspiração (mm/mês) | Precipitação nas áreas irrigáveis ( $\text{m}^3$ ) | Demand a para irrigação | Balanço |
|-------|-------------------|------------------------------------|---------------|----------------------------|--|-------------------------|---------|
| jan   | 309,9             | 23,2                               | 9,4           | 88,4                       | 536,5  | 153,0                   | 383,5   |
| fev   | 166,1             | 24,2                               | 8,2           | 79,0                       | 287,5  | 136,7                   | 150,7   |
| mar   | 113,6             | 23                                 | 8,6           | 80,5                       | 196,7  | 139,3                   | 57,4    |
| abr   | 105,3             | 21,2                               | 7,8           | 69,7                       | 182,2  | 120,7                   | 61,5    |
| mai   | 125,9             | 20                                 | 7,7           | 66,7                       | 218,0  | 115,5                   | 102,5   |
| jun   | 130,6             | 19,6                               | 7,2           | 61,7                       | 226,0  | 106,9                   | 119,1   |
| jul   | 30,3              | 18                                 | 7,6           | 62,4                       | 52,5   | 108,0                   | -55,5   |
| ago   | 13,0              | 19,5                               | 7,9           | 67,5                       | 22,4   | 116,9                   | -94,5   |
| set   | 79,1              | 21,7                               | 8,1           | 73,4                       | 136,9  | 127,0                   | 9,9     |
| out   | 101,3             | 21,8                               | 8,9           | 80,8                       | 175,4  | 139,9                   | 35,5    |
| nov   | 170,0             | 23                                 | 9             | 84,2                       | 294,3  | 145,8                   | 148,5   |
| dez   | 238,2             | 24,1                               | 9,5           | 91,3                       | 412,4  | 158,0                   | 254,4   |

Pela tabela 3 observa-se que somente nos meses de julho e agosto que a água pluvial não supre a demanda do vegetal de água. Logo, economizaria-se esse volume de água necessário nesses dois meses onde usaria-se água potável, justificando-se a implantação da coleta e armazenamento de água pluvial para outros usos.

## 6.2 Programa de controle de Perdas e Desperdícios

É essencial para a otimização do aproveitamento da água no campus II de São Carlos a instalação de instrumentos de controle e quantificação, a fim de que, por meio destes, torna-se possível à identificação de perdas por falta de manutenção, erros na instalação ou operacionais e a análise de prováveis desperdícios. Assim como, verificar o cumprimento de metas de redução e eficiência do sistema hidráulico.

Deste modo, o programa consiste em 2 projetos, nos quais são apresentadas soluções técnicas, visando a redução de perdas nas diversas fases do abastecimento da água: captação, distribuição e consumo. E ainda reduzir o volume de água captado, visando a minimização do impacto ambiental associado.

### 6.2.1 Projeto de redução na rede

Propõe-se a instalação de aparelhos para micromedição em cada ponto de consumo, de maneira que se contabilize o volume consumido de cada edificação individualmente para fins de controle e estabelecimento de futuras metas de redução e também para verificação das perdas nas tubulações. Ainda, por meio dos dados de volume consumido pode-se determinar prováveis perdas na rede de abastecimento comparando os valores com o volume captado e distribuído. A falta de manutenção e operação eficiente pode ocasionar em uma perda excessiva de água na rede de distribuição de água por meio de vazamentos, fato que pode gerar contaminação da água distribuída, caso não haja pressurização adequada na rede em algum momento da distribuição. Além disso, quanto menor a perda ocorrida no sistema, menor será a necessidade de exploração dos recursos hídricos, o que acarretaria em um menor impacto ambiental. A Tabela 4 mostra a classificação dos sistemas de abastecimento de acordo com suas perdas.

**Tabela 4 – Índices Percentuais de Perdas**

| <b>Índice Total de Perdas (%)</b> | <b>Classificação do Sistema</b> |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Menor do que 25</b>            | Bom                             |
| <b>Entre 25 e 40</b>              | Regular                         |
| <b>Maior do que 40</b>            | Ruim                            |

Fonte: Tsutiya (2005)

**Tabela 5 - Fases do Projeto de Redução na Rede**

| Fase | Etapa      | Descrição   | Duração |
|------|------------|---|---------|
| 1ª   | Licitação  | Realização do processo administrativo para aquisição de serviços e equipamentos para as obras.  | 6 meses |
| 2ª   | Instalação | Instalação dos hidrômetros para micromedição na ligação de cada edifício.   | 6 meses |
| 3ª   | Operação   | Realização das medições e do banco de dados com informações sobre as vazões consumidas.   | 5 anos  |
| 4ª   | Manutenção | Monitorar o balanço hídrico da rede para averiguar possíveis perdas e realizar reparos caso necessário. Trocar os hidrômetros da micromedição no período determinado pelo | 5 anos  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  | fabricante ou a cada 5 anos, dando preferência ao menor período entre estes. |  |
|--|--|--|--|

### 6.2.2 Projeto de reduções pontuais

Do mesmo modo, além de equipamentos para o controle de perdas também é necessária a instalação ou substituição de comandos hidráulicos por aqueles que proporcionem a redução do desperdício, como torneiras e válvulas temporizadas, torneiras de laboratório para usos específicos, válvulas de descarga com acionamento duplo (3 e 6 litros), válvula de descarga temporizada para mictório, etc. A manutenção e regulagem de tais equipamentos, assim como de registros, caracteriza-se como fundamental para a eliminação de vazamentos e a obtenção de um ótimo aproveitamento dos recursos hídricos.

Os equipamentos hidráulicos economizadores de água, aliados aos controles de perdas estabelecidos anteriormente no projeto de redução na rede contribuem para a economia de água diminuindo a pressão sobre o aquífero do qual é captada.

Os prédios instalados atualmente na área 2 do campus da USP em São Carlos possuem torneiras temporizadas instaladas nos toaletes, assim como vasos sanitários com descarga acoplada, sem acionamento duplo e mictórios com descarga temporizada. Porém, sem a devida manutenção tais equipamentos podem não apresentar a funcionalidade requerida, acarretando em desperdícios de água potável.

A resolução NBR 13.713 determina os intervalos permitidos para o volume, tempo e vazão de torneiras temporizadas, apresentados na tabela 3, ao mesmo tempo, os dados para as torneiras do prédio da Engenharia Ambiental instalado na área 2 do campus de São Carlos, evidencia a falta de manutenção e má funcionalidade das mesmas.

Tabela 6 - Vazões das torneiras do prédio da Eng. Ambiental

| Banheiro           | Torneira     | Volume (L) | Tempo (s) | Vazão (L/s) |
|--------------------|--------------|------------|-----------|-------------|
| Feminino 1º andar  | 1            | 2,6        | 18        | 0,14        |
|                    | 2            | 1,6        | 11        | 0,14        |
|                    | 3            | 1,1        | 7         | 0,16        |
|                    | 4            | 1,2        | 8         | 0,15        |
| Feminino térreo    | 1            | 1,4        | 10        | 0,14        |
|                    | 2            | 1,3        | 9         | 0,14        |
|                    | 3            | 1,4        | 10        | 0,14        |
|                    | 4            | 1,2        | 8         | 0,15        |
| Masculino 1º andar | 1            | 0,6        | 10        | 0,06        |
|                    | 2            | 1,5        | 8         | 0,19        |
|                    | 3            | 1,1        | 6         | 0,18        |
|                    | 4            | 1,1        | 8         | 0,14        |
| Masculino térreo   | 1            | 0,5        | 7         | 0,07        |
|                    | 2            | 0,7        | 8         | 0,09        |
|                    | 3            | 1,4        | 7         | 0,20        |
|                    | 4            | 1,3        | 6         | 0,22        |
|                    | <b>Média</b> | 1,2        | 8,8       | 0,14        |
| NBR 13.713         |              | 0,2 a 1,0  | 5 a 10    | 0,04 a 0,10 |

Fonte: Cerveira (2014)

**Tabela 7 - Fases do Projeto de Redução Pontual**

| Fase | Etapa      | Descrição   | Duração |
|------|------------|---|---------|
| 1ª   | Licitação  | Realização do processo administrativo para aquisição de serviços e equipamentos para as obras.  | 6 meses |
| 2ª   | Instalação | Instalação dos equipamentos hidráulicos economizadores de água (torneiras e válvulas temporizadas, torneiras de laboratório para usos específicos, válvulas de descarga com acionamento duplo (3 e 6 litros), válvula de descarga temporizada para mictório). | 6 meses |
| 3ª   | Manutenção | Monitorar os equipamentos realizando a manutenção   | 5 anos  |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | preventiva e corretiva, mantendo-os de acordo com as normas vigentes. |  |
|--|--|---|--|

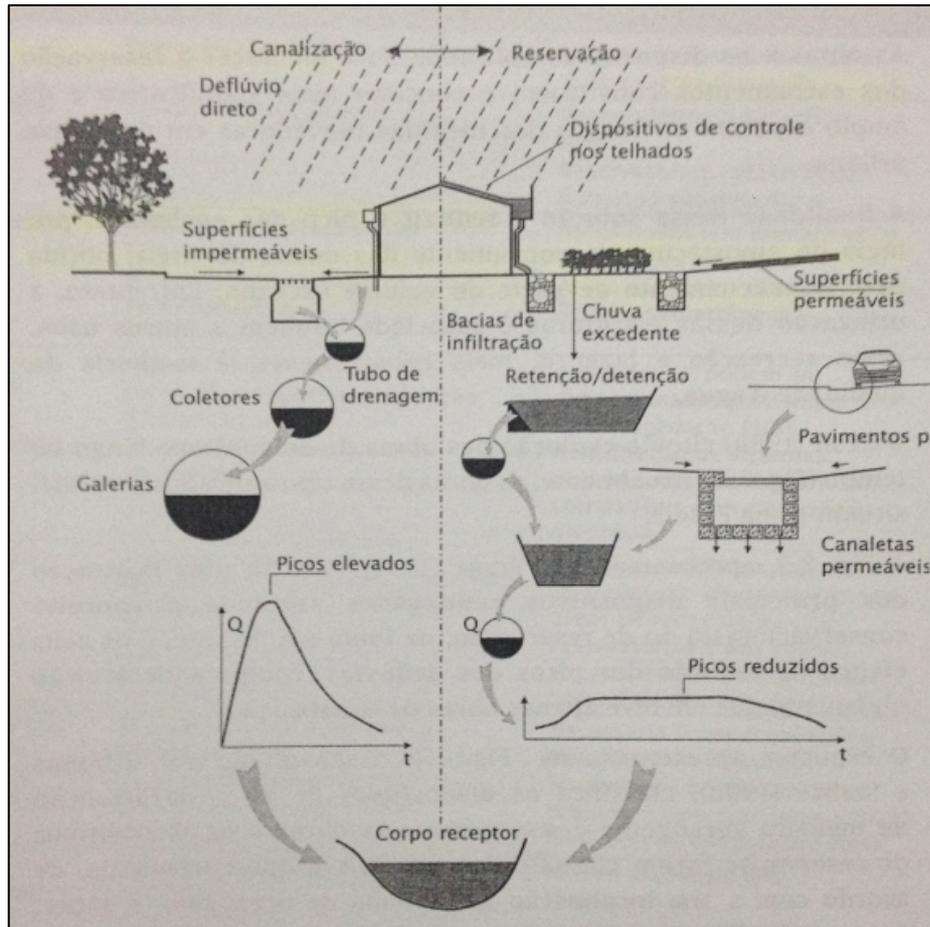
### 6.3 Programa de Drenagem

O constante aumento do adensamento populacional no campus 2 traz em conjunto o aumento das áreas impermeáveis, diminuindo a perda dos armazenamentos naturais das águas e aumentando assim a velocidade e volume do escoamento superficial que chega aos córregos. Para diminuir os impactos ambientais que essas impermeabilizações podem causar, serão propostos neste programa três projetos: projeto de valetas de infiltração, projeto das matas ciliares e projeto de educação ambiental.

#### 6.3.1 Projeto de valetas de infiltração

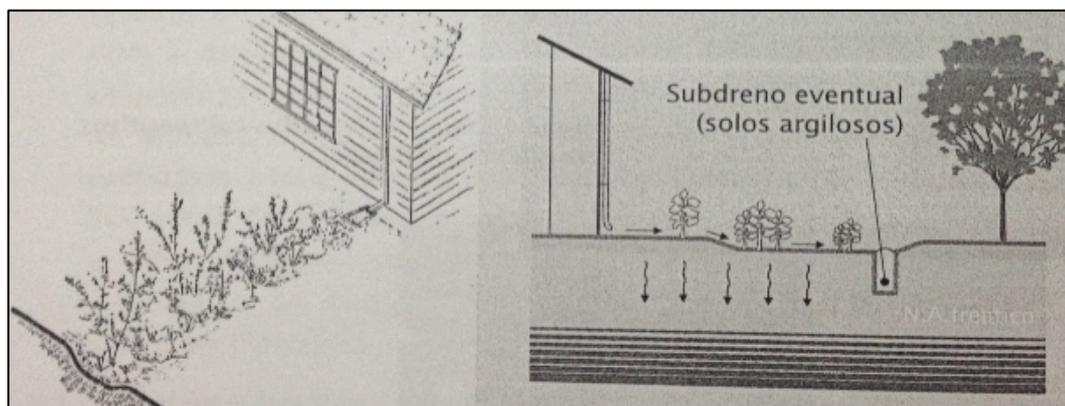
Obras de retenção dos escoamentos são úteis para reduzir o pico das enchentes, por meio do amortecimento conveniente das ondas de cheia, pelo armazenamento de parte do volume escoado.

72% do município de São Carlos se encontra em área de recarga do aquífero Guarani (CETESB, 2014), sendo então um município importante para manter a qualidade e quantidade das águas deste aquífero. Assim, uma alternativa como valetas de infiltração seriam importantes para ajudar na recarga do aquífero, e também evitar os picos de enchentes nos córregos que se encontram no campus, como acontece no córrego da figura 14.



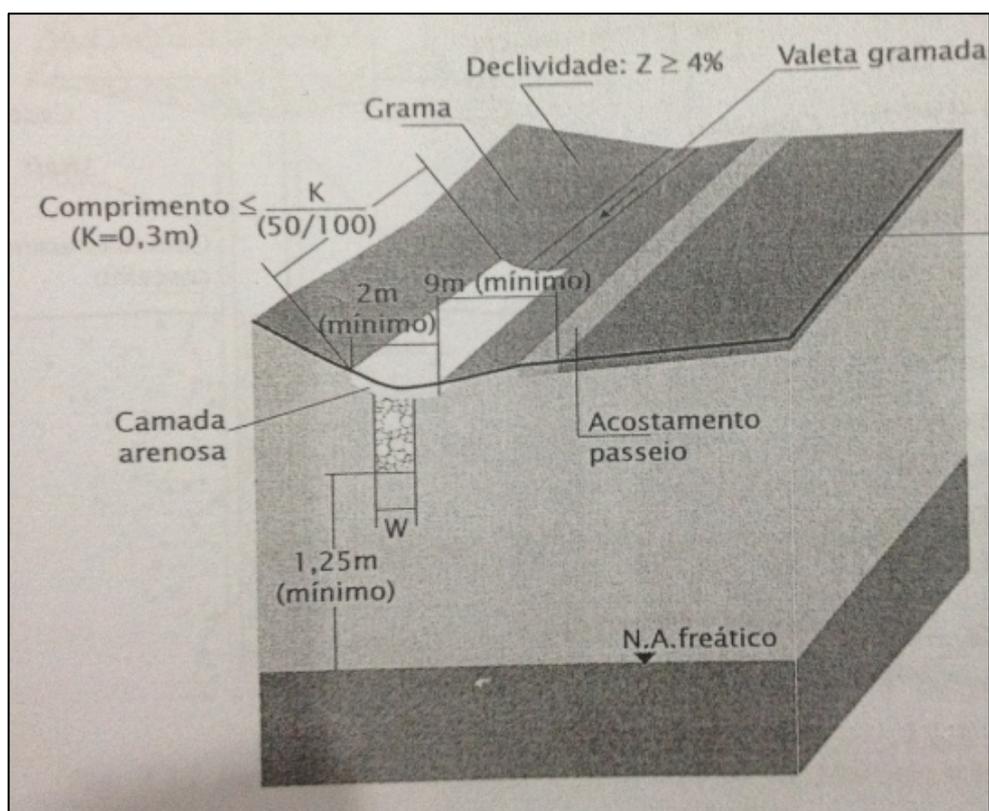
**Figura 20** – Ilustração esquemática dos conceitos de reservação x canalização  
 Fonte: (ALUÍSIO, 2005)

O sistema pensado pelo grupo como o ideal para o campus 2 da USP é o de valetas de infiltração abertas, próximo aos córregos, e com vegetação para conservação da superfície mais permeável do solo, que pode colmatar com a decantação de partículas finas.



**Figura 21** – Ilustração esquemática de uma vala de infiltração aberta  
 Fonte: (ALUÍSIO, 2005)

Esses sistemas seriam instalados como na figura 21, logo após a tubulação que trás as águas do edifício, e antes destas águas chegarem ao córrego. Na valeta não entraria todo o volume de água escoado pela tubulação, mas dó uma parte. As dimensões têm seus valores mínimos indicados na figura 21, e a valeta gramada deve ter declividade menor que 2%.



**Figura 22** – Ilustração das dimensões da valeta de infiltração

Fonte: (ALUÍSIO, 2005)

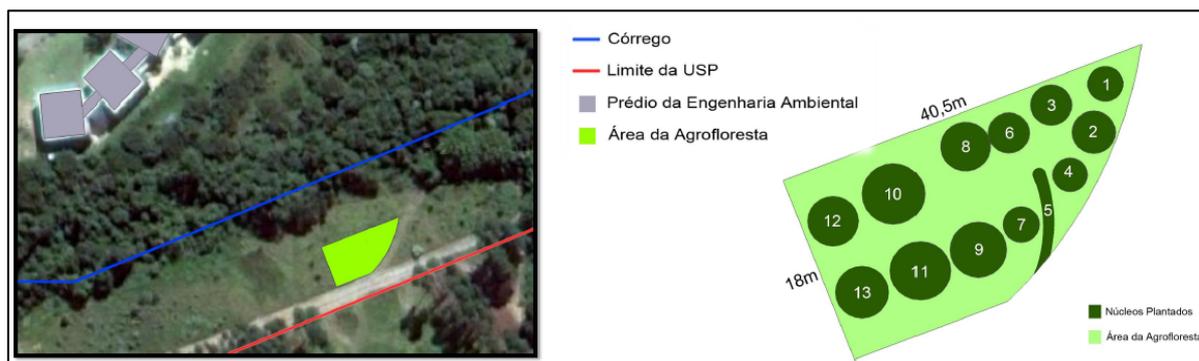
Essa ideia de projeto tem que ser estruturado em conjunto com a Superintendência do Espaço Físico da USP, e com a Sessão de Obras da USP. Para ver a viabilidade técnica, econômica de um projeto como esse. Porém é uma alternativa interessante, principalmente para a drenagem dos prédios novos que ainda estão sendo e serão construídos no campus 2 da USP, para evitar picos de vazão nos córregos.

**Tabela 8** - Meta do projeto de valetas de infiltração

| Meta (Final de 2015)  | Meta (Final de 2016)                                  | Meta (Final de 2017)  | Meta (Junho de 2019)   |
|---|---|---|--|
| Construir valetas de infiltração para a água que escoa do prédio da Física. | Monitorar e concluir a eficiência ou não das valetas. | Se mostrar-se viável ambientalmente a primeira valeta, analisar a viabilidade técnica e econômica da construção de valetas nos prédios que estão em construção no campus 2. | Se mostrar-se viável ambientalmente e economicamente, criar projetos de valetas para os prédios em construção no campus 2. |

### 6.3.2 Projeto das matas ciliares

A conservação das matas ciliares é essencial para a conservação dos recursos hídricos. O GEISA (Grupo de estudos e intervenções socioambientais) dos estudantes da Engenharia Ambiental da USP São Carlos trabalham com a revitalização das matas de uma parte do córrego atrás do prédio da ambiental (figura 23).



**Figura 23** – Área de estudo do projeto de reflorestamento do GEISA  
Fonte: (GEISA, 2014)

Projetos como esse se fazem necessários das áreas em que houverem mata ciliar desmatada. Para isso deve-se fazer um levantamento e monitoramento das matas ciliares de todos os córregos e nascentes que se encontram no campus 2.

**Tabela 9-** Meta do projeto das matas ciliares

| <b>Meta (Junho de 2019)</b>   |
|---|
| Ter realizado o levantamento da condição ambiental de todas as matas ciliares do campus 2, e, através deste levantamento, criar projetos de monitoramento e recuperação (este último só se necessário). |

### 6.3.3 Projeto de educação ambiental

Para a conservação dos recursos hídricos se faz necessário projetos de educação ambiental de forma constante. Para isso seria interessante inserir os alunos de graduação e pós-graduação que tem atividades no campus 2 em projetos de extensão universitária.

O GEISA já trabalha com projetos de educação ambiental em duas escolas situadas na bacia do mineirinho, sendo elas a Bento Gonçalves e a CEMEI (Centro Municipal de Educação Infantil) de São Carlos. Esses projetos trabalham de forma dinâmica com a conscientização ambiental de crianças, através de projetos que mostram a importância da conservação dos córregos (não jogar resíduos, não ocupar as matas ciliares, etc), e também que tratam ciclo do resíduo orgânico através da compostagem (resíduo orgânico → adubo → comida → resíduo orgânico).

Educação ambiental na infância, com crianças, geram adultos mais conscientes ambientalmente, e também estas crianças levam o que aprendem na escola para aplicar em suas casas. Para a preservação das águas dos córregos da bacia do mineirinho, é importante que a população ao seu redor seja consciente. Assim, para aumentar os impactos positivos destes projetos de extensão universitária do GEISA, é necessário que sejam feitos mais projetos, e dos alunos envolvidos. Para isso a USP deve incentivar esses tipos de projeto, não só financeiramente (bolsas de extensão da CCEX – Comissão de Cultura e Extensão Universitária da USP) como também com divulgação deste trabalho (na semana de recepção dos calouros, e em outros espaços) e ajuda de professores da elaboração dos projetos.

Segundo o GEISA, o grupo se encontra hoje com mais ou menos 15 estudantes (todas da Engenharia Ambiental), e atinge cerca de 140 crianças diretamente por suas atividades na escola. Seria interessante aumentar o número de integrantes do grupo não só para atingir mais crianças diretamente, como também para agregar pessoas de outros cursos, e assim trocar conhecimentos e conscientização ambiental que os próprios estudantes da universidade.

Essas atividades custam atualmente 9.600 reais/ano para a CCEX, pois são dois bolsistas recebendo 400 reais/mês cada um. Os projetos foram mandados novamente este ano, porém não foi aceito, pelos problemas financeiros em que a USP se encontra. O ideal seria que as bolsas voltassem, e aumentassem para pelos menos 5 bolsas/ano, custando 24.000 reais/ano para a CCEX, nos próximos 5 anos, para aumentar o número de alunos envolvidos e as escolas contempladas pelos seus projetos.

**Tabela 10** - Meta do projeto de educação ambiental

|                              | <b>Projeto</b>  | <b>Custo</b>     |
|------------------------------|---|------------------|
| <b>Atual (Junho de 2014)</b> | 2 projetos de Educação Ambiental em Escolas da bacia do mineirinho atingindo cerca de 140 crianças diretamente. | 9.600 reais/ano  |
| <b>Meta (Junho de 2019)</b>  | 5 projetos de Educação Ambiental em Escolas da bacia do mineirinho atingindo cerca de 350 crianças diretamente. | 24.000 reais/ano |

## **7. PRÓXIMAS ETAPAS**

Este plano deve ser revisado com uma periodicidade de 5 em 5 anos, para avaliar se as propostas colocadas por este plano.

## **8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CANHOLI, A.P. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. 1ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CECCANTINI, G.C.T; BARBOSA, H.L. *Captação de água pluvial para irrigação de área verde com vistas à recuperação do paisagismo no IB - USP*. Desenvolvimento da Sustentabilidade na USP. São Paulo: Edital 2013. 20p.

GIORDANI, D.S. *Campanha de conscientização rumo a uma EEL mais sustentável e troca dos destiladores por purificadores de osmose reversa para produção de água a ser utilizada em laboratórios*. Desenvolvimento da Sustentabilidade na USP. Escola de Engenharia de Produção de Lorena. Lorena - SP: Edital 2013. 15p

HYDRO. *Programa de uso racional da água da USP (Pura): implementação e resultados*. São Paulo, Maio de 2007, 6p.

TARPANI, R.R.Z., 2008. *Avaliação ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego do Mineirinho*. Monografia apresentada ao curso de graduação em Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

TELLES, D.A.; R.H.P.G. *Reuso de água: Conceitos, Teorias e Práticas*. 1ª edição. São Paulo: Editora Blucher, 2007. 311p.

Site:[www.cetesb.sp.gov.br/agua/Qualidade-da-agua-Subterranea/63-Guarani](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/Qualidade-da-agua-Subterranea/63-Guarani), acessado em: 28/05/2014

CERVEIRA, T. F., 2014. *Avaliação de Construções sustentáveis com aplicação para o edifício da Engenharia Ambiental da EESC/USP*. Relatório de entrega final de projeto de iniciação científica. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 2ª edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo., 2005. 643p.