

## II-146 - REUSO DE ÁGUA: ESTUDO DE EFICIÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO PRED NO LABORATÓRIO DE MEIO AMBIENTE DA PUC-CAMPINAS

**Bruna Brigato Mazzante<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas).

**Juliana Barbosa Palhares Vivaldi**

Mestre em Engenharia Civil, Área de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Docente da Pontifícia Universidade Católica de Campinas e Faculdades Veris

**Sueli do Carmo Bettine**

Doutora em Engenharia Civil, Área de Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas

(UNICAMP). Docente da Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rod. Dom Pedro I, Km 136 – Parque das Universidades – Campinas – São Paulo – CEP: 13086-900 – Brasil – Tel: +55 (19) 3343-7653 – site: <http://www.puc-campinas.edu.br> – e-mail: [palhares\\_ju@hotmail.com](mailto:palhares_ju@hotmail.com) .

### RESUMO

A gestão dos recursos hídricos vem ganhando destaque e é objeto de diversos estudos devido à necessidade de garantir e manter os usos múltiplos da água de forma a atender a crescente demanda das atividades dos setores industrial, comercial, agrícola e o de infra-estrutura social. Esta demanda tem feito do reuso planejado da água uma atividade de grande relevância e que já vêm sendo aplicada no Laboratório de Meio Ambiente da Pontifícia Universidade Católica de Campinas a partir do Projeto Piloto de Reuso dos Efluentes dos Destiladores (VIVALDI *et al.*, 2008). Este trabalho apresenta o estudo de eficiência do sistema PRED no Laboratório de Meio Ambiente da PUC-Campinas, implantado em 2009. Avaliou-se as oportunidades de melhoria para controle do volume de geração de efluente, aumento do consumo de água de reuso dentro e fora do laboratório e expansão do PRED. Os objetivos do trabalho são: agregar valor à sustentabilidade das atividades de um campi universitário, motivar a implantação do PRED nos outros laboratórios da PUC-Campinas que possuem destiladores, economizar recurso financeiro a partir da diminuição do uso de água potável e aprimorar o controle do PRED. Desta forma, baseando-se em métodos pré-definidos, quantificou-se o consumo mensal do sistema de reuso, calculou-se a economia real e concluiu-se que a atividade é viável sob o aspecto financeiro e, especialmente, sob o aspecto ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso de água, Destilador de água, Sustentabilidade, Recursos hídricos, Laboratório de Meio Ambiente.

### INTRODUÇÃO

A água, recurso natural finito, atende os mais diversos usos, por exemplo: geração de energia, navegação, abastecimento público, produção industrial e de alimentos. A fim de garantir essas e outras demandas, nas atividades de gestão dos recursos hídricos são propostas alternativas como a conservação da água e o reúso, que ajudam a minimizar pressões sobre este bem comum. Segundo Ornelas (2004), sempre que a água com a qualidade requerida para determinado uso torna-se um recurso escasso, são buscadas, de forma sistematizada ou não, alternativas de suprimento ou repressão do consumo para que seja restabelecido o equilíbrio oferta/demanda.

Segundo Oliveira (1999) *apud*, Sautchúk (2004) a gestão dos recursos hídricos deve ser avaliada em três níveis sistêmicos: a) Macro: sistemas hidrográficos; b) Meso: sistemas públicos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário; c) Micro: processos prediais e industriais. Sautchúk (2004) afirma que no nível micro, cabe a sociedade valorizar a água como um bem finito, de valor econômico e estratégico para desenvolvimento de suas atividades. A demanda de água de uma edificação pode, e deve, ser otimizada, o que consequentemente, reduz a quantidade de efluentes gerados, contribuindo desta forma com o grau de despoluição dos recursos hídricos, além de contribuir para preservar os suprimentos existentes para as futuras gerações.

Gonçalves *et al.* (2006) apresentam algumas das principais experiências brasileiras: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), Programa Uso Racional de Água (PURA - SABESP), Programa de Conservação de Água da Universidade Estadual de Campinas (Pró-Água - UNICAMP), Programa de Uso Racional de Água da Universidade Federal da Bahia (ÁGUAPURA - UFBA), entre outras.

Moruzzi (2008) indica que o reuso contribui com a diminuição da quantidade captada em mananciais destinados ao abastecimento, com o aumento da vida útil de estações de tratamento de água e com a diminuição dos riscos e custos associados a busca por novos mananciais.

Conforme Silva e Gonçalves (2010), para definir prioridades e locais com maior potencial de redução do consumo de água é necessário realizar um levantamento das maiores fontes consumidoras, assim, em função do consumo de água, da tipologia da atividade desenvolvida e da localização das unidades, definem-se as fases do programa de conservação e/ou reuso de água que deve ser implantado, quais as unidades contempladas e o tempo de duração previsto das intervenções numa Instituição de Ensino Superior (IES).

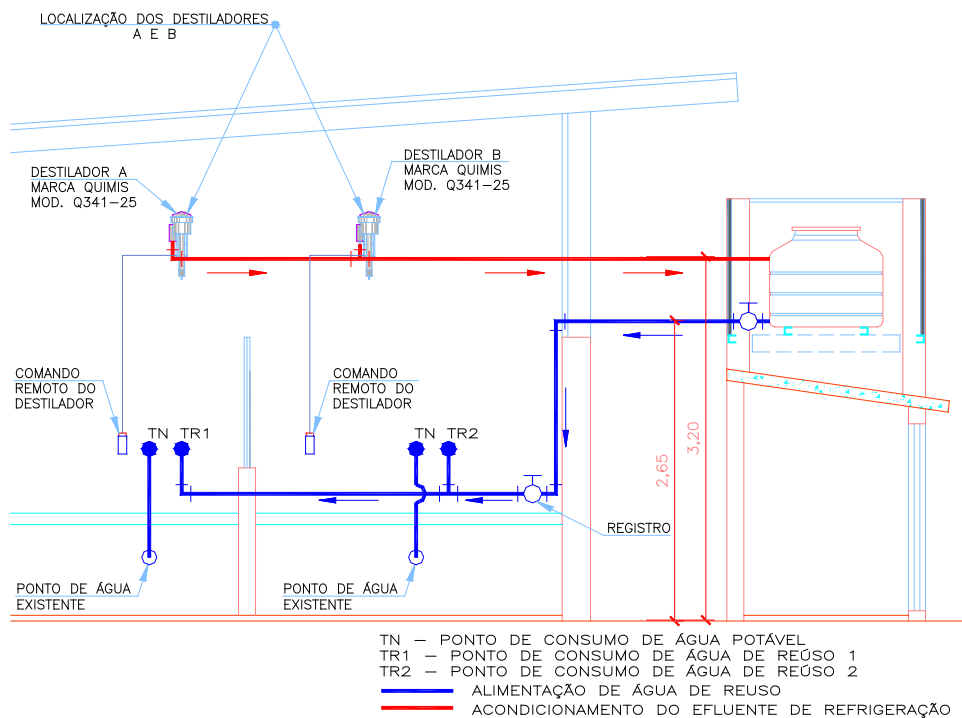
Dessa forma, este trabalho apresenta o estudo realizado sobre a eficiência do Projeto Piloto de Reuso de Efluentes dos Destiladores (PRED), desenvolvido por Vivaldi *et al.* (2008) e instalado em 2009 no Laboratório de Meio Ambiente localizado no Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias (CEATEC) da Universidade PUC-Campinas – Campus I.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O Laboratório de Meio Ambiente possui três equipamentos de destilação em atividade para atender aulas e pesquisas. Conforme Vivaldi *et al.* (2008) somente dois destes destiladores foram contemplados no projeto PRED, sendo o Destilador A (localizado na sala de preparação) e Destilador B (localizado na sala de lavagem). No passado, o efluente gerado era descartado na tubulação de esgoto sanitário e os destiladores estavam instalados em uma altura inferior a atual.

Atualmente o PRED utiliza o volume de efluente gerado pelos dois destiladores em lavagens gerais nas pias do laboratório. A Figura 1 apresenta a vista em corte da instalação do PRED em 2009. Destaca-se na figura 1 o caminho percorrido pelo efluente de refrigeração dos destiladores até a caixa d'água, em polietileno, assim como os ramais que alimentam os pontos de consumo: TR1 – torneira localizada na sala de preparação (pouco uso) e TR2 – torneira localizada na sala de lavagem (uso intenso), com água de reuso.

Em Vivaldi *et al.* (2008), estudou-se a vazão de entrada de água potável adotando-se a vazão de 120 L/h/equipamento, para análise da previsão de consumo em três situações de uso dos equipamentos, sendo 2, 6 e 8 horas por dia de uso. Em seguida, calculou-se o custo de mão de obra (MO) e de materiais (MA) para, na sequência, avaliar a amortização do investimento e que, posteriormente, veio a ser implantado em 2009.



**Figura 1: Vista em corte do sistema PRED.**

No presente trabalho analisou-se a taxa de aproveitamento do efluente de refrigeração, que foi obtida a partir da medição do volume de água destilada produzida e o tempo necessário para esta produção. Utilizou-se uma proveta de 1000 mL e um cronômetro. Apresenta-se na Tabela 1 o resultado das sete medições feitas de abril a agosto de 2010, sendo que a média da produção de água destilada neste período foi de 4 L/h e. Na Tabela 2 indica-se os intervalos de tempo (s) e os volumes de água de reuso na proveta (mL), à partir dos quais foi possível calcular a vazão média da torneira 02 (aparelho mais utilizado), cujo valor é 2,83 L/min.

**Tabela 1: Resultado das sete medições feitas de abril a agosto de 2010.**

Data	Hora inicial	Hora Final	Diferença (horas)	Produção de água destilada (L)
07/04	08:30:00	13:30:00	05:00:00	20,00
12/04	09:50:00	14:30:00	04:40:00	20,00
19/04	10:20:00	16:00:00	05:40:00	20,00
20/04	08:00:00	14:00:00	06:00:00	20,00
20/05	08:36:00	13:40:00	05:04:00	20,00
31/05	08:40:00	13:25:00	04:45:00	20,00
13/08	08:50:00	10:30:00	01:40:00	8,00

**Tabela 2: Média dos resultados do tempo (s) e volume de água de reuso na proveta (mL) obtido através do método descrito e do ponto de consumo torneira 02.**

Medidas	Tempo (s)	Volume (mL)
1	10,22	480
2	10,15	485
3	10,16	490
4	10,13	485
5	10,07	485
6	10,25	485
7	10,06	475
8	10,22	485
9	10,22	480
10	10,28	480
11	10,25	470
12	10,16	470
13	10,09	460
Média:	10,09	479,23

Quantificou-se a água de reuso utilizada para limpeza de vidrarias e outros usos no Laboratório de Meio Ambiente durante um período de 18 dias/mês. Na Tabela 3 demonstra-se que o consumo total de água de reuso para o período foi de 1,542 m³.

**Tabela 3: Resultados das medições feitas no ponto de consumo torneira 02, durante 18 dias.**

	Data	Tempo de utilização da torneira	Tempo expresso em número decimal	Vazão da torneira (L/min)	Consumo (m³)
1	18-ago	00:38:15	38,25	2,80	0,107
2	19-ago	00:21:52	21,87	2,80	0,061
3	20-ago	00:23:38	23,63	2,80	0,066
4	23-ago	00:29:46	29,77	2,80	0,083
5	24-ago	00:21:34	21,57	2,80	0,060
6	25-ago	01:08:45	68,75	2,80	0,192
7	26-ago	00:11:50	11,83	2,80	0,033
8	27-ago	00:38:13	38,22	2,80	0,107
9	30-ago	00:47:24	47,40	2,80	0,133
10	31-ago	00:29:24	29,40	2,80	0,082
11	1-set	00:16:08	16,13	2,80	0,045
12	2-set	00:14:50	14,83	2,80	0,041
13	9-set	00:21:59	21,98	2,80	0,061
14	10-set	00:38:11	38,18	2,80	0,107
15	20-set	00:36:20	36,33	2,80	0,102
16	22-set	00:34:51	34,85	2,80	0,097
17	23-set	00:35:49	35,82	2,80	0,100
18	27-set	00:22:35	22,58	2,80	0,063
					Total = 1,542

## RESULTADOS OBTIDOS

Com os resultados das medições feitas durante o período de 18 dias pôde-se conhecer o consumo de água de reuso para lavagem de vidrarias e outros usos do Laboratório de Meio Ambiente. A partir dos dados e da Resolução Tarifária nº. 01/2010 de 28 de junho de 2010 da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento – SANASA/Campinas, conforme SANASA (2010) calculou-se o balanço financeiro anual do uso do PRED.

Portanto para calcular a economia com a implementação do PRED utilizou-se os seguintes dados: a) Período de utilização do PRED: 18 dias/ mês; b) Consumo de água de reuso: 1,542 m<sup>3</sup>/ mês; c) Valor do abastecimento de água cobrado pela SANASA: R\$ 34,23 para os 10 m<sup>3</sup> iniciais por mês, e valor total do abastecimento de água mais afastamento de esgoto pela SANASA: R\$ 68,46 para os 10 m<sup>3</sup> iniciais por mês, segundo SANASA (2010).

Considerando que a utilização do ponto de consumo ocorre durante 18 dias/ mês tem-se, então, um consumo mensal de 1,542 m<sup>3</sup>. A Tabela 4 mostra o consumo real medido no primeiro mês (18 dias) e a projeção de consumo para mais 8 meses de utilização do sistema de reuso do laboratório, assim como os recursos financeiros que são economizados mensalmente e anualmente com o PRED respectivamente. Desconsiderou-se 3 meses para o cálculo da economia financeira por tratar-se do período de férias, quando o laboratório não é utilizado.

**Tabela 4: Consumo real medido no primeiro mês (18 dias), projeção de consumo para mais 8 meses de utilização do sistema de reuso laboratório e os recursos financeiros que estão sendo economizados mensalmente e anualmente com o PRED.**

		Período	Consumo (m <sup>3</sup> )	Tarifa de abastecimento de água (R\$)	Tarifa total (água + esgoto) <sup>(*)</sup> (R\$)
PERÍODO DE UM ANO	1º mês	18 dias (real)	1,542	34,23	68,46
	2º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	3º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	4º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	5º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	6º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	7º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	8º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	9º mês	18 dias	1,542	34,23	68,46
	10º mês	Período de férias	0,000	0,00	0,00
	11º mês	Período de férias	0,000	0,00	0,00
	12º mês	Período de férias	0,000	0,00	0,00
			Total = 13,878		Total = 616,14

(\*) Tarifa em R\$ (água + esgoto), referente a tabela de preços da Autarquia SANASA, pertencente ao município de Campinas – SP. Tabela de preços vigente a partir de 30 de junho de 2010. Aplicou-se tarifa comercial.

A economia mensal obtida com o sistema PRED é R\$ 68,46. Adotou-se a categoria comercial e o valor tarifado refere-se ao abastecimento de água potável mais afastamento de esgotos para os primeiros 10 m<sup>3</sup> consumidos/mês. Considerando que a lavagem das vidrarias ocorre durante 18 dias por mês, desconsiderando os finais de semana, feriados e eventual não utilização do laboratório, tem-se um consumo mensal de efluente de reuso de 1,542 m<sup>3</sup>/mês. Este consumo de efluente gera uma economia anual em torno de R\$ 616,14.

De acordo com Vivaldi *et al.* (2008), a Tabela 5 apresenta a previsão de economia, o investimento e a amortização da implantação do sistema PRED para três situações de uso dos equipamentos.

**Tabela 5: Previsão de economia, investimento e amortização do sistema PRED para as situações de uso dos equipamentos MÁXIMA, MEDIANA e MÍNIMA (VIVALDI *et al.* 2008).**

SITUAÇÃO DE USO DOS EQUIPAMENTOS	Q (m³/mês)	BENEFÍCIO ou ECONOMIA (R\$/mês) (*)	Custo do investimento (R\$) (**)	Período de Amortização do investimento (mês)
MÁXIMA	42,24	504,92	365,00	1°
MEDIANA	31,68	318,91		2°
MÍNIMA	10,56	59,62		6°

(\*) Tarifa em R\$ (água + esgoto), referente a tabela de preços da Autarquia SANASA, pertencente ao município de Campinas – SP. Tabela de preços vigente a partir de 30 de julho de 2007 (já revogada). Aplicou-se tarifa comercial;

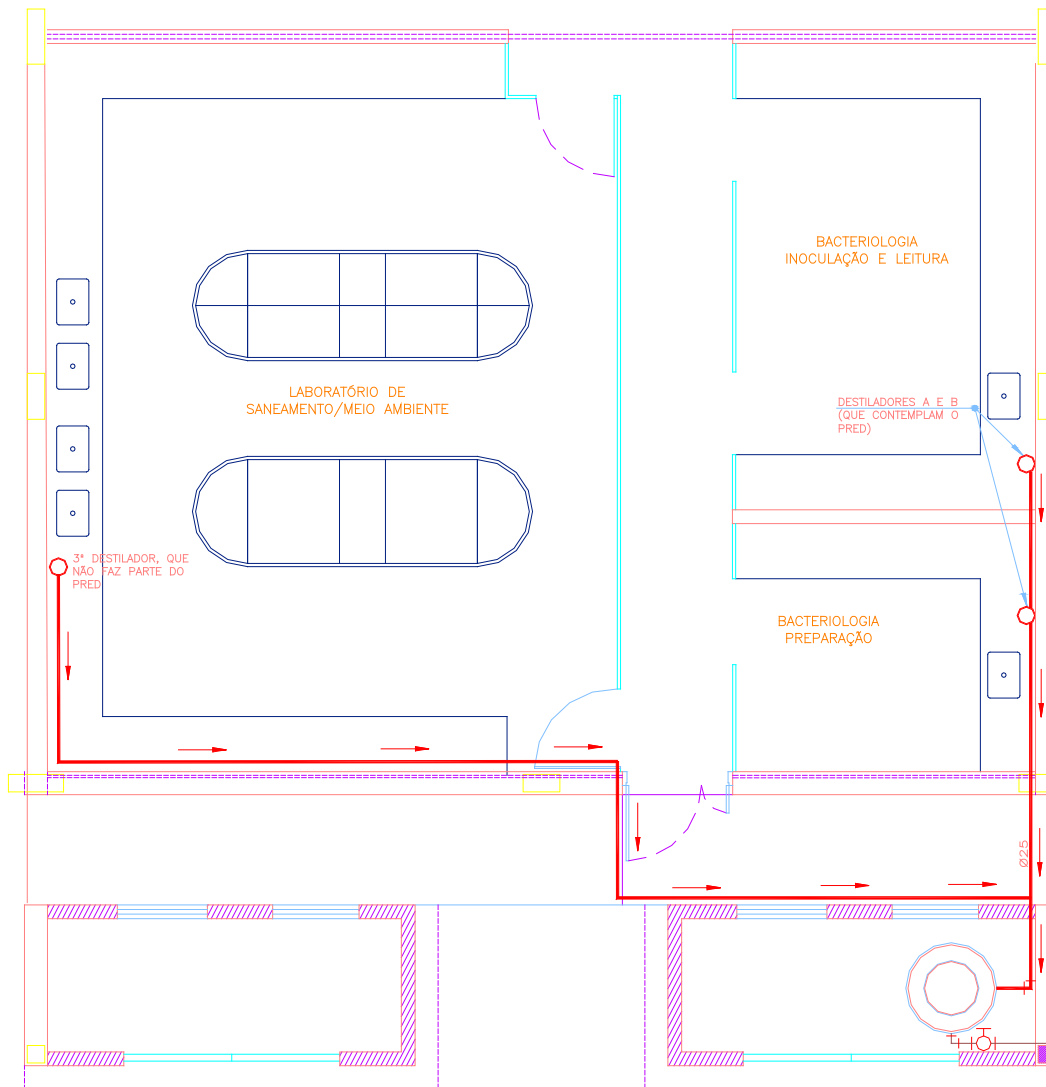
(\*\*) O levantamento de material para a implantação soma a R\$ 365,00. O custo com a Mão de obra não foi considerado, pois serão utilizados serviços da própria universidade.

Dos valores obtidos e indicados na Tabela 4 observa-se que atualmente o consumo da água de reuso do sistema PRED, em Q (m³/mês), está abaixo da situação MÍNIMA considerada por Vivaldi *et al.* (2008), ou seja, a geração do efluente de refrigeração com a utilização de dois destiladores, prevista pelos autores, era de 10,56 m³/mês contra a vazão atual de consumo (Q) de 1,542 m³/mês. Isto mostra que apenas 15% do reuso de água no PRED está sendo aproveitado.

## CONCLUSÕES/ RECOMENDAÇÕES

O índice de não aproveitamento do sistema é muito alto (85%) tornando-o, no momento, um sistema ineficiente. Para aumentar a eficiência recomenda-se que o PRED atenda outros pontos de consumo como: lavagem de piso do laboratório, torneiras externas para lavagem de calçadas e ruas e outros. Para isso ocorrer deve haver um aumento de volume reservado de água de reuso, recomendando-se, então, adquirir mais três reservatórios de 0,5m³.

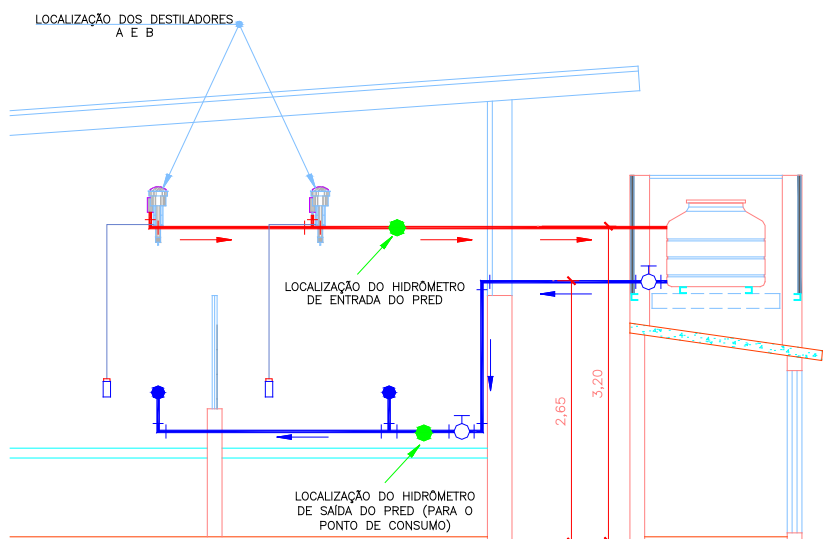
O Laboratório de Meio Ambiente conta com mais um destilador, conforme Figura 2, que ainda não está contemplado no PRED. Com algumas adequações, este efluente poderá contribuir como sistema.



**Figura 2: Ilustração da localização espacial dos dois destiladores do PRED, do destilador que ainda não é utilizado como manancial alternativo para o laboratório e uma alternativa de caminho para o escoamento do efluente deste terceiro destilador.**

A Figura 3 ilustra a proposta de localização para a instalação de dois hidrômetros. Com o registro diário das leituras nos hidrômetros, gerar-se-á uma série histórica de dados consumo de água de reuso, que pode auxiliar nos estudos de implantação de novos PREDs na Universidade.

Caso a instalação dos hidrômetros após avaliação do local seja inviável, sugere-se a fixação de uma coluna de vidro graduada na parte externa da caixa d'água, reservatório do efluente de refrigeração, para realização de leituras (diárias ou horárias) do nível do efluente acondicionado.



**Figura 3: Proposta de localização para a instalação dos hidrômetros.**

A adoção de outros pontos de consumo da água de reuso, o aumento da capacidade de reservação e a inserção de um terceiro equipamento destilador, associado ao balanço de geração e consumo de água de reuso, são recomendações que, quando implantadas, contribuirão significativamente com a melhoria de eficiência do sistema e consequentemente com o aumento da economia anual uma vez que o desembolso com a fatura de água será menor. E mais importante que o valor monetário não desembolsado será a contribuição da Universidade quanto a diminuição da sua demanda de água através da implantação de uma prática de uso sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GONÇALVES, R. F.; ALVES, W. C.; ZANELLA, L. Uso Racional da Água em Edificações. Série PROSAB, v. 5 Consumo de Água. Vitória/ES, 2006.
2. MAZZANTE, B.B. Reuso de água: Estudo de eficiência da implantação do PRED no Laboratório de Meio Ambiente da PUC-Campinas. 2010. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Campinas, 2010.
3. MORUZZI, R.B. Reuso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. OLAM - Ciência & Tecnologia, Rio Claro/SP, Ano VIII, Vol. 8, N.3, P. 271 - Julho – Dezembro / 2008. Disponível em: [www.olam.com.br](http://www.olam.com.br). Acesso: mai. 2010.
4. ORNELAS, P. Reuso de água em edifícios públicos: o caso da Escola Politécnica da UFBA. 2004. Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.
5. SANASA-Campinas. Resolução Tarifária do Ano de 2010. Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A. Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/document/docsanasa/3292.pdf>. Acesso: 01 set. 2010.
6. SAUTCHÚK, C.A. Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações. 2004. Tese (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2004.
7. SILVA, G.S. , GONÇALVES, O.M. Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: O Programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. Disponível em: [http://www.pura.poli.usp.br/download/BT\\_Gisele.pdf](http://www.pura.poli.usp.br/download/BT_Gisele.pdf). Acesso: mai. 2010.
8. VIVALDI, J.B.P., FADINI, P. S., DEMANBORO, A.C., BETTINE, S. C. Reuso da água de processo (PRED) no Laboratório de Meio Ambiente da PUCCAMPINAS In: XIX Encontro Técnico AESABESP- Congresso, 2008, São Paulo.