



RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR – ESTUDO DE CASO DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

Recebido: 22/03/2013

Aprovado: 03/05/2013

¹Larissa Nardini Carli
²Suzana Maria De Conto
³Lademir Luiz Beal
⁴Neide Pessin

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na cidade universitária da Universidade de Caxias do Sul (UCS) e teve como objetivo principal propor diretrizes para o gerenciamento de água dos laboratórios da instituição para reduzir o desperdício. Para isso, foi realizado um diagnóstico do consumo hídrico global e da demanda nos pontos que já tinham hidrômetros instalados para controle. Também foi quantificada a vazão de água de uso exclusivo para resfriamento de sistemas laboratoriais. A partir do mapeamento desses equipamentos e da identificação da contribuição de cada sistema no consumo total de cada unidade, foram propostas ações de uso racional e de conservação de água, incluindo controle do consumo, ações de minimização de desperdício e alternativas de reúso da água como recirculação de água e reúso direto nos laboratórios.

Palavras-chave: Conservação de Água. Gestão da Demanda de Água. Reúso de Água.

¹ Doutora em Ciência dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil
Professora no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais na UCS.
E-mail: lnarli@ucs.br

² Doutora em Educação Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil
Professora Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais na UCS.
E-mail: smcmande@ucs.br

³ Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela UFRGS, Brasil
Professor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais na UCS.
E-mail: lbeal@ucs.br

⁴ Mestre em Engenharia Civil na área de Hidráulica e Saneamento (EESC-USP), Brasil
Professora no Centro de Ciências Exatas e Tecnologia CCET/UCS.
E-mail: npessin@ucs.br



RATIONAL WATER USE AT UNIVERSITIES – UNIVERSITY OF CAXIAS DO SUL CASE STUDY

ABSTRACT

The present work was developed in the central campus of Universidade de Caxias do Sul (UCS). Its objective is to propose guidelines for water management in the laboratories of the institution, in order to reduce water waste therein. A diagnosis was carried out for global hydric consumption and the demand of each point that already present hydrometers installed for consumption control. It was also quantified the exclusively water outflow for cooling purposes in laboratorial systems. The goals were to achieve rational water usage in these laboratories and reduce consumption. Starting from the

mapping of equipment and identification of each system contribution in total consumption of each unit, were proposed actions of rational water consumption and conservation, aiming consumption control, minimization of losses actions and water reuse alternatives such as a water recirculation system or direct water reuse at the laboratories.

Key-words: Rational Water Use. Water Conservation. Water Reuse.

USO RACIONAL DEL AGUA EN UNA INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR - UN ESTUDIO DE CASO DE LA UNIVERSIDAD DE CAXIAS DO SUL

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en el campus de la Universidade de Caxias do Sul (UCS) y tuvo como objetivo proponer directrices para la gestión del agua en los laboratorios de la institución para reducir los residuos. Para esto, se realizó un diagnóstico del consumo de agua y la demanda global en los puntos que ya tenían medidores de agua instalados para el control. También se cuantificó el flujo de agua para uso exclusivo en laboratorio de los sistemas de refrigeración. A partir de la asignación de dichos

equipos y la determinación de la contribución de cada sistema en el consumo total de cada unidad se proponen acciones de uso racional y de conservación del agua, incluyendo el control del consumo, acciones de minimización de residuos y de reutilización del agua, como recirculación de agua y reutilización directa en los laboratorios.

Palabras-clave: Conservación del agua. Gestión de la Demanda de Agua. Reutilización del Agua.



1 INTRODUÇÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) que desenvolvem atividades de ensino, pesquisa e extensão exigem uma diversificada infraestrutura, como salas de aulas, laboratórios, oficinas e escritórios, entre outros. Nessas instalações é frequente a ocorrência de desperdícios de água, particularmente nos sistemas laboratoriais de uma universidade, um dos principais responsáveis pelos elevados índices de consumo. Grande parte do consumo ocorre no resfriamento das unidades de destilação da água utilizada nas rotinas analíticas, representando valores significativos no consumo laboratorial e da instituição como um todo.

Na conjuntura ambiental atual, as ações de conservação surgem como alternativas potenciais para promover o uso sustentável da água. Essas ações podem ser aplicadas em diferentes níveis de atuação: bacias hidrográficas (nível macro), sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário (nível meso) e sistemas prediais (nível micro) (Oliveira, 1999). Gonçalves (citado por Silva, 2004) define dois tipos de ações que podem ser aplicadas no nível micro: uso racional e conservação da água.

De modo geral, o uso racional articula a minimização de desperdícios por perda ou uso excessivo, com a maximização da eficiência do uso sem o comprometimento da qualidade. Segundo Oliveira (1999), o uso racional considera duas ações operacionais no sistema: atuação e controle. A atuação influencia a redução do consumo, por exemplo, por meio de instalação de componentes economizadores. Já o controle auxilia a estabilização do uso e o monitoramento do funcionamento do sistema. Nesse sentido, Oliveira (1999) apresenta três tipos de ações que possibilitam a redução de água utilizada e desperdiçada para o nível micro: ações econômicas, sociais e tecnológicas. O uso racional da água pode ser aplicado em uma de suas dimensões, ou por meio de uma associação delas.

Evoluindo no conceito de uso racional da água para uma visão sistêmica, abordando as questões de demanda e oferta de água em conjunto, há o conceito de conservação, fundamentado nos mesmos princípios do uso racional, porém considera também, além da minimização do consumo, a utilização de fontes de abastecimento alternativas para fins menos nobres. Wan Alwi, Manan, Samingin e Misran (2008) destacam que a maximização dos resultados de ações de conservação da água é obtida pelo seu ordenamento, priorizando o uso racional da água (eliminação e redução na fonte) e posteriormente seu reúso (reúso de efluente bruto, reúso de efluente tratado e uso de água de fontes naturais).



Na literatura, diversos estudos apontam para ações de uso racional e conservação da água. Matsumura e Mierzwa (2008) avaliaram a redução do consumo por meio de conceitos de conservação e reúso em uma indústria. Como resultado, observaram que o conhecimento dos processos existentes é um passo importante para elaborar estratégias para diminuição no uso, como mudanças em processos operacionais e controle efetivo das atividades que utilizam água. Assim, concluíram que medidas de conservação e reúso são ferramentas importantes para minimizar problemas com a escassez de água em áreas urbanas e industriais. Nesse sentido, os estudos de Willis, Stewart, Panuwatwanich, Williams e Hollingsworth (2011) são importantes para compreender a relação entre as atitudes das pessoas para a preservação do ambiente e a conservação de água. Conforme os autores, estudos dessa natureza auxiliam no planejamento e gestão de demanda de água urbana e na definição de políticas e práticas a serem implantadas.

Portanto, é importante e necessário que estudos relacionados ao uso racional e conservação da água em IES sejam desenvolvidos no sentido de definir ações que devem ser implantadas nessas instituições. As IES, em especial as universidades, devido às especificidades das atividades que desenvolvem, apresentam situações heterogêneas e, portanto, complexas (De Conto, 2010). O presente trabalho, desenvolvido na cidade universitária da Universidade de Caxias do Sul (UCS), teve como objetivo propor diretrizes para o gerenciamento de água dos laboratórios de IES, de modo a reduzir o desperdício nesses locais.

2 GESTÃO DE DEMANDA DE ÁGUA

A gestão de demanda está inserida em programas de uso racional e de conservação de água, consistindo em reduzir o consumo sem comprometer a qualidade das atividades que dela dependem. Segundo Silva (2004), os objetivos da gestão de demanda são o uso eficiente e a economia de água, extrapolando a gestão de consumo e incluindo o levantamento e avaliação de dados e a retroalimentação do sistema, tanto na forma de eliminação de vazamentos como na revisão dos processos utilizadores de água.

2.1 CONTROLE DE CONSUMO DE ÁGUA

Os usos da água e a qualidade exigida para isso são bastante variados em um *campus* universitário. Silva (2004), em seus estudos, cita entre os principais: consumo humano, consumo



animal, sistemas laboratoriais, sistemas de refrigeração, prática de esportes, rega, limpeza geral e lavagem de veículos. As causas que provocam as variações de consumo de água dentro de uma IES são as seguintes: sazonalidade da ocupação em função da distribuição de férias e feriados; variação no número de vagas nos cursos; ocorrência de eventos como congressos; mudança do horário de aula ou expediente; sazonalidade do uso da água em função do clima; alteração no uso da água por mudança de atividades desenvolvidas; reforma, fechamento, ocupação, realocação de edificações; ocorrência de eventos periódicos como enchimento de piscinas, limpeza de caixas d'água, troca de água de tanques de experimentos; instalação ou desativação de equipamentos de uso intermitente em laboratórios ou outros, como ar-condicionado; ocorrência ou eliminação de vazamentos (em redes, reservatórios ou equipamentos); alterações de pressão na rede, com reflexos em vazamentos preexistentes e pontos finais de consumo (Silva, 2004). Essas causas podem ocorrer de forma isolada ou associada, dificultando a identificação da variação do consumo num sistema tão complexo.

Para que os impactos da implantação de programas de uso racional e conservação sejam significativos, faz-se necessário primeiramente o monitoramento do consumo de água. Em casos em que há conjuntos de edifícios com diferentes tipologias de usos e usuários, características específicas podem ser atribuídas para cada ponto de medição, como período do uso da água e perfil da demanda. Quanto mais detalhado o sistema de medição adotado, melhor a qualidade e a quantidade dos dados obtidos.

De acordo com Tamaki (2003), a coleta de dados de consumo pode ser realizada de três maneiras: a partir de contas de água, leituras *in loco* ou por medições setorizadas. Segundo o autor, o domínio de dados de consumo nessa conjuntura adquire fundamental importância uma vez que, em um primeiro instante, permite observar a situação de consumo efetiva e, em etapas subsequentes, a eficiência do programa de gestão de demanda e o estabelecimento de padrões de consumo para determinadas condições de uso nos sistemas prediais (eficiente, desperdiçador, em função de sazonalidades, anômalo etc.).

2.2 MINIMIZAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS

De acordo com Oliveira (1999, p. 9), a redução no consumo com a minimização dos desperdícios é alcançada de maneira independente da ação do usuário ou de sua mudança de comportamento. A ênfase dada pelo autor às ações tecnológicas justifica-se pelo fato de “apresentarem uma perspectiva de maior eficiência na redução de usos e de desperdícios de água”,



uma vez que esse tipo de equipamento preconiza menor consumo e maior desempenho com menor influência da ação do usuário na economia de água.

Como exemplos há mictórios, bacias sanitárias, torneiras, chuveiros e duchas. A especificação desses componentes deve ser realizada em função das necessidades dos usuários, de acordo com condições físicas de cada sistema e critérios técnico-econômicos. A redução na demanda de água em consequência do emprego de tais equipamentos depende da economia gerada pelo ciclo de uso e pela frequência de sua utilização, relacionada com a participação desse consumo no consumo global da instalação (Tamaki, 2003). Também devem ser analisadas alternativas de substituição de equipamentos em instalações especiais, como indústrias e laboratórios que tenham sistemas de ar condicionado, refrigeração, destilação de água, entre outros processos que demandem consideráveis quantidades de água.

2.3 DETECÇÃO E CORREÇÃO DE IRREGULARIDADES

A partir de dados obtidos por meio de instrumentos de controle de consumo, é necessário estabelecer os procedimentos de intervenção no sistema no caso de ocorrência de alguma irregularidade, de modo a concluir o ciclo de gestão da demanda. De um modo geral, o processo inicia-se com registros de ocorrências, seguido de atuação no sistema e de acompanhamento do funcionamento após a correção. As ocorrências podem ser, basicamente, de três tipos: perdas, uso excessivo ou desperdício.

O registro de ocorrências permite a identificação de regiões mais vulneráveis e de sistemas mais afetados que necessitem manutenção, adequação ou modernização. Após as ações realizadas, faz-se necessário o monitoramento contínuo do consumo de água, o contato periódico com os usuários e o relato de todos os benefícios alcançados desde a implantação do programa (Tamaki, 2003).

3 GESTÃO DA OFERTA – INTRODUÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS

A gestão de oferta consiste em buscar fontes alternativas de abastecimento, com o intuito de conservar as fontes convencionais a partir da redução de retirada da água e de minimização do efluente destinado a tratamento ou lançado diretamente nos corpos hídricos. Para tanto, o uso racional deve ser uma premissa básica para a adoção de programas de conservação.



De acordo com Silva (2004, p. 109), a utilização de fontes alternativas é uma prática antiga, mas que ainda carece de estudos e legislações específicas. Portanto, a introdução dessas fontes deve ser realizada, segundo o autor, após “[...] tomados os devidos cuidados, de modo a não comprometer a saúde das populações, o desenvolvimento das atividades e tampouco acarretar em desequilíbrios ambientais”.

No caso de uma IES, a adoção de fontes alternativas deve ser realizada com responsabilidade, uma vez que a gestão do abastecimento requer definição de procedimentos de operação e de manutenção, de atividades fins a serem atendidas e, principalmente, de responsabilidades, agora não mais a cargo da concessionária de abastecimento público.

4 METODOLOGIA

O diagnóstico realizado na cidade universitária da UCS incluiu a caracterização da instituição, a avaliação do consumo de água em cada setor, a identificação de ações já implantadas visando o uso racional e a conservação de recursos hídricos, além da quantificação do consumo de água nos laboratórios da IES.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A UCS foi fundada em 10 de fevereiro de 1967, com atuação na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Sua sede está localizada no *campus* universitário de Caxias do Sul, instalado em 1973. No segundo semestre de 2006, a instituição contava com 37.841 alunos, 1.434 professores e 1.013 funcionários, em 40 cursos de graduação, 59 cursos de pós-graduação e 19 cursos sequenciais. Diariamente, cerca de 20 mil pessoas circulam na cidade universitária, entre alunos, professores, funcionários e usuários dos diversos serviços oferecidos (UCS, 2006).

A UCS iniciou seu processo de licenciamento ambiental em 1998, obtendo a licença de operação do órgão ambiental do estado do Rio Grande do Sul, Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), em 2003 (De Conto, Brustolin, Pessin, Schneider, & Beal 2010).

O trabalho de identificação das ações ligadas ao gerenciamento de recursos hídricos da instituição foi realizado a partir de consulta a licenças ambientais, documentação interna, vídeos institucionais, boletins informativos, trabalhos publicados em eventos, plano de gerenciamento ambiental, plano de gerenciamento de resíduos sólidos, projeto da estação de tratamento de efluentes



e projeto urbanístico da UCS. Após esse diagnóstico inicial foram realizadas visitas técnicas e registros fotográficos dos setores definidos como objetos do diagnóstico.

4.2 AVALIAÇÃO DA DEMANDA DE ÁGUA

A primeira etapa da coleta de dados envolveu um levantamento de informações gerais sobre o consumo hídrico total e setorizado da instituição. O consumo total foi apurado utilizando o histórico de consumo de água da cidade universitária, enquanto o consumo setorizado foi diagnosticado por meio de micromedição nos 18 blocos que já tinham hidrômetros individuais instalados. Dessa forma, foi possível identificar os blocos de maior consumo e dirigir o diagnóstico para eles. Tanto para o histórico de consumo como para a micromedição, o período considerado foi de outubro de 2005 a fevereiro de 2006.

A partir da sistematização e análise dos dados, foram definidas prioridades e locais com maior potencial de redução de consumo. Optou-se por enfatizar o caso específico dos laboratórios, uma vez que o consumo de água nesses locais é bastante significativo.

4.3 ANÁLISE DO DESPERDÍCIO DE ÁGUA NOS LABORATÓRIOS

Após o diagnóstico inicial, determinou-se que seriam estudados todos os laboratórios que utilizassem sistemas de destilação de água, além de outros equipamentos que demandassem grandes quantidades de água para resfriamento, como destiladores de nitrogênio/proteínas e condensadores em série, usados para digestões de amostras e extrações. Ao todo, foram analisados 51 equipamentos localizados em 17 laboratórios.



Figura 1 – Planilha de coleta de dados

1 DADOS GERAIS				
Nome do laboratório: _____		Data: _____		
Localização: _____		Ramal: _____		
2 EQUIPAMENTOS				
Equipamento: _____		Número de patrimônio UCS: _____		
Marca: _____		Modelo: _____		Potência (W): _____
Tempo médio de uso (h/d): _____		Frequência de uso (d/semana): _____		
Quadro 1 – Medição do consumo de água pelo equipamento				
Tempo (min)	Volume de água (l)	Vazão horária (l/h)	Vazão diária (m ³ /d)	Temperatura da água (°C)
Quadro 2 – Destiladores de água: medição da produção de água destilada				
Tempo (min)	Volume de água (L)	Vazão horária (L/h)	Vazão diária (m ³ /d)	Temperatura da água (°C)

No levantamento das informações, foram utilizadas planilhas de coleta de dados, conforme ilustrado na Figura 1. A vazão de água de resfriamento descartada e de água destilada produzida foi determinada por meio de três amostras para cada equipamento. Em cada amostra, tanto a água de resfriamento quanto a água destilada produzida foi coletada em recipientes de volume conhecido durante determinado intervalo de tempo. A partir desses dados, foi calculada a vazão correspondente. O resultado final foi obtido pela média aritmética das amostras. A estimativa de vazões diárias e do consumo mensal foi realizada com base no tempo e frequência média de uso de cada equipamento nos laboratórios.



4.4 DETERMINAÇÃO DO PONTO ÓTIMO DE OPERAÇÃO DO SISTEMA DE DESTILAÇÃO

No levantamento realizado, constatou-se uma diferença significativa na proporção entre a quantidade de água descartada e a quantidade de água destilada produzida. Em função disso, também foram realizados ensaios para verificar a existência de um ponto ótimo de operação dos equipamentos de destilação de água, de modo a otimizar seu uso e maximizar sua eficiência, sem causar prejuízos à atividade.

Como procedimento para a determinação do ponto ótimo de operação, promoveu-se a variação da vazão de água de entrada e a verificação das vazões correspondentes de água destilada e de resfriamento, além de suas temperaturas. A partir desses dados, foi levantada a curva de operação do destilador estudado. Seguindo metodologia proposta por Silva (2004), o limite superior de vazão foi determinado pela ocorrência de transbordamento de água do equipamento, e o limite inferior foi estabelecido pela alta temperatura da água destilada e/ou água de resfriamento, que oferece riscos aos usuários e danos ao equipamento de destilação ou sistema de coleta de água destilada.

Por fim, analisando-se aspectos quantitativos e qualitativos da água descartada e do local de instalação dos equipamentos, foram identificados pontos com potencial aplicação da água de reúso.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONTROLE DO CONSUMO DE ÁGUA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA

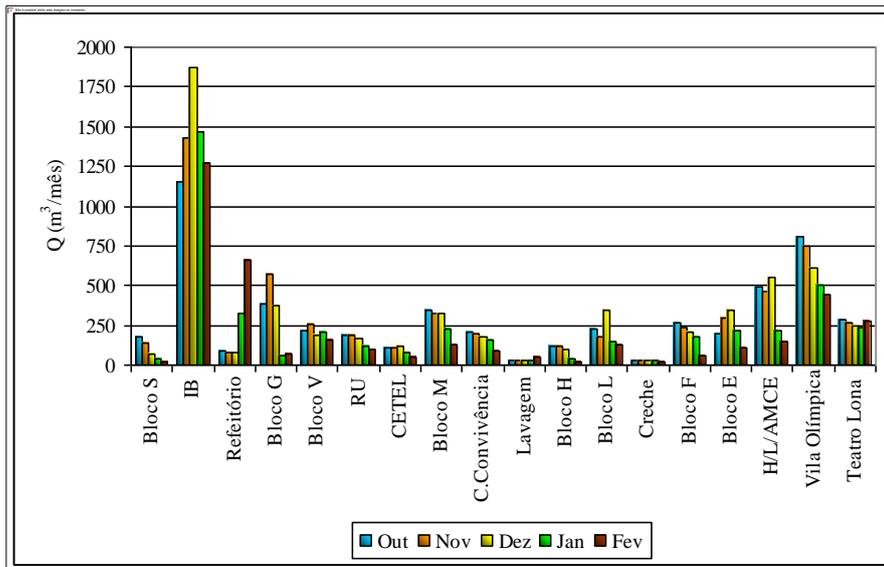
Entre as ações desenvolvidas em busca do uso racional e da conservação de água na instituição está o controle do consumo de água, que inclui: medição setorizada por blocos, reúso de efluente advindo da estação de tratamento da UCS para irrigação de jardins, utilização de equipamentos economizadores de água nos sanitários, aproveitamento de água das pias nos sanitários masculinos e quantificação da água de resfriamento descartada nos laboratórios.

Todo o abastecimento da cidade universitária é realizado a partir de três fontes: rede pública (de responsabilidade do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto, SAMAE), de onde provém a maior parte da água consumida, e dois poços artesianos.



Verificou-se um consumo médio de 11.254 m³/mês em períodos de aulas. Nos meses de férias, percebeu-se uma redução do consumo na maioria dos blocos. A Figura 2 apresenta os dados de consumo nos blocos que já têm o sistema de medição setorizada instalado, no período de outubro de 2005 a fevereiro de 2006.

Figura 2 – Consumo de água por bloco



Na Figura 2, observa-se que o maior consumo de água na cidade universitária, dentre os locais com medição setorizada, foi detectado no Instituto de Biotecnologia (IB), apresentando um consumo médio mensal de 1.440 m³. Esse valor deve-se, principalmente, às demandas nas atividades de ensino, pesquisa e extensão nos 12 laboratórios do local. Outros locais que apresentam elevados valores de consumo podem ser citados: Vila Olímpica (com média de 620 m³/mês) e ambulatório central, AMCE (com 340 m³/mês).

Os demais blocos com atividades de ensino, pesquisa e extensão apresentam um consumo médio que varia de 77 m³/mês (Bloco H) a 292 m³/mês (Bloco G). Ainda, existe a contribuição de locais de prestação de serviços, como é o caso do restaurante universitário (RU), que consome uma média mensal de 151 m³.

A partir da análise dos dados e da identificação dos pontos de maior consumo, foi possível definir prioridades e locais com maior potencial de minimização de desperdícios e uso racional da água, avaliar quais as variáveis que interferem no processo e propor medidas de ação.



Reúso de água da estação de tratamento de efluentes

Na cidade universitária, durante o período de coleta de dados, 21 m³/d do efluente tratado na estação de tratamento de efluentes (ETE) – composta por uma operação de gradeamento, um medidor de vazão, uma lagoa aerada, uma lagoa de sedimentação e duas lagoas de maturação – foram aproveitados para irrigar jardins, conforme ilustrado na Figura 3. Essa ação permitiu uma economia de 441 m³/mês de água destinada à irrigação.

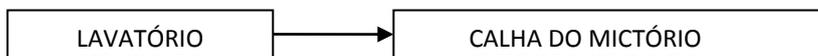
Figura 3 – Retirada do efluente da ETE da UCS e irrigação de jardins



Reúso da água das pias nos sanitários masculinos

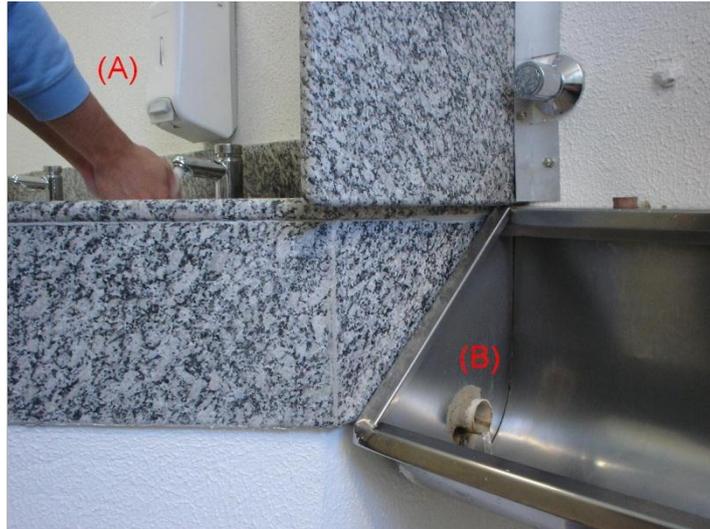
Nos mictórios dos sanitários masculinos, tipo calha, está sendo adotado o reúso das águas das pias na limpeza (Figura 4). O sistema permite que os mictórios dispensem o sistema de água para lavagem, seja por meio de água corrente ou de válvulas acionadas pelo usuário. Além disso, o custo de implantação do sistema é bem reduzido.

Figura 4 – Fluxograma do reaproveitamento da água para lavagem da calha do mictório



Nesse sistema, a água de lavagem das mãos (A) é conduzida para os mictórios coletivos (B), de modo a limpá-los imediatamente após o uso, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Sistema de reúso de água da torneira em sanitários masculinos



Conforme dados citados por Freire e Prado (2000), um mictório coletivo tipo calha, com descarga contínua, tem uma vazão média de descarga de 0,15 L/s.m. Considerando que o sistema de reúso da água das pias já está implementado em 44 sanitários da Universitária, tem-se uma economia no consumo de água de 7.964 m³/mês.

Utilização de equipamentos economizadores

Até o mês de novembro de 2006, foram instaladas 250 torneiras hidromecânicas nos sanitários da instituição. Os prédios novos já estão sendo concebidos com esse sistema, enquanto nos prédios mais antigos, as torneiras convencionais estão sendo gradativamente substituídas. A grande vantagem da utilização de torneiras hidromecânicas é que o controle da vazão é obtido pela regulagem de um registro regulador de vazão, não sofrendo interferência da ação do usuário (FIESP, 2005).

5.2 GERENCIAMENTO DE ÁGUA NOS LABORATÓRIOS NA CIDADE UNIVERSITÁRIA

Os laboratórios da UCS apresentam consumo permanente de água devido à demanda específica dos equipamentos e sistemas que dependem fortemente do líquido, seja destilado ou deionizado.

A partir da análise dos dados de medição setorizada, verificou-se que, dos blocos que apresentaram consumo significativamente superior aos demais, vários têm laboratórios em suas instalações. Nas auditorias técnicas realizadas, identificou-se um elevado número de equipamentos



que utilizam consideráveis vazões de água exclusivamente para resfriamento (variando de 1,0 a 37,8 m³/mês). Essa água é descartada diretamente na rede coletora de esgoto e tratada na ETE /UCS. A quantificação da vazão total de água descartada permitiu um estudo mais detalhado da possibilidade de reúso e, ainda, de medidas para minimizar a quantidade desperdiçada e otimizar os processos.

Quantificação da vazão de água com possibilidade de reúso

A partir das auditorias técnicas nos laboratórios da instituição, foram realizados o mapeamento e a caracterização de todos os destiladores de água, destiladores de nitrogênio/proteína e condensadores em série em funcionamento, os quais se encontram, respectivamente, detalhados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Foram registrados 21 destiladores de água, 2 destiladores de nitrogênio/proteínas e 28 condensadores em série, o que representa um consumo de água para resfriamento de 168,90 m³/mês. Verificou-se que a demanda em cada laboratório é bastante distinta, o que interfere no tempo e na frequência de uso de cada equipamento.

Tabela 1 – Mapeamento dos equipamentos de destilação de água

Localização	Marca	Modelo	Potência (W)	Tempo de uso (h/d)	Frequência de uso (d/sem)	Água de resfriamento		Água destilada	
						Q (m ³ /mês)	T (°C)	Q (m ³ /mês)	T (°C)
IB Alimentos	A	M1	3.500	8,0	5	14,80	-	0,520	69
Bloco 57 - sala 207	A	M1	3.500	8,0	5	9,00	38	-	-
Bloco 57 - sala 306	A	M1	3.500	3,5	2	2,40	46	-	-
Bloco 57 - sala 306	A	M1	3.500	3,5	2	2,40	46	-	-
Bloco 57 - sala 309	A	M1	3.500	3,0	1	1,50	36	0,052	18
Bloco 57 - sala 309	A	M1	3.500	3,0	1	0,90	38	0,032	18
Bloco 57 - sala 109	A	M1	3.500	3,0	1	1,00	46	-	-
IB Óleos Essenciais	A	M1	3.500	4,0	1	2,10	35	0,072	18
Bloco V - LASAN	A	M2	7.000	4,0	3	3,50	56	0,228	23
Bloco V - LASAN	A	M1	3.500	4,0	3	5,30	40	0,168	24
Bloco V - LTPOLO	B	M3	7.000	4,0	1	2,90	42	-	-
Bloco G - sala 102	A	M1	3.500	6,0	1	1,90	53	-	-
Bloco G - sala 409	B	M4	7.000	3,5	1	1,80	56	0,140	77
Bloco S - sala 103	A	M1	3.500	4,0	5	8,00	35	0,384	12
Bloco S - sala 305	A	M1	3.500	4,0	5	11,60	30	0,320	17
Bloco S - sala 411	A	M5	2.000	2,5	¼	0,30	25	0,005	16
Bloco S - sala 411	A	M5	2.000	4,0	¼	0,40	28	0,009	16
Bloco S - sala 412	C	-	-	4,0	1	1,10	42	0,048	22
Bloco S - sala 506	A	M1	3.500	4,0	1	2,70	27	0,052	17
Bloco C	A	M1	3.500	4,0	2	3,30	44	0,144	22
Bloco D	B	M6	1.840	8,0	3	30,10	21	-	-
TOTAL						107,00	-	2,174	-



Os destiladores de água (Tabela 1) apresentaram um consumo de 107,00 m³/mês de água de resfriamento. A temperatura média da água de descarte foi de 39,1°C, enquanto que a temperatura média de água destilada produzida foi de 26,2°C. A frequência de uso de cada equipamento varia de diária (4 a 8 horas por dia) a mensal (2,5 a 4 horas por mês), de acordo com a demanda local, uma vez que muitos desses equipamentos são apenas para a produção de água destilada para usar em aulas práticas, enquanto que, em outros laboratórios, há a necessidade de produção de água destilada diariamente para o desenvolvimento de atividades de pesquisa e prestação de serviços.

No caso dos destiladores de nitrogênio/proteínas (Tabela 2), foram localizados dois equipamentos em funcionamento, que representam 43,20 m³/mês de água de resfriamento descartada, aproximadamente 25% do total.

Tabela 2 – Mapeamento dos equipamentos de destilação de nitrogênio/proteínas

Localização	Marca	Modelo	Potência (W)	Tempo de uso (h/d)	Frequência de uso (d/sem)	Água de resfriamento	
						Q (m ³ /mês)	T (°C)
IB Alimentos	D	-	-	7,5	3	5,40	-
Bloco V - LASAN	B	M7	2.300	8,0	4	37,80	22,0
TOTAL						43,20	

Quanto aos condensadores em série (Tabela 3), tem-se um total de 28 equipamentos em funcionamento, em dois laboratórios da cidade universitária. O número de condensadores utilizados em cada análise é bastante variável, por isso os resultados apresentados foram obtidos a partir da frequência de uso e do número de equipamentos usados em cada situação. Por meio de tais considerações, chega-se a uma representatividade de 11% da vazão total de água descartada mensalmente na instituição (18,70 m³/mês), com temperatura média de descarte de 21°C.

Tabela 3 – Mapeamento dos equipamentos condensadores em série

Localização	Quantidade	Tempo de uso (h/d)	Frequência de uso (d/sem)	Água de resfriamento	
				Q (m ³ /mês)	T (°C)
IB Óleos Essenciais	6	8	1	17,30	18,0
Bloco V - LASAN	22	4	4	1,40	24,0
TOTAL				18,70	

A Tabela 4 apresenta dados de água de resfriamento para cada unidade, de modo a melhor analisar o consumo em cada local e, assim, identificar os pontos prioritários para ações de reúso ou redução dos desperdícios e para otimização do uso da água.



A partir da Tabela 4, tem-se que o Instituto de Biotecnologia e o Bloco V são os locais que apresentam um consumo significativo de água, enquanto que os Blocos G, C, D e S têm poucos laboratórios com essa característica. Diante da média de consumo mensal da instituição, o consumo de água de resfriamento equivale a aproximadamente 1,5% da demanda total.

Tabela 4 – Vazão de água de resfriamento descartada mensalmente por local

Localização	Equipamento	Quantidade	Vazão de água descartada (m ³ /mês)	Total (m ³ /mês)
Instituto de Biotecnologia	Destilador de água	8	34,10	56,80
	Destilador de nitrogênio	1	5,40	
	Condensador em série	6	17,30	
Bloco V	Destilador de água	3	11,70	50,90
	Destilador de nitrogênio	1	37,80	
	Condensador em série	22	1,40	
Bloco G	Destilador de água	2	3,70	3,70
Bloco C	Destilador de água	1	3,30	3,30
Bloco D	Destilador de água	1	30,10	30,10
Bloco S	Destilador de água	6	24,10	24,10
TOTAL				168,90

O valor da perda torna-se mais expressivo ao verificar a participação da água de resfriamento no consumo total de cada unidade. Analisando-se o consumo médio de cada local, verificou-se que no Bloco V a demanda por água de resfriamento representa 23% do total que, em média, é consumido mensalmente no bloco. Esse bloco conta com três destiladores de água, um destilador de nitrogênio e 22 destiladores em série instalados em dois laboratórios, o que representa uma vazão de 50,90 m³/mês.

Outro local em que o consumo de água para resfriamento é representativo diante do consumo total é no Bloco S, destinado aos cursos de medicina, enfermagem e farmácia, com aproximadamente 19% (24,10 m³/mês). Nessa unidade, existem cinco laboratórios com sistema de destilação de água que contam com seis equipamentos em funcionamento.

O Bloco G tem apenas dois equipamentos de destilação de água, um localizado na central analítica e outro no laboratório de química, contribuindo com apenas 1% do consumo total do local.

Apesar de a água de resfriamento representar apenas 4% do total consumido no Instituto de Biotecnologia, o local apresenta o maior consumo de água da instituição e o maior descarte de água de resfriamento, com média mensal de 56,80 m³.

Definição do ponto ótimo de operação: o caso específico dos destiladores de água

Além das perdas inerentes ao processo de destilação de água, outros fatores influenciam a quantidade de água de resfriamento que é descartada durante o processo devido à característica de



cada equipamento, mudando conforme a marca, modelo, potência e modo de operação do sistema. De forma a comparar as diferentes eficiências apresentadas, foi realizada a verificação da proporção entre a água de resfriamento consumida e a água destilada produzida para cada marca e modelo de destilador. Os resultados do levantamento podem ser visualizados na Tabela 5.

Tabela 5 – Descrição dos equipamentos e eficiência apresentada pelos sistemas de destilação de água

Marca e modelo	Potência (W)	Água descartada (l/h)	Água destilada (l/h)	Água destilada/ água de resfriamento (l/l)	Água destilada/ potência (l/W)
A – M5	2.000	120,00	2,00	1/60	1/1.000
		100,00	2,25	1/44	1/889
A – M1	3.500	92,50	3,25	1/28	1/1.077
		125,00	4,30	1/29	1/814
		75,00	2,70	1/28	1/1.296
		131,25	4,50	1/29	1/778
		110,40	3,50	1/31	1/1.000
		100,00	4,80	1/21	1/729
		145,00	4,00	1/36	1/875
		168,75	3,25	1/52	1/1.077
		103,10	4,50	1/23	1/778
A – M2	7.000	72,90	4,75	1/15	1/1.474
B – M4	7.000	128,60	10,00	1/13	1/700
C	-	68,75	3,00	1/23	-

Observa-se que existe uma diferença significativa de rendimento em função da potência do equipamento e, ainda, uma grande variação de eficiência entre equipamentos de mesmo modelo. Os equipamentos mais potentes, com 7.000 W, apresentaram melhores rendimentos, com uma média de consumo de 14 litros de água de resfriamento para a produção de 1 litro de água destilada. Já os menos potentes necessitam de elevados volumes de água de resfriamento (44 a 60 litros) por litro de água destilada produzida.

O equipamento A modelo M1 é o mais amplamente utilizado nos laboratórios da cidade universitária. Por meio dos dados, é perceptível que seu desempenho foi bastante variável, de 1/21 a 1/52 litro de água destilada/litros de água de resfriamento. Segundo informações do fabricante, o modelo foi concebido para produzir 5,0 l/h de água destilada. Nota-se a grande variação da vazão de água de resfriamento descartada para uma quantidade de água destilada produzida pouco variável, com média igual a 4,0 l/h. Desse modo, percebe-se a influência do modo de operação no desempenho do sistema e no desperdício de água.

Também é possível estabelecer a relação entre a potência utilizada e o volume de água destilada produzida. A partir disso, é possível definir a situação ideal de funcionamento de um equipamento: menor vazão de água de resfriamento e menor potência por litro de água destilada produzida.

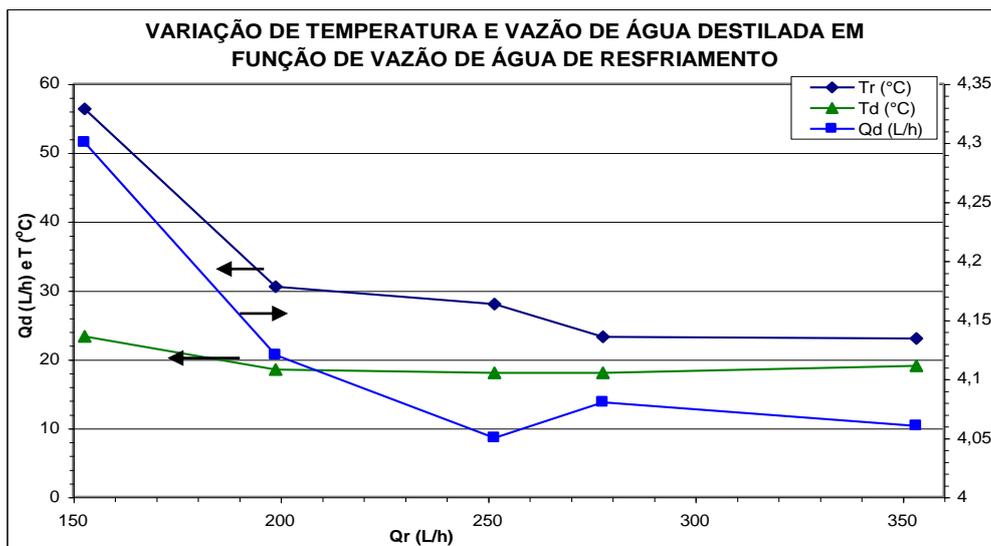


Dados de vazões e temperaturas para a água de resfriamento e água destilada produzida, obtidas nos ensaios realizados especificamente para um destilador de água marca A modelo M1, apresentam um comportamento no qual é possível obter um ponto ótimo de funcionamento para esses equipamentos. A temperatura da água de resfriamento descartada apresenta-se em torno de 23°C para vazões mais elevadas até 56°C para vazões mínimas de operação. No entanto, não foi verificada interferência na temperatura da água destilada produzida, que variou de 18°C a 23°C.

O gráfico da Figura 6 mostra que o aumento da vazão de água de resfriamento não tem nenhuma correspondência com a produção de água destilada. Na verdade, o comportamento é o contrário, ou seja, há uma redução da produção de água destilada e, também, uma redução na temperatura da água de resfriamento. Dessa forma, o aumento da vazão de água de resfriamento, um comportamento muito comum em laboratórios, na verdade não se aplica, uma vez que ocorre uma perda de calor do sistema, que faz com que a destilação não seja tão efetiva.

A temperatura média da água destilada para esse modelo de destilador é de 39,5°C e a relação vazão de água de resfriamento/vazão de água destilada, de 28,22 l/l. Pelo gráfico, pode-se verificar que a vazão média de água de resfriamento foi de 170 l/h. A partir desses dados, é possível promover uma economia de 9%, equivalente a 15 l/h/equipamento, com o ajuste do ponto ótimo. Nesse estudo de caso, equivale a uma economia diária de 930,3 litros. Como a média de funcionamento é de 10,5 dias por mês, isso representa 9,77 m³/mês. Dependendo da forma de operar de cada laboratório, essa economia pode ser mais significativa.

Figura 6 – Variação da temperatura e vazão de água destilada em função da vazão de água de resfriamento





Dessa forma, há a possibilidade de aumentar a eficiência do sistema ao reduzir a vazão da água de entrada. É recomendável que seja feita uma curva de consumo de água de resfriamento e de produção de água destilada para verificar o ponto ótimo de funcionamento do sistema. O ponto ótimo pode variar de acordo com a utilização posterior dessa água ou não. Caso seja reutilizada novamente como água de resfriamento, pode haver duas possibilidades: a primeira de aumentar a vazão até alcançar a temperatura desejada e a segunda de instalar um trocador de calor para recuperar parte do calor perdido.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

Como parte integrante de um sistema de gestão ambiental, este trabalho buscou promover o uso eficiente da água, a redução de custos com abastecimento, coleta e tratamento de efluentes, além de a preservação do ambiente. A elaboração de diretrizes a serem seguidas na realização de um programa de conservação de água atua no preenchimento de diversas lacunas no que tange ao uso eficiente de recursos hídricos.

O estudo de caso específico dos destiladores de água dos laboratórios indicou que a melhoria nos procedimentos operacionais dos equipamentos representam oportunidades de racionalizar o uso da água, evitando desperdícios sem que haja prejuízo à atividade desenvolvida ou ao usuário. Além disso, indicou a possibilidade de reúso dessa água, promovendo assim a conservação desse recurso.

Estudos dessa natureza são importantes para as IES, principalmente as que apresentam diferentes laboratórios e necessitam de grandes quantidades de água destilada em seus experimentos. Assim, a partir dos conceitos abordados, recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas e emprego de técnicas de conservação de água tanto nas IES, como também em sistemas prediais e atividades industriais, de acordo com as atividades descritas a seguir.

Controle de consumo de água e redução de perdas físicas: esse procedimento permite caracterizar o consumo de cada local e, ainda, identificar, monitorar e atribuir causas às variações de consumo apresentadas.

Controle de consumo total em unidades que apresentem grandes demandas: em locais compostos por diversas unidades com consumos elevados, como a Vila Olímpica e o Instituto de Biotecnologia, é importante o acompanhamento de todas as entradas de água e a caracterização do perfil de consumo de todo o conjunto para determinar intervenções a serem realizadas no sistema e verificar seus resultados, de modo a contribuir para a redução da demanda.



Redução de consumo de água em equipamentos sanitários: além da substituição de modelos de torneiras convencionais por torneiras hidromecânicas com fechamento automático, a redução no consumo de água nos sanitários pode ser obtida por meio da instalação de sistemas com válvulas hidromecânicas de fechamento automático em outros tipos de equipamentos, como em bacias sanitárias, mictórios, chuveiros e duchas.

Introdução de fontes alternativas de água: além do reúso do efluente da ETE/UCS na irrigação de jardins, há possibilidade de ampliar a reutilização de água das pias dos sanitários masculinos para sanitários cuja configuração permita a adoção desse tipo de sistema. Também pode ser realizado um estudo de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, por exemplo descargas sanitárias, limpeza de pátios e veículos, irrigação de áreas verdes, entre outros, em locais que dispõem de grandes áreas de coleta. Outra possibilidade é o reúso da água em processo (águas de resfriamento dos laboratórios).

Aplicação da Norma Brasileira de Contabilidade (NBC) T 15 na área de contabilidade: é importante que seja observada a norma de “Informações de natureza social e ambiental”, que estabelece “procedimentos para evidenciação de informações de natureza social e ambiental”, de modo a destacar diante da sociedade a participação e responsabilidade social da entidade (Conselho Federal de Contabilidade, 2004). Essa norma permite evidenciar os investimentos e gastos relativos à preservação do meio ambiente realizados por meio de projetos ambientais de preservação, manutenção e recuperação, educação ambiental, valor de multas, passivos e contingências ambientais.

Campanhas de educação ambiental: desenvolvimento de campanhas educativas junto aos funcionários e alunos da instituição sobre a importância de conservar a água e o compromisso de cada indivíduo, abordando aspectos de minimização de perdas e desperdício, uso eficiente de equipamentos e sistemas, reúso de água, entre outros.

No caso específico dos laboratórios, a partir do diagnóstico realizado, podem ser aplicadas as seguintes medidas:

Monitoramento local do consumo de água: instalação de hidrômetros exclusivamente para os laboratórios, visando controlar o volume de água consumido, detectar a ocorrência de anormalidades no consumo e verificar o impacto de adoção de medidas de otimização de uso da água.

Uso eficiente da água nos equipamentos: é extremamente importante estabelecer procedimentos operacionais para cada tipo de sistema que demanda grandes quantidades de água.



Conforme apresentado, os destiladores de água podem ser operados de forma mais eficiente ao conhecer seu ponto ótimo de funcionamento, sem causar prejuízos às atividades desenvolvidas ou oferecer riscos aos usuários.

Aquisição de equipamentos de destilação adequados à demanda de cada local: além do modo de operação, a marca, o modelo e a potência dos equipamentos também são fatores determinantes da eficiência de funcionamento. Recomenda-se que, antes de realizar a compra de novos equipamentos, se verifique a demanda de água destilada, de modo a adquirir modelo compatível.

Substituição de destiladores de água por sistemas alternativos de purificação: a partir dos dados de demanda de água destilada para cada laboratório, é possível realizar um estudo de viabilidade de substituição de equipamentos de destilação por sistemas alternativos de purificação da água. Um parâmetro importante para determinar a viabilidade de substituição é a análise da qualidade da água destilada produzida e da qualidade da água que pode ser fornecida por outro sistema. Exemplos de sistemas alternativos que podem ser estudados individualmente ou estarem associados são: osmose reversa, troca iônica, eletrodialise, adsorção por carvão ativado e desinfecção por radiação UV.

Criação de uma central única de purificação de água: no estudo de concepção de uma central única de purificação de água, deverá ser observado o sistema de produção a ser adotado (destiladores de alta produtividade, sistemas combinados de purificação) e o sistema de distribuição, considerando a demanda diária de água para cada unidade, qualidade da água a ser distribuída etc. De acordo com a demanda de cada unidade, também é possível adotar centrais setorizadas, que atendam a um conjunto específico de laboratórios e instalações, como é o caso, por exemplo, do Instituto de Biotecnologia.

Concepção de um sistema de reúso de água: para laboratórios cuja frequência de utilização de equipamentos seja diária e, assim, haja elevadas vazões, podem ser analisadas duas alternativas, a recirculação da água no próprio sistema de destilação ou a instalação de um reservatório de água sob a bancada, a fim de reaproveitá-la para a lavagem de utensílios e vidrarias.

Por fim, sugere-se a implantação de um programa permanente de uso racional ou conservação de água na UCS.



REFERÊNCIAS

Conselho Federal de Contabilidade. (2004). NBC T 15. Informações de natureza social e ambiental. Retrieved from <<http://www.portaldecontabilidade.com.br/nbc/t15.htm>>.

De Conto, S. M. (Ed.). (2010). Gestão de resíduos em universidades. Caxias do Sul, RS: EDUCS.

De Conto, S. M., Brustolin, I., Pessin, N., Schneider, V. E., & Beal, L. L. (2010). Gestão de resíduos na Universidade de Caxias do Sul: um processo de construção das atividades de ensino, pesquisa e de extensão com responsabilidade socioambiental. (p. 33-59). In: De Conto, S. M. Gestão de resíduos em universidades. Caxias do Sul: EDUCS.

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). (2005). Conservação e reúso da água em edificações. Retrieved from <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/secao2/index.asp?id=166>>.

Freire, C. C. A., & Prado, R. T. A. (2000) Emprego de dispositivos automáticos em aparelhos sanitários para uso racional da água. São Paulo. Retrieved from <http://publicacoes.pcc.usp.br/lista.htm>.

Matsumura, E. M., & Mierzwa, J. C. (2008). Water conservation and reuse in poultry processing plant: a case study. Resources, Conservation and Recycling, 52, 835-842.

Oliveira, L. H. de. (1999). Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios (Doctoral dissertation). Universidade de São Paulo, São Paulo.

Silva, G. S. da. (2004). Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o programa de uso racional da água na Universidade de São Paulo (Master's thesis). Universidade de São Paulo, São Paulo. Retrieved from <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-102420/>>.



Tamaki, H. O. (2003). A medição setorizada como instrumento de gestão da demanda de água em sistemas prediais – estudo de caso: programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. (Master's thesis). Universidade de São Paulo, São Paulo. Retrieved from <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-113615/>.

Universidade de Caxias do Sul (UCS). (2006). Instituto de Saneamento Ambiental. Retrieved from <http://www.ucs.br/>.

Wan Alwi, S. R., Manan, Z. A., Samingin, M. H., & Misran, N. A. (2008). Holistic framework for design of cost-effective minimum water utilization network. *Journal of Environmental Management*, 88, 219-252.

Willis, R. M., Stewart, R. A., Panuwatwanich, K., Williams, P. R., & Hollingsworth, A. L. (2011). Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management*, 92, 1996- 2009.