

Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental

Daniel Costa dos Santos

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR
dcsantos@cce.ufpr.br

Recebido em 18/02/2002, aceito em 23/12/2002

Resumo

Este trabalho procura refletir sobre o papel dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários na promoção da sustentabilidade ambiental, mais especificamente, dos recursos hídricos naturais. Neste sentido, é abordada inicialmente a premência da sustentabilidade ambiental e posteriormente são discutidas diversas ações possíveis relacionadas à natureza e ao uso dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, ações essas que visam a promoção da sustentabilidade. Definidas tais ações, são apresentados modelos de gestão integrada das mesmas, os quais possibilitam avaliar os benefícios, riscos e custos destas medidas de intervenção. E, em uma breve reflexão final, são discutidos os resultados de algumas simulações que cristalizam os efeitos destas ações de conservação de água sobre balanço hídrico dos recursos naturais.

Palavras-chave: sustentabilidade ambiental; conservação de água; sistemas prediais hidráulicos e sanitários; recursos hídricos

Abstract

This paper presents a discussion about the role of building water supply systems for the achievement of environmental sustainability, focussing on the natural water resources. Initially, the importance of environmental sustainability is analysed, and several possible actions regarding the nature and the use of building water supply systems for promoting sustainability are discussed. Considering those actions, some models for managing such actions are proposed, which allow their benefits, risks and costs to be evaluated. At the conclusion, the results of some simulations that illustrate the effects of water conservation actions are discussed.

Keywords: environmental sustainability; water conservation; water supply systems; water resources

Introdução

A crescente degradação ambiental é um fato inquestionável, sendo a velocidade com que surgem os problemas decorrentes notoriamente superior à velocidade com que ocorre a aplicação das soluções viáveis. O preocupante resultado é o inexorável crescimento do passivo ambiental que, a seguir esta marcha, pode inviabilizar vida no planeta. Em meio a esse processo encontra-se o Homem, o principal agente do mesmo.

É o Homem que estabelece uma relação conflituosa e contraditória com o meio ambiente. Por um lado, ele agride o meio, compartilhando de uma moral estabelecida segundo a qual a natureza está a seu dispor, podendo explorá-la para prover suas

necessidades de sobrevivência, de perpetuação, de saúde (física e psicológica) e de conforto. Por outro lado, ele pode perceber também que o atendimento de tais necessidades dependem de um Desenvolvimento Sustentável.

É o caso, por exemplo, da relação dualista que a sociedade tem com o recurso água, qual seja: universalizar o acesso à água e ao mesmo tempo promover a sustentabilidade dos recursos hídricos. Sabe-se que parcela significativa da população brasileira não tem acesso a água potável e, por outro lado, é reconhecida a realidade da exaustão dos recursos hídricos naturais, seja pelo crescente consumo de água, seja também pela crescente deterioração da qualidade dos mesmos.

Logo, cabe ressaltar o grande desafio que se define: como atender a crescente demanda da universalização do acesso quando o próprio insumo em questão tende a escassez? Contudo, para enfrentar tal desafio, felizmente tem-se construído um consenso, o qual trata da concepção e da implantação de medidas de conservação da água.

Neste sentido, a Agenda 21 propõe uma série de ações para a promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos. O Capítulo 18 denominado "Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos", apresenta uma série de Áreas de Programas voltadas para este propósito, entre os quais cabe destacar o "Desenvolvimento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos". Esta Área de Programa prevê, por sua vez, uma série de atividades, sendo que as seguintes merecem destaque diante do contexto da conservação da água:

(a) "desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como dessalinização da água, reposição artificial de águas subterrâneas, uso da água de pouca qualidade, aproveitamento de águas residuais e reciclagem de água";

(b) "promover a conservação da água por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento de água e de minimização de desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos de poupança de água".

Percebe-se, portanto, pelo espírito das atividades propostas, a urgência de implementar ações para a conservação da água na intenção de contribuir para a promoção de sustentabilidade dos recursos hídricos. E tal preocupação é expressada através de várias iniciativas que têm sido engendradas pela sociedade e pelo poder público, tanto em nível nacional quanto internacional.

É o caso, por exemplo, do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (BRASIL, 1998), administrado pelo Governo Federal, o qual estabelece estratégias de combate ao desperdício de água em nível da bacia hidrográfica, do sistema público de abastecimento de água e do sistema predial hidráulico e sanitário.

Outro exemplo a ser citado é o Programa de Uso Racional da Água (PURA) desenvolvido em São Paulo, o qual prevê um conjunto de ações no intuito da promoção do uso racional da água em nível dos sistemas prediais. O PURA é um programa resultado da parceria SABESP-USP-IPT, o qual prevê ações no intuito de conservação da água em nível residencial. Este programa teve início em 1996, conforme Gonçalves e Oliveira (1997), e foi concebido para atender os seguintes objetivos básicos:

(c) desenvolver e disponibilizar ao público produtos que propiciam o uso da água de forma eficiente;

(a) desenvolver modelos no intuito de mensurar a influência decorrente do uso de aparelhos sanitários economizadores de água sobre a magnitude da demanda de água nas edificações;

(b) elaboração de documentação técnica e institucional visando embasar ações do programa.

Diante destes objetivos, e após algumas pesquisas pertinentes que envolveram desde levantamento de documentos técnicos até o desenvolvimento de estudos de casos específicos em edifícios comerciais, cozinhas industriais e escolas, foi efetivamente estruturado nos seguintes projetos:

(a) **Projeto 1: Banco de Dados sobre Tecnologias, Documentos Técnicos e Estudos de Caso**, cuja finalidade é disponibilizar informações diversas ao público em geral;

(b) **Projeto 2: Laboratório Institucional do Programa do Uso Racional da Água em Edifícios (LIPURA)**, o qual é constituído por um conjunto de laboratórios institucionais e privados que objetivam avaliar a eficiência de produtos, processos, componentes e sistemas voltados para o uso racional da água;

(c) **Projeto 3: Programa de Avaliação e Adequação de Tecnologias**, no qual são previstas ações de checagem de tecnologias com a intenção de evitar que produtos e processos inadequados permaneçam no mercado;

(d) **Projeto 4: Caracterização da Demanda e o Impacto das Ações de Economia no Setor Residencial**, que prevê basicamente ações para caracterização da demanda, assim como a confecção de um modelo para determinação da mesma. Para tanto, algumas ações seqüenciais são necessárias, tais como a definição da metodologia de trabalho para determinação do espaço amostral, a caracterização da demanda da água, a participação da comunidade e a avaliação do impacto econômico decorrente do uso de aparelhos economizadores de água. A determinação do espaço amostral deve considerar variáveis econômicas, geográficas e aquelas relativas a tipologia da habitação. Os dados então obtidos são compilados e aproveitados na confecção do modelo de demanda. Referente à caracterização da demanda de água, são importantes ações como a caracterização do hábitos do usuário, a avaliação da resposta do usuário durante a aplicação do programa de uso racional da água, quantificação da demanda total de água antes e após da aplicação das medidas de conservação e, por fim, definição do perfil do consumo de cada tipo de aparelho sanitário, isto é, a parametrização do consumo. Enfim, os resultados de

tais ações permitem portanto a concretização do modelo de demanda.

(e) **Projeto 5: Documentos Relacionados às Leis, Regulamentos e Programas de Garantia de Qualidade**, o qual procura estabelecer bases documentais para a implementação do PURA.

(f) **Projeto 6: Programas de Consumo Reduzido de Água em Edificações não Residenciais**, que engloba hospitais, escolas e prédios comerciais. Foi criado em função da elevada parcela de edifícios não residenciais, atendidas pelo sistema público de abastecimento de água. Quanto a metodologia prevista para a aplicação deste programa, destacam-se basicamente o Diagnóstico Geral que avalia o uso da água e o desempenho do sistema e, posteriormente, o Plano de Intervenção, o qual prevê ações de detecção e correção de vazamentos, de substituição de aparelhos sanitários convencionais por economizadores, além de campanhas educativas.

Há também o Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações (SANTOS, 2001), o qual prevê, entre outras medidas, o reuso de águas servidas além do aproveitamento da água da chuva e da água subterrânea. Enfim, são programas de intervenção cujas ações permeiam, direta ou indiretamente, pelos meios natural e antrópico.

Propõe-se, portanto, nesta discussão, uma abordagem crítica sobre as ações possíveis no meio antrópico, mais especificamente na habitação, que possam contribuir para a promoção da sustentabilidade do meio natural, em especial os recursos hídricos.

Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários

A importância dos sistemas prediais na construção civil relaciona-se não apenas com as primordiais necessidades relativas a higiene e saúde, mas também com as evolutivas noções de conforto impostas por um dinâmico comportamento social. Neste sentido, muitas pesquisas têm sido desenvolvidas no intuito de torná-los cada vez mais eficientes no atendimento das exigências dos usuários. No entanto, no contexto atual, onde há a necessidade de que o desenvolvimento seja sustentável, os sistemas prediais passam a serem exigidos também, em seu desempenho, para além das fronteiras da edificação, ou seja, pelas demandas ambientais. Desta forma, os sistemas prediais necessitam serem concebidos tanto para satisfazerem o habitante assim como para contribuir para a promoção da sustentabilidade do habitat. Neste cenário encontra-se o projetista, cuja missão é atender os anseios sociais e ambientais, em meio a emergentes avanços tecnológicos e a

necessidade ímpar de racionalização, questões estas singulares na competitiva estrutura econômica estabelecida. Isto posto, é oportuno supor que o projetista necessite de sensibilização, conhecimento e informação relativos aos princípios teóricos que sustentam tanto o convencional quanto o novo.

Considerando que o tema transversal desta discussão é a conservação da água, alguns sistemas prediais hidráulicos e sanitários serão apresentados sucintamente a fim de embasar o desenvolvimento da mesma.

No caso do Sistema Predial de Água Fria (SPAF), é imprescindível o atendimento de demandas relativas a vazão, a pressão e a qualidade da água nos pontos de consumo, no sentido de propiciar ao usuário um uso "confortável" da mesma. Para tanto, a definição de volumes e cotas dos reservatórios superiores, o cálculo adequado dos diâmetros das tubulações, o atendimento das pressões dinâmicas mínimas de cada aparelho sanitário, entre outras variáveis, é de fundamental relevância na confecção do projeto. Outrossim, fatores como a operacionalidade e manutenibilidade são importantíssimos a serem considerados, uma vez que facilitam o bom desempenho do sistema.

Mas há outros fatores também importantes para o projetista. É o caso por exemplo da estimativa da vazão do projeto para cálculo dos diâmetros das tubulações da rede de distribuição do SPAF. A vazão de projeto é usualmente estimada pelo método dos Pesos Relativos, conforme preconizado pela norma "Instalação Predial de Água Fria - NBR 5626" (ABNT, 1998). Porém, é consenso que este método normalmente superestima a vazão do projeto e, conseqüentemente, superestima os diâmetros das tubulações. Todavia, existe uma série de modelos estatísticos que possibilitam uma estimativa mais realista da vazão de projeto, fato este que otimiza e racionaliza o projeto, pois são atenuadas as possibilidades de superestimativa. Cumpre salientar que a norma acima citada também prevê a possibilidade de utilizar a teoria das probabilidades para estimar a vazão de projeto.

Com relação a contribuição do sistema predial de água fria para a promoção da sustentabilidade hídrica, cabe ressaltar a questão da conservação da água. Portanto, as medidas de conservação de água ao propiciarem a economia de água no espaço domiciliar, automaticamente estarão economizando no sistema público e nos mananciais.

Para o sistema predial de água quente, todas as considerações acima tecidas para o sistema predial de água fria igualmente são pertinentes. No entanto, é oportuno aqui destacar a questão do insumo energético para aquecer a água. Na atual crise energética, reforçou-se a convicção já conhecida de

que é um desperdício de energia aquecer água através da energia elétrica. Tal realidade tem incentivado o desenvolvimento contínuo de tecnologias de aquecimento da água, cujos insumos são o gás e a energia solar.

Novas concepções, configurações e tecnologias referentes aos Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário (SPES) também têm sido desenvolvidas no intuito de atender as demandas do usuário, do projetista e do meio ambiente. Neste sentido, é importante ressaltar a revisão da norma " Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário: Projeto e Execução - NBR 8160" (ABNT, 1999), onde requisitos como "propiciar rápido escoamento do esgoto" e "garantir o impedimento do retorno de gases ao ambiente" foram reforçados em sua importância de maneira a assegurar a higienização e conforto ao usuário. Todavia, o projetista, ao procurar atender seus próprios requisitos, impõe consequentemente outros requisitos, entre eles a racionalização e a otimização do SPES. E tal imposição gerou e tem gerado uma série de pesquisas e tecnologias, destacando-se os trabalhos desenvolvidos por Santos (1998), Masini (1999) e Fernandes (2002), as quais são em parte também observadas na atual norma.

Nesta direção, o fator de maior destaque na atual versão da NBR-8160 consiste na flexibilidade outorgada ao projetista para que o mesmo consiga personalizar a configuração do SPES para cada projeto. Tal possibilidade é viabilizada com a aplicação do método hidráulico apresentado no anexo da referida norma, o qual é colocado como uma alternativa ao método convencional. Ou seja, o projetista pode conceber, projetar e dimensionar os SPES da forma tradicional, sem considerar as particularidades da edificação em questão, ou, de forma alternativa, considerando diferentes tipologias de ventilação (somente ventilação primária, ventilação secundária com ramais e colunas, só com coluna, com válvulas de admissão de ar, entre outros), sendo necessário, nesse caso, empregar o método hidráulico para o dimensionamento e, através do modelo também constante na norma, verificar a adequação da ventilação prevista. A concepção tradicional, por exemplo, prevê, sempre, um sistema composto pelo subsistema de coleta e condução (aparelhos sanitários, tubos, conexões e demais acessórios) e pelo subsistema de ventilação (primária e secundária) (SANTOS, 1998).

Os SPES também podem ser concebidos no intuito de propiciar o reuso de águas servidas no interior das habitações. É o caso da reutilização da água cinza, a qual consta efetivamente de uma medida de peso na ação da economia de água e que, por consequência, contribui para a busca da sustentabilidade hídrica. É importante aproveitar ainda este ensejo para observar que o reuso do esgoto doméstico em sua totalidade

para atender fins domésticos também é possível e já consta de medida adotada em vários países (EVANS, 1989). Porém, como a tecnologia que possibilita esta prática nas edificações ainda é muito dispendiosa para obter-se segurança sanitária adequada, torna-se uma alternativa de difícil viabilidade na atualidade. Este tema será abordado no próximo item.

Por último, diante do contexto sob abordagem, é o papel do Sistema Predial de Água Pluvial. Este deve atender requisitos de conforto e de segurança sanitária, ambos relacionados ao esgotamento rápido da água da chuva do ambiente da edificação, de maneira a evitar empoçamentos e refluxos. A questão sanitária tem sido alvo de freqüente preocupação, haja vista a série de doenças que são relacionadas às águas, a destacar a leptospirose e a dengue. O SPAP também adquire importância na questão da sustentabilidade ambiental, pois pode ser concebido para propiciar o aproveitamento da água da chuva. Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas neste sentido, as quais demonstram a viabilidade desta prática. Este tema será apresentado em maiores detalhes no próximo item.

A conservação da água nas edificações

“Conservação da Água” é aqui admitida como um conjunto de ações que propiciam a economia de água, seja nos mananciais, seja no sistema público de abastecimento de água, seja ainda nas habitações. Restringindo ao cenário das habitações, é oportuno destacar que, com relação à tipologia das ações de economia, as mesmas podem ser de uso racional de água e de utilização de fontes alternativas. As ações de uso racional são basicamente de combate ao desperdício quantitativo, como a priorização do uso de aparelhos sanitários economizadores de água, o incentivo à adoção da medição individualizada, a conscientização do usuário para não desperdiçar água no ato do seu uso, a detecção e controle de perdas de água no sistema predial de água fria, o estabelecimento de tarifas inibidoras do desperdício, entre outras.

Já a utilização de fontes alternativas consta de utilizar fontes opcionais àquelas normalmente disponibilizadas às habitações. Destacam-se a água cinza, a água da chuva, a água subterrânea, a água mineral envasada e a água distribuída em caminhões pipa. Convém salientar que a consideração destas fontes como alternativas partiu da premissa que a fonte principal refere-se ao sistema público de abastecimento de água.

Ações de uso racional da água

Utilização de Aparelhos Economizadores de Água

No que se refere a utilização de aparelhos e dispositivos sanitários economizadores de água, é importante comentar que existe uma série deles disponíveis no mercado, como bacias sanitárias de volume reduzido de descarga, chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descargas, arejadores, etc.

Adoção da Medição Individualizada

A adoção de medição individualizada consta de uma medida importante para edifícios. Trata-se de um hidrômetro por economia, onde os respectivos moradores arcam com aquilo que consomem, eliminando conseqüentemente a polêmica cobrança por rateio. Convém enfatizar que alguns prédios de alto padrão em Curitiba já adotam esta medida, assim como existem soluções de menor custo para edificações de padrão médio. Ressalta-se também que a força da tarifação tem demonstrado ser um agente de grande eficiência para economia de água, pois é sabido que tarifas de certa expressão realmente inibem o desperdício. Aliás, esta consta de uma realidade que tem impulsionado a adoção da medição individualizada. Conforme Tomaz (1998), o uso da medição individualizada reduz de 15 a 30% o consumo de água na edificação.

Conscientização do Usuário

Quanto a conscientização do usuário, é consenso que este de fato é um problema complexo. Seriam necessárias intervenções educacionais que realmente despertassem o usuário e o conduzissem a uma revolução comportamental onde, sob um novo paradigma pessoal, motivasse-o a posicionar-se contra o desperdício (CASTRO, 2000).

Controle de Perdas de Água

Relativo as medidas de controle de perdas de água, é importante considerar a detecção e as ações corretivas. Oliveira (1999), trata muito bem deste tema em seu trabalho, no qual destaca caminhos de detecção de vazamentos, assim como justifica a necessidade de corrigi-los.

O Desperdício Qualitativo

É importante também destacar a questão do desperdício qualitativo de água o qual é associado às questões de salubridade da habitação. Assim sendo, propõe-se como conceito de desperdício qualitativo de água o "volume de água potável que é inviabilizado qualitativamente para o consumo". É o caso, por exemplo, da água potável servida às residências onde, água potável é aqui admitida como aquela que atende

aos padrões de potabilidade preconizados pela recente Portaria 1469 do Ministério da Saúde.

No entanto, o fato da água encontrar-se potável na entrada da edificação não garante que a mesma esteja potável no ponto de consumo. Isto ocorre porque existem pontos potenciais de contaminação da água no referido trajeto. Ou seja, a água pode contaminar-se nas peças de utilização, nas tubulações e nos reservatórios. Nas peças de utilização, pode ocorrer a retrossifonagem, através da qual a água potável pode ser exposta ao contato com a água servida. Este fenômeno, por exemplo, pode ocorrer na bacia sanitária e na torneira de jardim.

A contaminação nas tubulações pode ocorrer, por exemplo, quando não existe um posicionamento relativo adequado entre tubulações dos sistemas de esgoto sanitário e de água ou pela corrosão dos metais de que eventualmente se constituem os tubos, registros e válvulas. A entrada de água contaminada para o interior das tubulações pode ocorrer através de falhas da vedação ou através dos pontos de utilização.

Os reservatórios, por sua vez, são os locais mais frágeis quanto à possibilidade de contaminação da água no sistema predial. As principais causas de consistem em falhas construtivas (originadas nas etapas de projeto e/ou execução) e na deficiência dos trabalhos de manutenção. As formas mais comuns são a contaminação por infiltração de águas servidas; pela entrada de pequenos animais através das aberturas de acesso e do extravasor; separação atmosférica inadequada; falta de limpeza periódica, com a conseqüente acumulação de matéria orgânica no fundo do reservatório, a qual consome grande parte do cloro residual da água; poluição atmosférica devido o ar contaminado por elementos tóxicos e partículas em suspensão; entre outras. Sugere-se, portanto que esta forma de desperdício seja considerada na avaliação do desempenho da edificação, pois, efetivamente, consta de volume de água previamente tratada que posteriormente tem a sua qualidade desperdiçada.

Utilização de Fontes Alternativas de Água

Água Cinza

A água cinza é aquela proveniente dos lavatórios, chuveiros, tanque e máquinas de lavar roupa. A possibilidade de seu uso já está sendo avaliada em alguns países preocupados com a escassez dos recursos hídricos. Quantitativamente reconhece-se que seu uso, em nível doméstico, se justifica. Todavia a qualidade necessária à água cinza para atender os usos previstos deve ser rigorosamente avaliada sob o enfoque da garantia da segurança sanitária.

Pode-se citar como exemplo, as avaliações desse tipo de reuso de água que vêm sendo conduzidas na

Universidade do Arizona, Estados Unidos, apresentada por Gelt et al. (2001). Entre as intenções de tal avaliação está a necessidade em conhecer o potencial de uso eficiente da água cinza, determinando para isso os possíveis riscos que esta possa causar à saúde dos usuários. Desta maneira, espera-se aumentar o uso público de forma consciente. Neste sentido, o uso da água cinza no Arizona, encontra-se regulamentado pelo "Department of Environmental Quality (DEQ)", mais especificamente no Artigo 07, Capítulo 09 do regulamento "Environmental Quality" (WATER CASA, 2002). Outro estado dos Estados Unidos que também instituiu uma legislação para o reuso desta água, é o da Califórnia, onde se permite o uso residencial para atividades como a irrigação superficial.

Neste ponto, portanto, estabelece-se a fundamental questão a ser observada para o uso da água cinza: os custos de tratamento para que esta possa ser utilizada com a segurança sanitária requerida, onde, em maiores níveis de exigência de uso, maiores serão tais custos.

Referente a configuração básica de um sistema de utilização da água cinza, a mesma consta basicamente do subsistema de coleta da água servida, do subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e coletores), da unidade de tratamento da água (gradeamento, decantação, filtro e desinfecção) e do reservatório de acumulação. Pode ainda ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição.

Características do subsistema de coleta, como a vazão específica dos aparelhos sanitários, associados à realidade de seus usos (frequência e duração do uso), permitem estimar a vazão diária a ser coletada. Estimada a vazão, é possível os diâmetros do sistema de condução. Já o dimensionamento do reservatório igualmente requer o conhecimento da vazão estimada, assim como da demanda prevista de água cinza. Neste sentido podem ser utilizados modelos estatísticos de previsão, conforme já comentado no item referente ao Sistema Predial de Água Fria.

Para a unidade de tratamento de água, faz-se necessária inicialmente a avaliação da qualidade da água cinza para poder-se então conceber o respectivo projeto. O processo de gradeamento é importante no sentido da remoção de sólidos grosseiros. A decantação por sua vez, ocorre no próprio tanque de acumulação, gerando formação de lodo no fundo do mesmo. O filtro recomendado neste caso é o filtro de dupla camada contendo areia e carvão ativado. Esta característica é fundamental, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água, assim como de substâncias que geram odores. Já a desinfecção é importantíssima para a remoção dos agentes

patogênicos, os quais são oriundos dos pontos de coleta ou dos próprios reservatórios de acumulação, pois estes últimos são meios próprios para o desenvolvimento de microorganismos. Como agente desinfetante pode ser previsto o cloro, cujos custos são viáveis. Todavia deve ser considerada a questão da geração dos subprodutos resultantes do contato deste com a matéria orgânica. A radiação ultravioleta apresenta-se também como uma alternativa interessante sob o aspecto da eficiência da desinfecção, porém seus custos costumam ser elevados em comparação ao cloro.

Quanto a existência do sistema de recalque, do reservatório superior e rede de distribuição, cabe destacar que irá depender da cota do reservatório de acumulação e do uso previsto para a água cinza. Por exemplo, um reservatório inferior apoiado no terreno pode disponibilizar pressão dinâmica suficiente à água para que se possa regar jardins. Já para o atendimento de descargas de bacias sanitárias impõe-se a necessidade de um sistema elevatório, que recalque a água do reservatório inferior para o superior, no qual é conectada a rede de distribuição.

Água da Chuva

A água da chuva também é uma fonte alternativa importante, principalmente para as regiões onde o regime pluviométrico é generoso em termos quantitativos e distributivos ao longo do ano. Referente à qualidade da água da chuva, a mesma já tem sido avaliada em uma série de pesquisas. No entanto, em tais trabalhos, normalmente a água da chuva é coletada diretamente, isto é, sem ter tido qualquer contato físico prévio, a não ser com a própria atmosfera. Porém, a água da chuva a ser coletada em uma edificação, tem um contato com o sistema de drenagem pluvial da mesma, isto é, o telhado, as calhas e os condutores verticais. Ou seja, a água da chuva a ser utilizada é coletada de forma indireta, fato este que altera sua qualidade. Logo, justifica-se sua devida caracterização, de maneira que, conforme comentado para água cinza, tais características possam ser confrontadas com os requisitos necessários para seu uso de forma adequada.

A configuração básica de um sistema de aproveitamento de água da chuva consta da área de captação (telhado, laje, piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e condutores horizontais), da unidade de tratamento da água (reservatório de autolimpeza, filtros desinfecção) e do reservatório de acumulação. Pode ainda ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição. Características da área de captação, como as dimensões, forma e rugosidade, associadas as características hidrológicas locais como a intensidade pluviométrica e o período

de retorno, permitem estimar a vazão a ser captada. Estimada a vazão, é possível dimensionar o sistema de condução. Já o dimensionamento do reservatório igualmente requer o conhecimento da vazão estimada, assim como da demanda de água da chuva prevista. Neste sentido podem ser utilizados métodos onde a demanda é considerada constante ou o método onde adota-se o máximo intervalo de dias secos, por exemplo.

Referente a unidade de tratamento de água, faz-se necessária inicialmente a avaliação da qualidade da água da chuva. Conforme já comentado, existe uma série de dados sobre a qualidade da água da chuva quando coletada em estações apropriadas. Por exemplo, em regiões onde existe poluição atmosférica, ocorre a acidificação da água da chuva podendo o pH atingir valores em torno de 4,0. Pouco conhecimento publicado há sobre a qualidade da água da chuva após o contato com a área de captação, uma vez que esta consta de um potencial meio poluidor da água. Ou seja, a água pode adquirir substâncias causadoras de contaminação, entre outras características desfavoráveis.

Portanto, fatores como a acidificação da água da chuva, associados à possibilidade de infecção de contaminantes no contato da mesma com as áreas de captação, implicam na necessidade de unidades apropriadas de tratamento desta água. O reservatório de autolimpeza pode ser considerado como uma unidade deste tipo, pois possibilita o descarte do volume inicial da água que literalmente lava a área de captação. O filtro de areia, por sua vez, é uma alternativa ao reservatório de autolimpeza, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água. Já a desinfecção é importantíssima para a remoção dos agentes patogênicos, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios de acumulação, que são meios próprios para o desenvolvimento de microorganismos. Como agentes desinfetantes, pode ser previsto o cloro e a ultravioleta, de forma semelhante a água cinza. Quanto a necessidade do sistema recalque, do reservatório superior e rede de distribuição cabem aqui as mesmas observações tecidas para a água cinza.

Convém ainda salientar que o sistema de coleta e condução da água da chuva não é dispendioso, pois pode ser, com pequenas adaptações, o próprio sistema predial de água pluvial. O reservatório, no entanto, dependendo da relação Disponibilidade x Demanda, pode adquirir certas dimensões que o torne dispendioso. No entanto, sob a perspectiva que o aproveitamento da água da chuva seja apenas complementar ao sistema principal, tais custos, após um estudo de otimização, podem ser reduzidos.

Água Subterrânea

As águas subterrâneas podem ter origem em lençóis freáticos ou lençóis artesianos. Em muitas edificações, os lençóis artesianos constituem-se em uma grande fonte complementar ou até na fonte principal. A água subterrânea, por sua vez, tem sua qualidade extremamente atrelada às características geológicas e às atividades antrópicas do local. Ou seja, as condições específicas locais são fortemente definidoras da qualidade desta água, o que implica num estudo detalhado de cada fonte. Caracterizada a água subterrânea, faz-se necessário avaliar sua potencialidade de uso, conforme requisitos preestabelecidos. Isto é, segue-se o mesmo procedimento apontado para água cinza e água da chuva.

Água Envasada e Caminhões Pipa

É crescente a utilização de água mineral envasada entre a população. Ao substituir a água do Sistema Público de Abastecimento de Água na alimentação e cocção, estima-se quem consumo diário *per capita* na ordem de 5,0 litros. Tal valor pode ser considerado pequeno diante de um universo de 150 litros, por exemplo, mas considerando o total da população, adquire certa significância na avaliação da relação Produção x Demanda dos mananciais. É importante ainda comentar que no Brasil estas águas devem atender as portarias específicas de potabilidade.

Inicialmente é necessário avaliar se a fonte é segura quanto ao aspecto sanitário. Todavia é no envase que deve-se ter maiores cuidados para que a água não seja contaminada. Os caminhões pipa também podem ser considerados como fontes alternativas, mas normalmente, em várias regiões brasileiras, são utilizados em situações emergenciais.

A Gestão do Uso da Água nas Edificações

Retomando a reflexão a respeito das ações em nível domiciliar voltadas para a promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos, salienta-se a premência da gestão adequada do uso da água nas edificações, gestão esta que deve abordar tanto o aspecto quantitativo quanto o aspecto qualitativo deste insumo. Neste sentido, cabe discorrer sobre algumas ações que estão em pleno andamento através de várias iniciativas que têm sido engendradas pela sociedade e pelo poder público.

É o caso, por exemplo, conforme já citado, do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (BRASIL,1998), administrado pelo Governo Federal, cujo objetivo geral é a promoção do uso racional da água para o abastecimento público, beneficiando áreas como a saúde pública, o saneamento ambiental, entre outras. Não obstante, na qualidade de objetivos específicos, salienta-se o

intuito de definir e implantar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais que propiciem uma real economia de água. Neste sentido, o programa estabelece estratégias de combate ao desperdício de água em nível da bacia hidrográfica, do sistema público de abastecimento de água e dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Tais conteúdos são apresentados nos Documentos Técnicos de Apoio (DTA), que estão organizados em três grandes linhas, a saber, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (BRASIL, 1998):

- (a) Planejamento, Gestão e Articulação Institucional das Ações de Conservação e Uso Racional da Água;
- (b) Conservação da Água nos Sistemas Públicos de Abastecimento;
- (c) Conservação da Água nos Sistemas Prediais.

Dentre os DTA confeccionados, cabe citar, a fim de exemplo, o DTA-A2: Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água, o DTA-B1: Elementos de Análise Econômica Relativos ao Consumo Predial e o DTA-B2: Subsídios às Campanhas de Educação Pública Voltadas à Economia de Água.

Outro exemplo é o trabalho apresentado por Oliveira (1999), intitulado “Metodologia para Implantação de Programa de Uso Racional de Água em Edifícios” o qual compõe o Projeto 6 do PURA, já apresentado. Esta metodologia apresenta um conjunto de ações no intuito da promoção do uso racional da água em nível dos sistemas prediais, onde são previstas quatro etapas sucessivas, ou sejam: a Auditoria do Consumo de Água, o Diagnóstico, a Elaboração do Plano de Intervenção e a Avaliação do Impacto da Redução do Consumo de Água.

A Auditoria do Consumo de água objetiva o conhecimento da utilização da água no sistema. Já o Diagnóstico consta de uma síntese dos dados auditados. A Elaboração do Plano de Intervenção consta de um conjunto de ações promotoras da economia de água em nível predial. E, enfim, ocorre a Avaliação do Impacto da Redução do Consumo de Água, de maneira a verificar a eficiência obtida pelo plano de intervenção.

Outro trabalho a ser destacado é a metodologia proposta por Passeto e Gonçalves (2001), a qual visa avaliar os programas de gestão do uso da água em vários tipos de edificação. Esta metodologia, que teve sua concepção baseada no PURA e no PNCDA, considera questões diversas como as tecnológicas, comportamentais e administrativas, além de propor auditoria e estimativa de oito requisitos sistêmicos, quais sejam: Planejamento e Coordenação, Infra-estrutura e Organização, Mobilização do Usuário, Procedimentos de Processo, Tecnologia Aplicada,

Manutenção e Atualização, Controle e Gerenciamento e, enfim, Resultados.

Neste trabalho apresentado pelos autores acima citados, são apresentados os resultados de aplicação desta metodologia em edificações de três empresas, que configuram três estudos de caso. Objetiva portanto esta metodologia auxiliar empresas e a sociedade em geral nas suas avaliações da eficácia dos esforços de conservação de água.

No Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações (SANTOS, 2001), há a previsão da gestão qualitativa e quantitativa da água. Para tanto, este programa prevê ações como Caracterização do Consumo de Água, Caracterização das Ações de Economia de Água, Avaliação da Aplicabilidade Integrada das Ações de Economia de Água e a Confecção do Plano de Gestão de Uso de Água. Tais ações seguem comentadas a seguir.

Caracterização do Consumo de Água

A Caracterização do Consumo de Água trata do estabelecimento e da organização de um conjunto de procedimentos visando a caracterização temporal e funcional do consumo de água. A caracterização temporal baseia-se no levantamento do histórico do consumo, enquanto a funcional é aqui admitida como a parametrização do consumo em função dos diversos usos e desperdícios pertinentes na edificação.

O levantamento do histórico do consumo é de extrema importância, pois permite avaliar, ao longo do tempo, as influências do comportamento do usuário, do desempenho dos sistemas prediais de água fria e quente, da sazonalidade, entre outras variáveis, sobre o consumo de água. Para tanto, com base no levantamento em questão, existem modelos estatísticos de previsão de demanda de água, os quais possibilitam previsões de curto, médio e longo prazo. (BILLINGS; JONES, 1986)

Quanto à parametrização do consumo de água na edificação, cumpre comentar que existe uma série de dados já publicados. No Documento Técnico de Apoio A1, do PNCDA, é apresentada uma caracterização do consumo de água para um apartamento situado em um conjunto residencial para população de baixa renda, sendo apresentados na tabela 01 os respectivos dados desta parametrização. Não obstante, a *American Water Works Association* (AWWA), conforme Water CASA (2002), apresenta dados sobre domicílios americanos. Objetiva-se portanto, com esta caracterização, identificar uma hierarquia baseada na magnitude do consumo no intuito de identificar prioridades das ações de economia de água.

Aparelho Sanitário	Consumo de água (%)	
	AWWA*	PNCDA**
Bacia Sanitária	26,1	5,0
Chuveiro	17,8	55,0
Banheira	1,8	-
Lavatório e Pia de Cozinha	15,4	26,0
Lavadora de Pratos	1,4	-
Lavadora de Roupas	22,7	11,0
Perdas Físicas	12,7	-
Outros	2,1	3,0

* AWWA: American Water Works Association

** PNCDA: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

Tabela 1 - Parametrização do Consumo da Água nas Edificações Domiciliares (GELT et al., 2001; BRASIL, 1998)

Caracterização das Ações de Economia de Água

A caracterização das Ações de Economia de Água trata da definição e verificação da exequibilidade das mesmas, sob a ótica da tríplice relação entre os respectivos benefícios, riscos e custos associados. O benefício é avaliado em função da potencial economia de água em nível predial e da bacia hidrográfica, enquanto o risco abrange os riscos sanitários possíveis relacionados às medidas como o uso da água cinza e da água da chuva. Por fim, os custos econômicos associados à relação **benefício x risco**, previamente admitida, é que apontam a viabilidade de projeto.

Objetivando ilustrar alguns benefícios, um exemplo interessante a ser abordado consta da bacia sanitária de 6 litros de descarga. Comparada àquela de 12 litros de descarga, tem-se a significativa economia de 50% de volume de água por descarga. Nesta ótica, considerando que o usuário utilize a bacia sanitária convencional (12 litros) quatro vezes por dia, seu consumo de água é da ordem de 48 litros. Substituindo esta bacia convencional de 12 litros por uma economizadora de 6 litros, seu consumo passa para 24 litros diários, economizando assim outros 24 litros. Para um consumo médio *per capita* de 132 L/hab. dia, conforme apresentado em Santos, Saunitti e Busato (2001) para Curitiba e Região Metropolitana, este valor representa uma possibilidade de economia de 18%, aproximadamente.

No caso da água cinza é possível fazer uma simulação similar para cada usuário. Considerando que o chuveiro tenha uma vazão de 0,10 litros por segundo e que o mesmo seja acionado apenas uma vez por dia, e durante 10 minutos, o volume consumido de água é de 60 litros. Considerando também que o usuário utilize cinco vezes por dia o lavatório, durante 30 segundos cada utilização, com vazão específica de 0,10 litros por segundo, o volume consumido de água é de 15 litros. Logo, diante destas alternativas, o consumo diário per capita no lavatório e no chuveiro é da ordem de 75 litros. Considerando este volume como volume potencial de água cinza, e admitindo perdas de aproximadamente 5,0 % no sistema predial de água cinza, o volume disponibilizado seria em torno de 71

litros. Em contrapartida, a descarga da bacia sanitária consome em média de 10 a 12 l/s de água potável a cada vez que é acionada e supondo que o usuário a utilize quatro vezes ao dia, o consumo é de 48 litros de água. Conclui-se então, que se a água cinza puder ser reutilizada em lugar da água potável na descarga da bacia sanitária, já existiria a possibilidade de uma economia de 48 litros de água potável restando, ainda, 23 litros para outros fins menos nobres.

Benefícios decorrentes da conscientização também merecem atenção, conforme já comentado. No caso do morador por exemplo, uma nova postura de racionalização seria efetivamente uma poderosa ação de conservação de água, haja vista o exemplo a seguir.

Considerando o consumo diário per capita de 132 litros e que, no ato de escovar os dentes, o usuário leve aproximadamente três minutos. Admitindo-se uma vazão de 0,10 litros por segundo para o lavatório, e que o usuário ao escovar os dentes permaneça com a torneira aberta (água corrente) durante os três minutos, o mesmo consumirá aproximadamente 18 litros. Porém, se em uma atitude econômica a torneira permanecer aberta apenas 30 segundos, duração esta considerada aqui como razoável na escovação dos dentes, o volume consumido será de apenas 3 litros. Nesta atitude econômica portanto, serão poupados 15 litros. Caso o usuário, em sua residência, escove os dentes duas vezes por dia, serão poupados 30 litros, valor este que é de aproximadamente 22 % do consumo diário *per capita* de 132 litros.

Com relação a custos cabe citar dois exemplos. No primeiro, relativo a água cinza, cabe comentar a simulação desenvolvida por Chahin et al. (1999), para um edifício residencial de 15 andares com 4 apartamentos por andar, situado em São Paulo. O custo inicial de implantação do sistema da água cinza seria na ordem de R\$ 17.000,00 (valores de 1998); já o custo de operação foi estimado em R\$ 300,00/mês. A economia mensal decorrente foi na ordem de R\$ 2.600,00, ao assegurar a economia de água potável. Considerando estas condições portanto, os autores avaliaram que em sete meses de economia de água e consequentemente de recursos financeiros, o investimento é totalmente pago. Gelt et al. (2001) por sua vez, estimou o custo de tratamento e distribuição de água cinza, em residências, na ordem de US\$ 1.500,00. Já o reservatório de acumulação, com volume aproximado de 19.000 litros, foi orçado na faixa de US\$ 0,13 por litro.

O segundo exemplo, relacionado aos custos para sistemas de aproveitamento da água da chuva, Tomaz (1998) apresenta valores para reservatórios de acumulação. Considerando neste item que o reservatório seja de fibra de vidro, o citado autor apresenta valores médios (para volumes na faixa de

600 a 20.000 litros) de US\$ 0,35/litro para reservatório enterrado e US\$ 0,175/litro para reservatório apoiado. Saliente-se que nestes custos estão considerados também os custos do reservatório de autolimpeza e da bomba flutuante.

Quanto aos riscos sanitários, cabe inicialmente considerar que tais riscos são admitidos como aqueles associados ao uso de água contaminada. Neste sentido, e trabalhando apenas no universo da edificação, existem riscos no consumo da água potável que eventualmente tem sua qualidade original alterada (desperdício qualitativo), na utilização da água cinza e no aproveitamento da água da chuva.

A metodologia usual para a avaliação de risco consta da distribuição de Beta-Poisson Water CASA (2002), apresentada na equação 1:

$$P = 1 - (1 + (N/b))^{-a} \quad (1)$$

Onde,

P - probabilidade de infecção;

N - concentração do elemento de exposição;

a,b - constantes da curva dose-resposta.

Conforme pesquisa apresentada pelo Water CASA (2002), onde é avaliado o risco da utilização da água cinza para fins de irrigação, constatou-se a presença de coliformes fecais e estreptococos, os quais acenam para a possibilidade da existência de microorganismos patogênicos como a *salmonella*, a *shigella* e vírus. No caso dos coliformes fecais, por exemplo, os mesmos foram detectados em todas amostras analisadas. E, ao avaliar o comportamento das concentrações de coliformes fecais, observou-se que tais concentrações apresentam variações sazonais, além do fato, que estas concentrações são maiores em residências que têm crianças, animais e reservatórios subterrâneos. Cabe citar também o caso específico da *Escherichia Coli*, que foi detectado em todas residências pesquisadas. Quanto aos protozoários, o estudo aponta que não foram detectados, ainda que o número de amostras tenha sido pequeno. A tabela 2 ilustra as observações acima descritas.

Características da Edificação (Domicílio)	Valores Médios de Concentração de Coliformes Fecais
Com Crianças (0-12 anos)	4,99.10 ³
Sem Crianças	4,25. 10 ³
Reservatório Enterrado	1,82.10 ⁴
Reservatório Apoiado	6,43.10 ²
Com Animais	2,12. 10 ³
Sem Animais	3,34. 10 ⁴

Tabela 2 - Concentração de Coliformes Fecais na Água Cinza em Função das Características das Edificações (WATER CASA, 2002)

Quanto aos riscos efetivamente estimados pela distribuição Beta-Poisson, constatou-se nas edificações que utilizam água cinza para irrigação, riscos de contaminação superiores a 1×10^{-4} por ano de exposição. Interessante também foi observar que nas residências que reutiliza a água cinza da pia de cozinha, o risco de contaminação aumentou acentuadamente. Residências com a presença de crianças também apresentou fatos reveladores, pois percebeu-se que neste caso pode haver um risco adicional em função da presença de crianças, principalmente para aquelas com idade inferior a 6 anos.

Enfim, estes são exemplos de algumas ações que podem ser engendradas no intuito da conservação da água no âmbito domiciliar. Conforme já comentado, outras ações são possíveis para as quais, no entanto, devem ser levantados com clareza os benefícios, custos e riscos sanitários.

Avaliação da Aplicabilidade Integrada das Ações de Economia de Água

Nestes itens portanto é previsto o desenvolvimento de uma avaliação conjunta das ações viáveis de economia de água, de maneira a atender a tríplice relação benefício x risco x custo, conforme abordado no item anterior. Para tanto, algumas ferramentas conhecidas podem ser utilizadas para operacionalizar tal avaliação e o conseqüente processo de confecção do Plano de Gestão do Uso da Água. Cabe citar, por exemplo, a programação linear e a análise multicritério. É importante enfatizar que o benefício é avaliado em função da economia de água prevista, enquanto o risco é avaliado em função da segurança sanitária. O custo, por sua vez, deve considerar a maximização da economia conjuntamente com a minimização do risco.

Confecção do Plano de Gestão de Uso de Água

Nesta última fase do Programa, após caracterizados os usos e as ações de economia, e após avaliada a aplicabilidade integrada de tais ações, torna-se possível propor um planejamento otimizado que promova a economia esperada e garanta a segurança sanitária. Este planejamento oriundo da aplicabilidade integrada das ações, da economia obtida e do risco sanitário associado. O resultado desta análise embasará portanto a confecção do Plano de Gestão do Uso da Água.

A figura 1 apresenta a estrutura do Programa de Gestão do Uso da Água em Edificações (PGUAE).

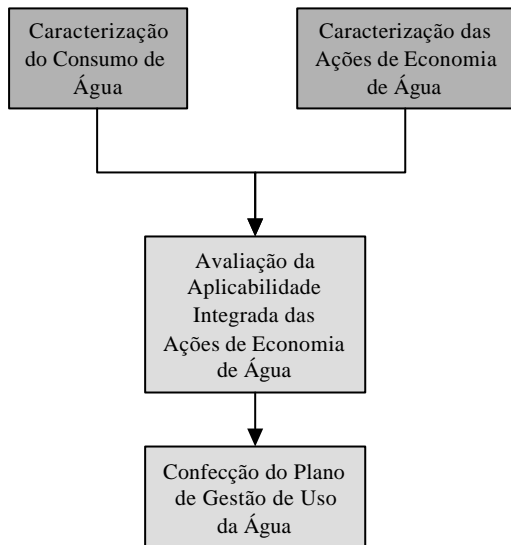


Figura 1 - Fluxograma representativo da estrutura PGUAE

Considerações Finais

Retornando a reflexão inicialmente desenvolvida neste texto, os sistemas prediais, mais especificamente os hidráulicos e sanitários, podem ser projetados objetivando não apenas o conforto e a segurança do usuário, mas também a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Para ilustrar esta idéia, é interessante comentar o trabalho desenvolvido por Santos, Saunitti e Busato (2001), onde foi avaliado, o impacto da substituição das bacias sanitárias convencionais, de 12 litros de descarga, por bacias de volume de descarga reduzido (6 litros por descarga) sobre o sistema de abastecimento de água de Curitiba e Região Metropolitana. Portanto, se para Curitiba e Região Metropolitana as edificações construídas a partir de 2001 passassem a utilizar bacias sanitárias economizadoras, poderia haver uma economia, em 2010, de 231 l/s. Esse valor, convém salientar, representa uma economia de água no ano de 2010 equivalente a abastecer uma população estimada de 92.400 habitantes. Isto representa muito, visto que, na atualidade, dos 5,5 mil municípios brasileiros, mais de 4,5 mil têm menos de 30 mil habitantes e mais de 5,2 têm menos de 100.000 habitantes.

Na simulação acima descrita, evidenciou-se o fato que apenas a substituição das bacias sanitárias apresenta apreciável potencialidade de economia de água no nível da bacia hidrográfica. Ao considerar portanto as demais ações de economia já discutidas, assim como a gestão integrada entre as mesmas supõe-se um incremento significativo nesta potencialidade, cujos impactos esperados em termos de conservação de água, são sedutores.

Um exemplo desta conjugação de ações são os dados da AWWA de consumo de água de domicílios americanos, apresentados por Gelt et al. (2001). A realidade de consumo, antes das medidas de conservação, é com aquela decorrente da implementação de medidas de conservação, conforme tabela 3.

Apelidos Sanitários*	Sem Conservação	Com Conservação
Bacia Sanitária	19,3	9,3
Chuveiro	17,2	11,1
Lavatório e Pia da Cozinha	11,4	11,1
Banheira	1,3	1,3
Lavadora de Pratos	1,0	1,0
Lavadora de Roupas	16,8	11,8
Perdas	9,4	4,7
Outros usos	1,6	1,6
Total	74,0	51,9

* Tabela adaptada de dados apresentados em Gelt et al. (2001)

Tabela 3 - Parametrização do Consumo em Domicílios Americanos (galões/hab.dia)

As medidas consideradas neste estudo constaram da substituição das bacias sanitárias, chuveiros e máquinas de lavar roupas por equipamento similares, porém economizadores. Para as torneiras, por exemplo, previu-se sua substituição por torneiras com arejadores. Dentre as medidas, constou também a detecção, correção e minimização das perdas físicas de água. Obtém-se portanto uma economia global no domicílio na ordem de 30%, valor este que, admitido para todos os domicílios, efetivamente alivia a demanda de água nos mananciais.

Intui-se que o papel do cidadão, seja morador ou o projetista, em consonância com políticas públicas adequadas, é fundamental na busca da sustentabilidade dos recursos hídricos. Neste sentido, a visão holística é fundamental, onde não basta apenas ter a visão de Habitação, mas sim de *habitat*. Afinal, já é momento de transcender o "antropocentrismo" e "sentir" que o homem é natureza e que tudo é natureza.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

_____. **NBR 8160**. Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário: projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

BILLINGS, R.B.; JONES, C.V. **Forecasting Urban Water Demand**. Denver, Colorado: AWWA, 1986.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Orçamento. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**: DTA A1. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 1998.

- CASTRO, A.D. **O Que é Educação Ambiental**. Desenvolvimento Sustentado: problemas e estratégias. Elisabete Gabriela Castellano, Fazal Hussain Chaudhry, Editores. São Carlos: EESC-USP, 2000. cap. 17. Projeto Reenge.
- CHAHIN R.S. et al. Sistema de Aproveitamento de Água para Edificações. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- EVANS D.R. et.al. **Manual of Practice**: water reuse. 2.ed. Alexandria: Water Environment Federation, 1989.
- FERNADES, V.M.C. **Formulação das condições limites para a utilização de ventilação primária e secundária nos sistemas prediais de esgoto sanitário de edifícios residenciais e de escritórios**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GELT, J. et al. **Water in the Tucson Area**: Seeking Sustainability. Arizona: [s.n], 2001.
- GONÇALVES, O.M.; OLIVEIRA, L.H. Methodology for the Development of an Institutional and Technological Water Conservation Program in Buildings. In: SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1997, Yokohama, Japan. **Proceedings...** Yokohama, Japan: CIB W62, 1997.
- MASINI, H. **Avaliação do uso de válvulas de admissão de ar em substituição ao subsistema de ventilação convencional em sistemas prediais de esgoto sanitário**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- PASSETO, W.; GONÇALVES O. A Methodology to Evaluate Water Use Management Programs in Companies. In Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, 2001, Portoroz, Slovenia. **Proceedings...** Portoroz, Slovenia: CIB W62; EPUSP, 2001.
- SANTOS, D.C. **Contribuições para a estruturação de modelo aberto para o dimensionamento otimizado dos sistemas prediais de esgotos sanitários**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____. **Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações**. Curitiba: UFPR, 2001. Projeto de Pesquisa encaminhado ao CNPq.
- SANTOS, D.C.; SAUNITTI, R.M.; BUSATO, R. O Recurso Água: promovendo a sustentabilidade do manancial através do uso de bacias sanitárias economizadoras de água. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21, 2001, João Pessoa, Paraíba. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES 2001.
- TOMAZ, P. **Conservação da Água**. [S.l.: s.n], 1998.
- WATER Conservation Alliance of Southern Arizona. Arizona: Water CASA. Disponível em: <<http://www.watercasa.org>>. Acesso em: 10 jan. 2002.