

ESTUDO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA RACIONALIZAÇÃO DO USO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES COM ENFOQUE NA DEMANDA

Rubens Farias de Albuquerque Neto (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) rubensneto@aluno.ita.br
Marcelo De Julio (Instituto Tecnológico de Aeronáutica) dejulio@ita.br

Resumo: Neste trabalho, primeiramente, estudou-se a problemática paradoxal de demanda crescente da sociedade por água em meio ao desperdício desse recurso. Posteriormente, estudou-se conceitos, práticas e tendências mundiais de racionalização do consumo de água com enfoque na demanda. A partir do embasamento teórico, buscou-se um aprofundamento prático por meio do levantamento de tecnologias economizadoras de água disponíveis no Brasil e no exterior. Por fim, analisou-se o impacto do emprego de tais tecnologias em edificações públicas e privadas com ênfase no setor aeroportuário nacional e internacional. Concluí-se que se torna necessária a adoção de medidas não convencionais de conservação da água, tais como a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, a implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, além de detecção e correção de vazamentos.

Palavras-chave: racionalização do consumo de água, gestão de recursos hídricos, aparelhos economizadores.

STUDY OF SUSTAINABLE TECHNIQUES FOR RATIONAL USE OF WATER IN BUILDINGS WITH FOCUS ON DEMAND

Abstract: First of all, in this paper, we studied the paradoxical effect of increasing demand from society for water while happens the waste of this resource. Subsequently, we studied concepts, practices and global trends of rationalization of water consumption with a focus on demand. From the theoretical background, we sought water saving technologies available in Brazil and abroad. Finally, we analyzed the impact of the use of such technologies in public and private buildings with emphasis on domestic and international airport sector. We concluded that is necessary to adopt unconventional measures for water conservation, such as the replacement of conventional components and systems for water saving technologies, the implementation of submetering of water consumption systems, and detection and correction leaks.

Keywords: rationalization of water consumption , water resources management , water saving technologies.

1. INTRODUÇÃO

A problemática da água – tanto sua escassez quanto sua qualidade – atualmente é um fator de alerta e de preocupação mundial, como é de conhecimento geral. Gerações futuras podem se encontrar em uma situação de sério risco se esse recurso essencial à vida não for tratado atualmente com responsabilidade em escala global. Apesar de o planeta ser coberto por dois terços de água, apenas uma pequena parte pode ser facilmente aproveitada para uso humano, sem passar pelo processo de dessalinização, pois 96% encontra-se nos oceanos, de acordo com Berner e Berner (1987). Ainda, afirma-se que, da fração encontrada nos continentes, aproximadamente 75% está sob a forma de gelo, nas calotas polares; 25%, nas águas subterrâneas, rios e lagos; e 0,001%, sob a forma de vapor na atmosfera. Portanto, apenas 1% da água mundial pode ser considerada aproveitável. Uma parte dessas fontes, entretanto, já se encontra poluída e sem condições de uso antes de passarem por tratamento adequado.

Devido ao acelerado crescimento demográfico e econômico de alguns países, a demanda de água vem crescendo exponencialmente ao longo das últimas décadas, agravando ainda mais a carência de água limpa às pessoas. Torna-se necessária, portanto, a adoção de medidas não convencionais de conservação deste precioso recurso.

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi estudar o emprego de ações tecnológicas, o que inclui a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, a implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, além de detecção e correção de vazamentos, a fim de se racionalizar a gestão da água em edificações.

1.2 RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA COM FOCO NA DEMANDA

Para efetivar o atendimento às demandas crescentes sob a luz dos conceitos de desenvolvimento sustentável, surgiu, no âmbito da gestão de recursos hídricos, o conceito da gestão da demanda que é entendida como toda e qualquer medida voltada a reduzir o consumo de água final dos usuários, sem prejuízo dos atributos de higiene e conforto dos sistemas originais. Essa redução pode ser obtida por meio de mudanças de hábitos no uso da água ou mediante a adoção de aparelhos ou equipamentos poupadores (PNCDA, 2000).

Segundo Sautchuk et al. (2005), os principais motivadores para a implementação de um Programa de Gestão da Demanda de Água são:

- Economia gerada pela redução do consumo de água;
- Economia criada pela redução dos efluentes gerados;
- Consequente economia de outros insumos como energia e produtos químicos;
- Redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação;
- Aumento da disponibilidade de água (proporcionando, no caso das indústrias, por exemplo, aumento de produção sem incremento de custos de captação e tratamento);
- Agregação de valor ao “produto”;
- Redução do efeito da cobrança pelo uso da água;
- Melhoria da visão da organização na sociedade – responsabilidade social.

Oliveira (1999) afirma que o gerenciamento do uso da água com o objetivo de preservar os recursos hídricos e ambientais, deve ser realizado em três níveis sistêmicos:

- Nível macro – abrange os sistemas hidrográficos;
- Nível meso – abrange os sistemas públicos urbanos de abastecimento de água e de coleta de esgoto sanitário;
- Nível micro – abrange os sistemas prediais.

Segundo o mesmo autor para a redução de consumo de água em edifícios (volumes utilizados e de desperdícios de água), podem-se implementar as seguintes ações:

- ações econômicas – incentivos e desincentivos econômicos. Os incentivos podem ser propostos por meio de subsídios para a aquisição de sistemas e componentes economizadores de água e de redução de tarifas dos mesmos. Os desincentivos podem ser implementados elevando-se as tarifas de água;
- ações sociais – campanhas educativas e de conscientização e sensibilização dos usuários implicando a redução de consumo através da adequação de procedimentos relativos ao uso da água e da mudança de comportamento individual;

- ações tecnológicas – substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, detecção e correção de vazamentos, reaproveitamento de água e de reciclagem de água servida.

É importante salientar que somente as ações tecnológicas em nível micro com foco na demanda, como componentes economizadores de água, sistemas de medição setorizada do consumo de água, detecção e correção de vazamentos, foram alvo de análise deste trabalho.

1.3 RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES

Em relação a edificações em geral, Sautchuk et al. (2005) afirmam que, para a implementação de um programa de conservação de água, torna-se necessário conhecer a distribuição do consumo, que varia por tipo de edificação e também entre as edificações de mesmo tipo, de acordo com especificidades dos sistemas e usuários envolvidos. Os autores ainda indicam que nas edificações públicas, como escolas, universidades, hospitais, terminais de passageiros de aeroportos, entre outros, o uso da água é muito semelhante ao das edificações comerciais. Geralmente o uso de água neste tipo de edificação é para fins domésticos (principalmente em ambientes sanitários), sistemas de resfriamento de ar condicionado e irrigação, porém o uso dos ambientes sanitários é bem mais significativo, variando de 35% a 50% do consumo total.

Paralelamente ao desenvolvimento de estudos e consolidação tecnológica, observa-se um forte impulso de ações conservacionistas no uso doméstico, especialmente no caso de edifícios de usos públicos (shopping centers, aeroportos, estações rodoviárias, edifícios públicos e outros), bem como em edifícios novos de moradia de alto padrão que incorporam programas de conservação de espectro razoavelmente amplo. A medição individualizada, o aproveitamento de água de chuva, a utilização de aparelhos sanitários economizadores e o reúso têm sido observados em edifícios de apartamentos dessa faixa de renda.

1.3.1 RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS

Em relação ao campo aeroespacial, os ambientes aeroportuários caracterizam-se como grandes consumidores de água. Eles utilizam quantidades significativas de água em sua infraestrutura e operação, o que pode exercer forte pressão sobre a disponibilidade desse recurso (Airports Council International - ACI, 2010).

O atendimento a fins não potáveis configura-se, em geral, como a principal demanda nos grandes aeroportos. Atividades como os sistemas de resfriamento de água, irrigação, descarga em bacias sanitárias e mictórios, lavagem de pistas e aeronaves, teste de bombeiros e reserva para combate a incêndios, dentre outros, habilitam os aeroportos a serem ambientes potenciais à implantação de medidas, processos e tecnologias com vistas à conservação da água.

Em nível mundial, alguns aeroportos já dispõem de diversas iniciativas para o uso racional da água: monitoramento rigoroso do consumo, com a hidrometração de toda a rede de distribuição de água; controle de vazamentos; utilização de equipamentos economizadores de água; aproveitamento de água pluvial; reúso de águas cinza e de esgoto.

Alternativas mais ousadas como o reúso de esgoto e o aproveitamento de água pluvial, ou seja, as que necessitam de maior intervenção na estrutura aeroportuária, geralmente são

efetivadas apenas na construção de novos terminais e ampliações. Ou ainda, frente a situações críticas de escassez.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho, primeiramente, estudou-se a problemática paradoxal de demanda crescente da sociedade por água em meio ao desperdício desse recurso.

Posterimormente, estudou-se conceitos, práticas e tendências mundiais de racionalização do consumo de água com enfoque na demanda. A partir do embasamento teórico, buscou-se um aprofundamento prático por meio do levantamento de tecnologias economizadoras de água disponíveis no Brasil e no exterior.

Por fim, analisou-se o impacto do emprego de tais tecnologias em edificações públicas e privadas com ênfase no setor aeroportuário nacional e internacional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. TECNOLOGIAS ECONOMIZADORAS DE ÁGUA

Atualmente, existem diversas marcas internacionais e nacionais, de aparelhos sanitários economizadores de água, disponíveis no mercado. A primeira pesquisa desses equipamentos foi realizada a partir das empresas da área, pertencentes à Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento, Edificações, Energia e Irrigação (ASFAMAS). Essas empresas carregam em seus produtos o selo do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), que é um instrumento do Governo Federal para cumprimento dos compromissos firmados pelo Brasil quando da assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Habitat II/1996).

Segundo Oliveira (2009), a substituição de equipamentos convencionais por estes mecanismos visa à redução do consumo de água independentemente da ação do usuário ou da sua disposição em mudar de comportamento. Ainda, o autor ressalta que a intervenção deve ser implementada quando o sistema estiver totalmente estável, ou seja, sem nenhuma perda de água por vazamento, além de necessitar de aperfeiçoamento da capacitação técnica de funcionários responsáveis pela manutenção no edifício.

Conforme Kalbusch (2011), a viabilidade da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água, sob o aspecto ambiental, deve ser analisada para que seja comprovada sua efetividade. A verificação de tais impactos pode ser realizada por conceitos relacionados ao método de gerenciamento ambiental Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que tem sua estrutura pautada no conjunto de normas NBR 14.040/09: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Por esse método, são analisadas as fases de produção, uso e disposição final dos equipamentos hidrossanitários com quantificação das entradas referentes a matérias-primas, água e energia e as saídas como forma de emissões atmosféricas, no solo e na água. O ACV foi aplicado por Kalbusch (2011) em um estudo de caso, comparando os resultados das categorias de impacto em um cenário com torneiras convencionais com outro cenário em que há substituição de torneiras, considerando-se um período de análise de 10 anos. Em todas as categorias de impacto, o desempenho ambiental no cenário em que há substituição da torneira convencional por torneiras economizadoras de água é superior, exceto para a categoria de impacto acidificação, em que os valores são semelhantes nos dois cenários analisados no estudo de caso.

Da Tabela 1 a Tabela 4, tem-se um levantamento das principais tecnologias economizadoras de água disponíveis em nível internacional e nacional.

3. 1.1. BACIAS SANITÁRIAS

Tabela 1 - Bacias sanitárias com dispositivos economizadores de água.

	Funcionamento	Economia*	Figura
Descarga dual	A caixa de descarga dual oferece ao usuário a possibilidade de escolha entre dois volumes de descarga, um maior (6 L), igual ao volume útil da caixa, e outro menor (3 L), igual à metade desse volume, utilizado, por exemplo, no caso da bacia sanitária ter uma quantidade menor de dejetos líquidos e sólidos.	40%	1
Descarga econômica	Caixa de descarga que utiliza apenas 2 L de água por acionamento. O vaso usa um basculante que despeja os dejetos diretamente no canal do esgoto do edifício, sem uso de sifonagem, por meio da própria dinâmica da água, sem uso de eletricidade. Outro diferencial é que o selo hídrico ou fecho hídrico (a camada de água que impede a passagem dos gases e de insetos provenientes das instalações de esgoto) do vaso economizador precisa apenas de 200 mL de água, enquanto os demais utilizam mais água para esse fim. Destaca-se ainda que a matéria prima utilizada que é o ABS, um polímero mais resistente em relação à louça utilizada nos vasos convencionais. Outras vantagens são o peso, bem abaixo dos vasos de louça, e a durabilidade.	67%	2
Vaso sanitário segregador de urina	Sua função é conduzir a urina (águas amarelas) para um fim diferente daquele destinado às fezes e ao papel higiênico (águas negras). São dotados de dois compartimentos separados, sendo um específico para urina e outro para fezes e papel, duas saídas e uma válvula de descarga dual (descarga longa = 4 L a 6 L, descarga curta = 0,15 L a 0,2 L). Vale ressaltar que os vasos sanitários segregadores de urina são mais indicados em áreas rurais ou vilas ecológicas, uma vez que, em centros urbanos, o saneamento ecológico, que prevê o armazenamento e posterior coleta da urina, é logisticamente inviável nas condições atuais.	85%	3
Descarga a vácuo	Nesta bacia, o consumo é de 1,5 L de água por descarga, que é usada apenas para lavagem da superfície interna e do poço da bacia. Além do custo de implantação, o sistema a vácuo consome também quantidades significativas de energia elétrica. A energia elétrica é necessária para o funcionamento das bombas de vácuo e demais componentes do sistema, que é da ordem de 3,0 W.h por descarga (Alves et al., 2006). No estudo de viabilidade econômica da implantação desse sistema, é importante considerar ainda o custo de manutenção das bombas de vácuo e demais equipamentos.	75%	4
Bacia sanitária com pia acoplada	Atualmente já existem dois sistemas de acoplamento da pia à bacia sanitária: por bombeamento e por gravidade. No acoplamento por bombeamento, a água que cai da pia passa por um filtro, depois vai para um depósito abaixo do lavabo. Quando acionada a descarga do vaso, um dispositivo bombeia a água que estava armazenada para o tanque do vaso e a utiliza na próxima descarga. Já o sistema de acoplamento por gravidade utiliza a água limpa pela primeira vez para lavar as mãos e depois, pela gravidade, corre para a bacia sanitária para finalmente ser usada na descarga. Além disso, ele incorpora um botão exclusivo integrado dual-flush e bico projetado para reduzir o uso total de água do banheiro.	Até 100%	5 e 6

* Economia de água do aparelho economizador em comparação ao aparelho convencional calculada considerando-se que o uso de descargas para dejetos líquidos é de 80% e consome 6 L por acionamento no sistema convencional.



Figura 1 - Botão de descarga dual.
Fonte: Josiane Guss – Analista Ambiental (2012)



Figura 2 - Sistema de descarga de 2 L. Fonte: Acquamatic (2013)



Figura 3 - Vaso sanitário segregador de urina. Fonte: Saneamento Ecológico (2013)



Figura 4 - Aparelho sanitário com sistema de descarga à vácuo. Fonte: Coisas Divertidas (2009)

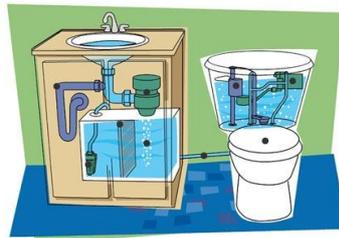


Figura 5 - Vaso sanitário conectado à pia por sistema de bombeamento. Fonte: Eco Desenvolvimento (2013)



Figura 6 - Vaso sanitário com pia acoplada. Fonte: Eco Desenvolvimento (2013)

3. 1.2. MICTÓRIOS

Tabela 2 - Mictórios com dispositivos economizadores de água

	Funcionamento	Economia*	Figura
Mictório de funcionamento fotoelétrico	A descarga deste tipo de mictório é acionada automaticamente por sensor, logo não há alternativa para o usuário aumentar ou diminuir a quantidade de água descarregada após o uso normal. Afastando-se do mictório a quantidade de água descarregada estará pré determinada (1,2 L em média) pelo ajuste dos equipamentos instalados. Entretanto, há o inconveniente de acionamento accidental da descarga pela passagem próxima de uma pessoa mesmo quando ela não for urinar.	Até 80%	7 e 8
Mictório de funcionamento hidromecânico	Estes mictórios possuem dispositivos mecânicos que são acionados por meio de um leve toque, liberando um fluxo de água, que se fecha automaticamente após um determinado tempo. Apresenta tempo de fechamento automático de 6 a 10 segundos e descargas de, em média, 1,2 L por acionamento.	Até 80%	9
Mictório sem água	Ele funciona da seguinte forma: a urina entra pelos orifícios da parte superior do cartucho, penetrando na primeira câmara através do líquido selante que está em suspensão (devido sua menor massa específica) e preenchendo toda a superfície superior do líquido desta câmara. Pelo sistema de vasos comunicantes, a urina é expelida pelo orifício de saída do cartucho, sendo coletada pelo copo do suporte e de lá para a rede de esgoto. A manutenção requerida é a substituição periódica do cartucho, que se trata de uma peça descartável. A durabilidade do cartucho está associada à obstrução de suas cavidades por material bioquímico que se acumula em seu interior e pelo carreamento do líquido selante. A fabricante Ideal Standard apresenta o mictório sem água “Saara”, onde, conforme o fabricante, cada cartucho apresenta uma vida útil de 7000 utilizações.	100%	10
Mictório feminino	Em alguns países principalmente europeus, empregam-se mictórios femininos. Considerando que o uso de descargas para dejetos líquidos é de 80%, ele acaba por reduzir o consumo de água em banheiros femininos.	Até 80%	11
Mictório com pia acoplada	O projeto de mictório King of Urinal, criado pelo designer coreano Jang Wooseok, incentiva a higiene entre os usuários e é uma ótima ideia para economizar água. Uma pia projetada na parte de cima do mictório possibilita a lavagem das mãos logo após o uso. Assim que a torneira é acionada, a água escorre para a parte de baixo da estrutura e é reaproveitada como descarga.	Até 100%	12

* Economia de água do aparelho economizador em comparação ao aparelho convencional calculada considerando-se que o uso de descargas para dejetos líquidos consome 1,2 L por acionamento no mictório e 6 L por acionamento no sistema convencional (vaso sanitário convencional).



Figura 7 - Mictório de funcionamento fotoelétrico. Fonte: Alibaba (2013)



Figura 8 - Dispositivo para acionamento fotoelétrico de mictórios. Fonte: DECA (2012)



Figura 9 - Vávula para mictório de acionamento hidromecânico. Fonte: DOCOL (2013)



Figura 10 - Mictório sem água. Fonte: Casa (2012)



Figura 11 - Mictório feminino. Fonte: Aldojr2 (2013)



Figura 12 - Mictório com pia. Fonte: Super Interessante (2012)

3. 1.3. TORNEIRAS

Tabela 3 - Torneiras com dispositivos economizadores de água

	Funcionamento	Economia*	Figura
Torneira com funcionamento hidromecânico	Estas torneiras possuem dispositivos mecânicos que são acionados por meio de um leve toque, liberando um fluxo de água, que se fecha automaticamente após um determinado tempo. Ainda para torneiras com funcionamento hidromecânico existem as válvulas de acionamento com pé e por pedal. Estes dispositivos de acionamento são instalados no chão e à frente da torneira e o fluxo da água ocorre durante o tempo que o usuário permanecer com o pé sobre o dispositivo, pressionando o mesmo (Schmidt, 2004). Para Gonçalves (2005), a preocupação com a economia de água para estes dispositivos (acionados pelo pé) é subsidiária, pois estes trabalham mais a questão da higiene.	30% a 77% (Schmidt, 2004).	13 e 14
Torneira eletrônica	Estas torneiras possuem o sistema elétrico ou bateria, sendo acionada automaticamente por sensor de presença, geralmente do tipo infravermelho, que pode estar localizado na própria torneira ou na parede. Os aparelhos dotados deste mecanismo de controle possuem uma unidade eletrônica anexa que é acionada ao detectar a proximidade das mãos do usuário, realizando uma leitura e emitindo um comando de abertura para liberação da água para o uso. O fluxo cessa quando o usuário retira as mãos do raio de ação do sensor (Schmidt, 2004).	Até 80% (DECA, 2007).	15
Restritor de vazão constante	Os restritores de vazão constante são dispositivos de controle de vazão utilizados em torneiras como as de vazão constante de 6 L/min, devendo ser utilizados apenas quando a pressão for superior a 10 mca.	60% (DECA, 2012).	16
Arejador	Os arejadores são incorporados às torneiras, melhorando ainda mais o desempenho em relação à economia de água. Estes funcionam como controlador da dispersão do jato e como elemento de perda de carga, reduzindo a vazão. De acordo com a NBR 10.281/01 da ABNT, uma torneira dotada de arejador deve apresentar vazão mínima de 0,05 L/s, nas mesmas condições de alimentação estabelecidas para o ensaio sem arejador (limite mínimo de 0,10 L/s para a vazão, quando a torneira é alimentada por água na pressão de 15 kPa), trazendo uma redução de 50% nas mesmas condições de uso e elimina a dispersão de água.	50% (NBR 10.281/01)	17

	Funcionamento	Economia*	Figura
Pulverizador	São também dispositivos fixados na saída da torneira, porém não têm orifícios laterais para a introdução de ar. Transforma o jato de água em um feixe de pequenos jatos semelhante a um chuveirinho.	-	-
Prolongador	Os prolongadores aproximam e direcionam melhor o jato ao objeto a ser lavado e, desde que bem projetados, também podem representar economia de água.	-	-

* Economia de água do aparelho economizador em comparação ao aparelho convencional



Figura 13 - Torneira de funcionamento hidromecânico. Fonte: DOCOL (2013)

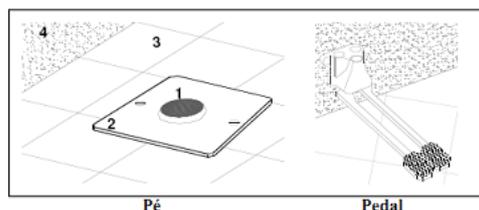


Figura 14 - Dispositivo de comando para torneiras com funcionamento com válvula de pé e por pedal. Fonte: Schmidt (2004)

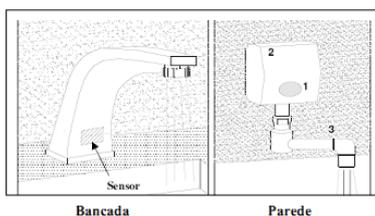


Figura 15 - Torneira de bancada e parede com funcionamento por sensor. Fonte: Schmidt (2004)



Figura 16 - Registro regulador de vazão para torneiras. Fonte: DOCOL (2013)



Figura 17 - Torneira com arejador. Fonte: DECA (2012)

3. 1.4. CHUVEIROS

Tabela 4 - Chuveiros com dispositivos economizadores de água

	Funcionamento	Economia*
Chuveiro com acionamento hidromecânico	Pode-se utilizar chuveiros temporizadores, tanto para duchas com mistura de água (fria e quente), quanto para os chuveiros elétricos. Esses aparelhos apresentam um funcionamento hidromecânico com uma válvula de fechamento automático, fazendo com que os mesmos sejam fechados após certo tempo de uso. Geralmente o tempo de acionamento vem regulado de fábrica, sendo o ideal em torno de 30 segundos (Schmidt, 2004). Redução de 30% em relação à convencional em locais de baixa pressão (até 6 mca) e redução de 62% em locais de alta pressão (de 15 a 20 mca).	30% a 62% (Deca, 2012).
Chuveiro com restritor de vazão	Os restritores de vazão, também podem ser utilizados nos chuveiros com aquecimento central. Os restritores podem ser encontrados nas versões de 8, 14 e 16 L/min e devem ser utilizados com pressão superior a 10 mca. O potencial econômico dos restritores depende da vazão atual do chuveiro utilizado, podendo chegar até 80%. Existem no mercado restritores de vazão específicos para duchas que reduzem o consumo de 20 a 25 L/min para 14 L/min, ideais para apartamentos e vestiários (DECA, 2012).	Até 80% (Deca, 2012).

* Economia de água do aparelho economizador em comparação ao aparelho convencional

Segundo Hespanhol (2009), o chuveiro elétrico e o sistema híbrido (que utiliza coletores solares de baixo custo com chuveiro elétrico na ponta) são as opções mais econômicas para se tomar um banho de 8 minutos em comparação com aquecedor solar e boiler ou aquecimento a gás, quando levado em consideração o gasto com energia elétrica ou gás, água e esgoto.

Apesar do custo de instalação do sistema híbrido ser maior que o do chuveiro elétrico isoladamente, o primeiro é o mais indicado por ser menos poluidor e apresentar equilíbrio no consumo de energia e água, uma vez que ele permite a utilização do chuveiro elétrico nos dias nublados e a economia de energia nos dias de sol (Hespanhol, 2009).

3.1.5 HIDRÔMETROS

A medição individualizada certamente é o método mais justo de cobrança pelo uso de água, pois, conforme salienta Yamada (2001), leva em consideração os hábitos e procedimentos de utilização de água dos usuários, que são características de âmbito social e cultural. O usuário paga exatamente pelo que consome, desenvolvendo naturalmente uma maior consciência de uso racional de água e consequente economia desse recurso.

A medição individual permite também a detecção de vazamentos de maneira mais rápida e eficiente. A utilização de medição coletiva praticamente impossibilita a detecção de vazamentos, a não ser que o vazamento seja visível ou muito grande. Desperdícios decorrentes de caixas de descarga mal reguladas ou vazamentos em torneiras em unidades que não estejam habitadas são praticamente impossíveis de serem detectados pelo sistema de medição coletiva. O hábito de controlar o consumo de água evita o excesso de consumo e ajuda na identificação de vazamentos internos, que podem gerar umidade nas paredes e comprometer as fundações da construção.

Malan e Crabtree (1997) apresentaram resultados de um estudo feito em edifícios nas cidades Pretória, na África do Sul, e Londres, na Inglaterra, descrevendo um impacto na redução do consumo de 20% a 30% após a alteração da configuração do sistema de medição convencional para o individualizado.

Coelho e Maynard (1999) divulgaram estudos realizados em diversos apartamentos na cidade de Recife, onde foi constatada uma redução em média de 30% no consumo de água em edifícios que tiveram seus sistemas de medição substituídos do coletivo para o individualizado.

Os sistemas de medição individual mais comumente utilizados podem ser classificados em dois grupos quanto à forma de leitura dos medidores: medição individual convencional e medição individual remota.

Na medição individual convencional são utilizados hidrômetros comuns na qual se torna necessária a leitura dos dados por meio de funcionário a ser definido pelo condomínio. Como ponto negativo, pode-se destacar que a medição pode conter erros de leitura ou digitação. Em compensação, o custo de aquisição e implantação do sistema é bem menor se comparado com a medição remota, embora o custo do funcionário para realizar a leitura também deva ser considerado.

Na medição individual remota, são utilizados hidrômetros adaptados com dispositivos elétricos e eletrônicos que enviam sinais a uma central, normalmente localizada na portaria ou na sala de administração do condomínio. Esse sistema elimina os erros de ações humanas como leitura e digitação, mas falhas nesses dispositivos também podem gerar medições erradas. Por fim, seus custos são bem mais elevados por necessitarem de computador e softwares específicos.

Vale destacar ainda o trabalho de Sousa Júnior et al. (2009) que consiste no desenvolvimento de uma rede de comunicação sem fio para o monitoramento remoto de alguns dados relevantes ao projeto Hidroaer, que compreende o diagnóstico preciso do uso da água em uma planta aeroportuária (Aeroporto Internacional de São Paulo), a partir do monitoramento remoto do consumo, além do teste de metodologias de uso eficiente da água. A presente invenção proporciona um módulo eletrônico para uso no padrão sem fio IEEE 802.15.4 em redes ZigBee. Em uma concretização preferencial, o módulo da invenção é utilizado em uma rede de monitoramento remoto do consumo de líquidos aquosos e não aquosos, além de gases e outros estados da matéria que possuam mecanismos de medição com acoplamento eletrônico, possuindo uma maior potência de transmissão e maior sensibilidade de recepção do que os circuitos eletrônicos existentes. A rede piloto foi instalada em um conjunto de sanitários no Aeroporto Internacional de São Paulo a fim de se monitorar parâmetros como o consumo de água em diversos pontos de interesse, assim como o número de pessoas que acionaram cada lavatório, mictório e válvula de descarga do conjunto de sanitários escolhido. De posse de todos estes dados, pode-se determinar o consumo médio de água por pessoa, o perfil de consumo em determinadas épocas, prováveis vazamentos, entre outros, podendo servir de base para um controle efetivo do consumo de água. Esse trabalho detalha todo o desenvolvimento e fabricação do módulo ZigBee, assim como a implantação da rede no conjunto de sanitários localizados na Asa D do Aeroporto Internacional de São Paulo.

3.1.6 DETECÇÃO E CORREÇÃO DE VAZAMENTOS

A correção de vazamentos é uma das ações mais eficientes na redução do consumo de água em um sistema. É de fundamental importância, por exemplo, a correção de vazamentos antes da substituição de componentes convencionais por economizadores de água, como forma de evitar resultados enganosos. Além disso, o permanente controle de desperdícios no sistema tende a deixá-lo o mais próximo de suas condições plenas de desempenho.

Os vazamentos não visíveis são descobertos fazendo-se alguns testes que deverão estar incluídos dentro de um programa de manutenção periódica. Oliveira (1999) sugere alguns métodos para a detecção de vazamentos não visíveis nas instalações:

Teste do hidrômetro – utilizado em alimentador predial;

1. Manter aberto o registro do cavalete;
2. Fechar todas as torneiras e não utilizar sanitários;
3. Fechar as torneiras de bóia das caixas, não permitir a entrada de água;
4. Marcar a posição do ponteiro maior do hidrômetro e, após 1 hora, verificar se ele se movimentou;
5. Caso afirmativo, há vazamento entre o hidrômetro e o reservatório domiciliar.

Teste da sucção – utilizado em alimentador predial, quando há dificuldade de acesso ao reservatório;

1. Feche o registro do cavalete;
2. Abra uma torneira alimentada diretamente pela rede (jardim ou tanque);
3. Espere até a água parar de correr;
4. Coloque um copo cheio de água na boca da torneira;
5. Se houver sucção da água do copo pela torneira, é sinal que existe vazamento no tubo alimentado diretamente pela rede.

Teste do reservatório – para a verificação de infiltração no reservatório;

1. Fechar o registro de saída do reservatório do subsolo;
2. Fechar completamente a torneira da bóia;
3. Marque no reservatório o nível da água e, após 1 hora, ver se ele baixou;
4. Em caso afirmativo, há vazamento no reservatório, ou na canalização ou nos sanitários alimentados pela caixa.

Teste do corante – utilizado em bacias sanitárias;

O teste do corante pode ser realizado tanto em bacias sanitárias com caixa de descarga como em bacias sanitárias com válvula de descarga. O corante pode ser em solução, em pó ou em tablete. A solução azul de metileno é bastante utilizada em laboratório, mas, para uso doméstico, deve ser substituída por café solúvel, refresco em pó ou xarope de cor forte como, por exemplo, o de groselha ou de uva, uma vez que a solução azul de metileno causa muitas manchas na louça sanitária. O teste é feito da seguinte forma:

1. Preparação da solução corante em um copo de água dissolvendo bem;
2. Adição da solução na bacia sanitária até a cor da água ficar bem escura;
3. Retirada, com o auxílio de um copo incolor, de uma amostra-padrão;
4. Espera-se pelo menos trinta minutos. Compara-se a cor da água da bacia com a cor da amostra-padrão. Caso a água da bacia esteja mais clara, há vazamento.

As medidas de prevenção contra vazamentos visíveis/não visíveis indicadas, são:

1. Atualizar sempre os projetos hidráulicos que contemplem a acessibilidade do sistema, para facilitar a realização de manutenções preventiva e corretiva, como em barriletes e reservatórios;

2. Controlar a pressão hidráulica estática no sistema, não ultrapassando o valor recomendado pela NBR 15097/04 - Aparelhos sanitários de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio, que é de 400kpa;

3. Monitorar o consumo de água, através de leituras diárias no hidrômetro, sempre no mesmo horário. O aumento do consumo de água sem causa justificada é sempre um forte indício de vazamento no sistema.

A partir do diagnóstico realizado, pode-se elaborar o plano de intervenção, cujas ações devem ser iniciadas pelo ponto crítico do sistema e, em geral, pela correção dos vazamentos detectados. Na execução de um plano de intervenção para reduzir o consumo de água é indispensável à avaliação das ações implementadas, que pode ser feita após a implantação de cada uma delas ou ao final do plano de intervenção.

3.2. CONSUMO DE ÁGUA EM AEROPORTOS BRASILEIROS

No Brasil, segundo informações da INFRAERO (2010), os 20 maiores aeroportos concentraram, em 2009, 91% do movimento de passageiros do país. Destes 20 aeroportos, 4 são nacionais e 16 são internacionais, 7 estão localizados na região sudeste, 3 na região centro-oeste, 3 na região sul, 5 na região nordeste e apenas 2 na região norte. Na Fig. 18 estão apresentados os movimentos operacionais nos 20 maiores aeroportos do Brasil, bem como o percentual de cada um deles no consumo total de água em 2009.

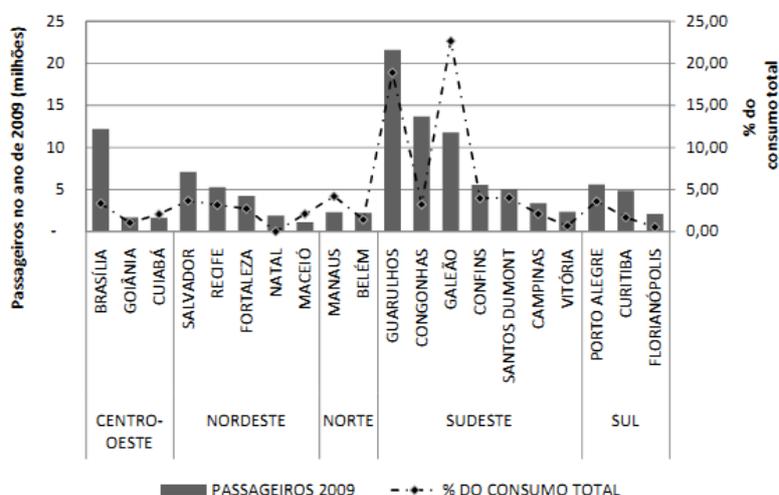


Figura 18 - Movimento operacional nos 20 maiores aeroportos do Brasil, e percentual de cada aeroporto no consumo total de água em 2009. Fonte: CALIJURI et al. (2011).

Nas Tabelas 5 e 6, apresentam-se dados do tráfego de passageiros dos principais aeroportos do Brasil e do mundo e os equivalentes populacionais desses empreendimentos, em termos do consumo de água. Os dados foram extraídos dos relatórios anuais disponibilizados pelas administradoras desses aeroportos. Para o cálculo do equivalente populacional, considerou-se consumo de água de 200 L/habitante.dia, e apenas o volume de água potável gasto no complexo aeroportuário.

Tabela 5 - Índice de consumo/passageiro para os principais aeroportos do Brasil.

Aeroportos	Tráfego anual (milhões)	Equivalente populacional (mil pessoas)	L/passageiro
Guarulhos	21,50	11,784	40
Congonhas	13,60	2,049	11
Brasília	12,16	2,166	13
Galeão	11,74	14,318	89
Salvador	7,02	2,311	24
Porto Alegre	5,57	2,293	30
Confins	5,54	2,505	33
Recife	5,22	2,004	28
Santos Dumont	5,02	2,545	37
Curitiba	4,82	1,059	16
Fortaleza	4,19	1,724	30
Campinas	3,35	1,333	29
Vitória	2,32	0,414	13
Manaus	2,30	2,647	84
Belém	2,18	0,898	30
Florianópolis	2,09	0,345	12
Goiânia	1,69	0,672	29
Cuiabá	1,66	1,300	57
Maceió	1,10	1,333	88

* Percentagem em relação ao fluxo total de passageiros no ano de 2009.

Fonte: INFRAERO (2010).

Tabela 6 - Tráfego de passageiros nos principais aeroportos do mundo em 2010

Aeroportos	Tráfego anual de passageiros (milhões) ¹	Equivalente populacional* (mil pessoas)
Aeroporto Internacional de Hartsfield-Jackson Atlanta	89,33	12,96
Aeroporto London Heathrow	65,88	25,37
Aeroporto Paris-Charles de Gaulle	58,17	31,42
Aeroporto Internacional de Frankfurt	53,01	12,40
Aeroporto Madrid-Barajas	49,84	15,77
Aeroporto Amsterdam Schipol	45,21	17,01
Aeroporto de São Francisco	39,25	24,67
Aeroporto Rome Leonardo da Vinci	36,23	15,64
Aeroporto Kingsford Smith	35,99	14,15
Aeroporto de Munique	34,72	13,14
Aeroporto Internacional de Narita	32,85	23,84
Aeroporto Internacional de Toronto Pearson	31,80	12,69
Aeroporto Paris-Orly	25,20	6,55
Aeroporto Internacional de Zurich	22,88	7,27
Aeroporto Hilton Manchester	18,30	12,44
Aeroporto de Bruxelas	17,18	3,56
Aeroporto de Lisboa	14,09	7,84

Aeroportos	Tráfego anual de passageiros (milhões) ¹	Equivalente populacional* (mil pessoas)
Aeroporto do Porto	5,28	1,25

*Calculado usando o consumo total de água potável fornecido nos relatórios ambientais referentes a 2010

Fonte: Carvalho (2013)

Alguns dos aeroportos apresentam consumos de água equivalente aos de cidades pequenas com 14.000 habitantes, como é o caso do aeroporto de Galeão - RJ, o que demonstra o grande volume de água necessário para a manutenção das atividades em complexos aeroportuários de grande circulação.

A relação “L/passageiro” é usada em muitos relatórios anuais como indicador de eficiência das ações direcionadas à conservação da água. Metas de redução são estabelecidas para esse indicador, as quais representariam diminuições efetivas no consumo de água potável dentro do complexo aeroportuário, por meio da adoção de medidas de uso racional ou utilização de outras fontes para suprir parte da demanda, geralmente aquela necessária para usos não potáveis.

O reflexo do elevado consumo de água aliado ao baixo fluxo de passageiros aumenta a relação litros por passageiro e a posição desses aeroportos no ranking classificatório. Esse aumento não representa necessariamente a má gestão dos recursos hídricos, pois as características de cada aeroporto, como distância do centro e categoria (internacional ou nacional), dentre outras, influenciam no padrão de consumo e não estão contempladas nesses cálculos. Entretanto, uma alta relação litros por passageiro é preocupante e mostra que medidas para a conservação da água devem ser implementadas.

Neste contexto, chama atenção o Aeroporto Internacional de Maceió, conhecido como Zumbi dos Palmares. Ele aparece última colocação no ranking de movimento operacional da Tabela 6, com cerca de 1,1 milhões de passageiros em 2009. Entretanto consumiu em 2009 cerca de 97.600 m³ o que representa 88 L/passageiro equivalente ao índice do Galeão. Apesar do alto consumo este aeroporto possui, segundo a INFRAERO, um hotel em seu complexo aeroportuário que contribui sobremaneira para o aumento do consumo total. No entanto, outros aeroportos no Brasil possuem estrutura similar com hotel incorporado, como também é o caso do Aeroporto de Guarulhos.

Um comparativo dos aeroportos nacionais com os principais aeroportos do mundo mostra que o cenário brasileiro necessita de atenção e medidas de gerenciamento dos recursos hídricos que prezem pela preservação, racionalização do consumo e pela busca de fontes alternativas de água. Apesar de comparativamente menos eficientes em consumo de água em comparação aos principais aeroportos do mundo, a Tabela 7 mostra que o consumo de água por passageiro na rede INFRAERO vem diminuindo ao longo dos últimos anos.

Tabela 7 - Consumo de água na rede INFRAERO de 2002 a 2011

Item/Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Consumo (milhões de litros)	4.496	4.273	4.047	3.747	4.265	4.105	4.316	4.602	5.09	5.359
Passageiros (em milhões)	75	71	83	96	102	111	113	128	155	180
L/passageiro	60.00	60.00	48.93	39.00	41.73	37.13	38.23	35.92	32.76	29.78

Fonte: INFRAERO (2012)

3.3. ESTUDOS DE CASO DE RACIONALIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM AEROPORTOS

A H2C, consultoria especializada em programas de uso racional de água, em um levantamento entre junho e julho de 2011 nos sanitários públicos dos 15 aeroportos que servirão às 12 cidades-sedes da Copa de 2014 mostra problemas como falta de manutenção, consumo excessivo de água, sanitários danificados e até ferrugem e restos de fezes em alguns sanitários avaliados. O objetivo do estudo foi avaliar o potencial de economia de água e as condições gerais de conforto e higiene. Cada aeroporto foi avaliado nos quesitos análise ambiental (consumo de água), manutenção (preventiva ou corretiva) e higienização (prevenção de riscos de contaminação), além da disponibilidade de cabine por usuário.

Um dos pontos que poderia ser aprimorado para a racionalização do consumo de água é a troca de torneiras economizadoras mecânicas, encontradas na maioria dos terminais visitados, pelas eletrônicas. Na época do estudo da consultoria (06/2012 a 07/2012), Fortaleza, Belo Horizonte e Salvador são alguns dos aeroportos que já contavam com os equipamentos eletrônicos. O aeroporto de Recife (Gilberto Freire) é o mais bem avaliado quanto à economia de água. Nele, boa parte dos banheiros já tinham instalados mictórios eletrônicos e bacias sanitárias com descarga à vácuo. Entretanto, a tecnologia de descarga a vácuo, benéfica ao meio ambiente, tem algumas desvantagens. Na descarga comum, o descarte de objeto inadequado causa entupimento local, mas no sistema a vácuo, com tubulações, o problema repercute na rede. Em razão disso, passageiros e funcionários do aeroporto têm tido, frequentemente, dificuldade de encontrar um banheiro funcionando. O superintendente da Infraero no Nordeste explica que está em estudo o uso de tecnologia que fragmenta os resíduos e diminui os entupimentos. Além disso, há gasto com energia elétrica da ordem de 3,0 W.h. Por fim, deve-se considerar ainda o custo de manutenção das bombas de vácuo e demais equipamentos.

Outra sugestão para racionalizar o uso da água diz respeito à manutenção, que deve ser preventiva e não corretiva, de forma a preservar o desempenho dos produtos sanitários. Durante o levantamento, foram vistas torneiras com vazamentos e válvulas desreguladas, indicando que há problemas nesse quesito. Outra situação comum é a variedade de metais e louças sanitárias nos diferentes aeroportos.

3.4. INVESTIMENTO EM APARELHOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA

Segundo a GBC Brasil (2010), a falta de informação sugere a percepção de que uma edificação sustentável custa mais que uma tradicional. Todavia, há casos em que não houve acréscimo de custo na fase de construção. Fato é que o estudo clássico de eventual aumento de custo na fase de construção, redução da perda financeira, diminuição do custo operacional e valorização do empreendimento, frente todo o ciclo de vida de um empreendimento, tem-se um “pay-back” (tempo de retorno) de curto a médio prazo de 3 a 5 anos em prédios residenciais (GBC Brasil, 2010), por exemplo. Os dois principais tipos de gastos em todo projeto são os custos iniciais e os custos de ciclo de vida.

Os custos iniciais são aqueles referentes a materiais ou produtos, incluindo valor de compra e instalação. Alguns materiais ecologicamente corretos custarão mais do que os tradicionais, e outros que custarão menos. Avanços em reciclagem, novos materiais e melhor design permitirão uma nova geração de produtos com custos de produção pequenos. E, além disso, materiais sustentáveis têm ainda o benefício de não destruir os recursos não renováveis do planeta. Por exemplo, comparado-se um edifício com equipamentos economizadores de água a um edifício sem, certamente, o último custará menos. Mas não se concentrando

apenas no custo inicial do edifício, considerando que o edifício com aparelhos economizadores começará imediatamente a diminuir o consumo de água e, conseqüentemente, diminuir a conta mensal de água. O custo segundo o ciclo de vida de um edifício com tecnologias economizadoras será muito menor.

O custo do ciclo de vida de um produto diz respeito a toda a vida útil do mesmo não só no momento da compra. Produtos e sistemas sustentáveis se pagam em alguns anos após a ocupação e uso do edifício. A vida útil de uma edificação é de 50 anos. Tem-se que 75% do custo da edificação com base na sua vida útil está na operação, ou seja, custos com aquecimento, resfriamento, manutenção, água, luz, equipamentos, entre outros (GBC Brasil, 2010). Percebe-se, então, o grande potencial existente de economia. Junto com os custos iniciais de determinado item de uma construção, devem ser calculados os custos em sua vida útil e o retorno do investimento inicial, avaliando o potencial de economia de itens como medição individualizada remota ou chuveiros híbridos.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme analisado neste artigo, percebe-se que a diminuição da disponibilidade de água doce não é um problema que afeta apenas as regiões com pouca oferta de água, mas também regiões onde, apesar da aparente abundância deste recurso, ocorre o desequilíbrio entre oferta e consumo, decorrente principalmente do crescimento populacional e da poluição dos mananciais de abastecimento. Torna-se necessária, portanto, a adoção de medidas não convencionais de conservação deste precioso recurso, tais como o emprego de ações tecnológicas, o que inclui a substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, a implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, além de detecção e correção de vazamentos.

É imprescindível destacar que, além do caráter ambiental, o emprego de tecnologia para racionalização do consumo de água é de relevância econômica, uma vez que proporciona ganhos de produtividade na gestão dos recursos hídricos das edificações. Conforme explicitado neste trabalho, o investimento em aparelhos economizadores de água apresenta um baixo tempo de retorno, uma vez que propiciam economia pela redução do consumo de água, dos efluentes gerados e de outros insumos como energia e produtos químicos.

Esta prática, relativamente inovadora no Brasil, já é utilizada em vários países. Um comparativo dos aeroportos nacionais com os principais aeroportos do mundo mostra que o cenário brasileiro necessita de atenção e medidas de gerenciamento dos recursos hídricos que prezem pela preservação, racionalização do consumo e pela busca de fontes alternativas de água. Cabe agora, aos empreendedores e autoridades locais, adotarem esta ideia e, com pioneirismo e inovação, alcançarem um diferencial competitivo neste mercado tão acirrado. Nesse contexto, surgem oportunidades para inovar em práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do uso da água.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a minha família por sempre me dar o suporte para uma formação profissional e pessoal de excelência. Ao Prof. Dr. Marcelo De Julio por se comprometer com meu processo de ensino-aprendizagem e estar sempre solícito para qualquer ajuda na concepção e execução da pesquisa. Finalmente, gostaria de agradecer ao CNPq por proporcionar a oportunidade de fazer uma pesquisa de relevância mundial.

REFERÊNCIAS

- Acquamatic do Brasil** (2013). “Vaso sanitário econômico”. Disponível em: http://www.acquamaticdobrasil.com/loja-virtual#!__loja-virtual/productsstackergallery4g0=0. Acesso em 02/08/2013.
- Aldo Jr** (2013). “Holanda – o país do futebol”. Disponível em: <http://aldojr2.wordpress.com/category/diversao/>. Acesso em: 15/06/2013.
- Alibaba** (2013). “Mictório”. Disponível em: <http://portuguese.alibaba.com/>. Acesso em: 09/03/2013.
- Casa** (2012). “Mictório sem água”. Disponível em: http://189.91.162.20/coberturas/feiras-eventos/coberturas_275721.shtml. Acesso em: 18/10/2012.
- Coisas Divertidas** (2009). Disponível em: <http://coisasdivertidas.wordpress.com/2009/03/23/a-nova-geracao-de-privadas/>. “A nova geração de privadas”. Acesso em 12/11/2012.
- DECA** (2012). “Produtos Economizadores”. Disponível em: <http://www.deca.com.br/produtos/economizadores/>. Acesso em 12/11/2012.
- DOCOL** (2013). “Produtos LEED”. Disponível em: <http://www.docol.com.br/>. Acesso em: 12/06/2013.
- Eco Desenvolvimento** (2013). “Sistemas reutilizam água na pia dos sanitários”. Disponível em: <http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/sistemas-reutilizam-agua-da-pia-na-descarga-dos>. Acesso em: 02/08/2013.
- H2C Consultoria** (2012). “Planejamento e implementação de programas para racionalização do consumo de água”. Disponível em: <http://www.h2c.com.br/>. Acesso em 12/11/2012.
- Infoaviação** (2010). “Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes-Gilberto Freyre – Recife - PE”. Disponível em: <http://www.infoaviacao.com/2010/01/aeroporto-internacional-do.html>. Acesso em 03/09/2012.
- Josiane Guss – Analista Ambiental** (2012). “Medidas para redução do consumo de água em banheiros”. Disponível em: <http://josianeguss.blogspot.com.br/2012/11/medidas-para-reducao-do-consumo-de-agua.html>. Acesso em 18/02/2013.
- Movimento CYAN** (2012). “Para consultoria, sanitários dos aeroportos têm consumo inadequado de água”. Disponível em: <http://www.movimentocyan.com.br/home/revista-cyan/temas/consumo-consciente/2012/12/04/para-consultoria,-sanitarios-dos-aeroportos-tem-consumo-inadequado-de-agua->. Acesso em 03/09/2012.
- Saneamento Ecológico** (2013). “Vaso sanitário segregador de urina”. Disponível em: <http://saneamentoecologico.blogspot.com.br/2007/11/o-que-o-sanitrio-ecolgico-seco-un.html>. Acesso em: 03/04/2013.

Super Interessante (2012). “Mictório com pia acoplada incentiva higiene e reutiliza água”. Disponível em: <http://super.abril.com.br/blogs/ideias-verdes/tag/mictorio/>. Acesso em 12/10/2012.

Wikipedia (2012). “Aeroporto Internacional do Recife”. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_Internacional_do_Recife. Acesso em 10/09/2012.

ACI – Airports Council International, 2010, “Anual traffic data 2010 – passengers”, Washington, Estados Unidos.

Alves, W. C.; Rocha, A. L.; Gonçalves, R. F., 2006, “Aparelhos sanitários economizadores”, pp. 267-321. In: *O uso racional da água em Edificações*. Coordenado por Gonçalves, R. F., Prosab, Vitória - ES, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2009, “NBR 14.040/09: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura”, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2004, “NBR 15.097/04: Aparelhos sanitários de material cerâmico – Requisitos e métodos de ensaio”, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2003, “NBR 10.281/03: Torneira de pressão – Requisitos e métodos de ensaio”, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 1996, “NBR 13.713/96: Aparelhos hidráulicos acionados manualmente e com ciclo de fechamento automático”, Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

Berner, E. K. e Berner, R. A., 1987, “The Global Water Cycle: Geochemistry and Environment”, New Jersey, Estados Unidos.

Calijuri, M. L.; Santiago, A. de F.; Alves, H., O.; Moreira Neto, R. F.; Machado, M., D., F.; 2011, “Experiências com o uso racional de água e possibilidades de minimização com reúso em aeroportos de grande circulação”. In: Sousa Júnior, W., C.; Ribeiro, E., N., “Uso eficiente das águas em aeroportos”, São Carlos – SP, Brasil.

Carvalho, I. de C., 2013, “Proposição de modelos de previsão de consumo de água par ambientes aeroportuários”, Dissertação – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, Brasil.

Coelho, A. C., Maynard, J. C. de B., 1999, “Medição individualizada de água em apartamentos”, Editora Comunicarte, Recife – PE, Brasil.

GBC Brasil – Green Building Council Brasil, 2010, “Guia para uma obra mais verde”, Barueri – SP, Brasil

Gonçalves, O. M.; Ilha, M. S. O.; Amorim, S. V., 2005, “Indicadores de uso racional de água em escolas públicas de ensino fundamental e médio”, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil.

Hespanhol, I., 2009, “*Avaliação do consumo de insumos em chuveiro elétrico, chuveiro híbrido, aquecedor a gás, aquecedor solar e aquecedor de acumulação elétrico*”, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil.

INFRAERO, 2010, *Relatório Ambiental 2009/2010*, Brasília – DF, Brasil.

INFRAERO, 2012, *10 Simpósio Internacional de Reúso de Água*, Curitiba – PR, Brasil.

Kalbusch, A., 2011, “*Método para avaliação do impacto ambiental da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água a partir da avaliação do ciclo de vida*”, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil.

Malan, G. J.; Crabtree, P. R., 1997, “*The effect of individual meters on the water consumption in apartment buildings*”. In: *CIB W62. International symposium on water supply and drainage for buildings*.

Oliveira, L. H. de, 1999, “*Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios*”, Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil.

Oliveira, C. N., 2009, “*Indicadores de consumo e propostas para racionalização do uso da água em instalações de empreiteiras: Caso da refinaria Landulpho Alves de Mataripe*”, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador – BA, Brasil.

PNDCA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 2000, *Secretaria de Política Urbana*.

Sautchuk, C.; Farina, H.; Hespanhol, I.; Oliveira, L. H.; Costi, L. O.; Ilha, M. S. O.; Gonçalves, O. M.; May, S.; Boni, S. S. N.; Schmidt, W., 2005, “*Conservação e Reúso da Água em Edificações*”, FIESP, SESI, SENAI, IRS, SINDUSCON, ANA e Ministério do Meio Ambiente, São Paulo – SP, Brasil.

Schmidt, W., 2004, “*Caracterização e formulação de parâmetros para avaliação de mictórios – o caso do mictório sem água*”, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil.

Sousa Júnior, W. C.; Salomão, A. ; Cunha, Wagner Chiepa, 2009, “*Módulo Eletrônico para Monitoramento Remoto*”. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos – SP, Brasil.

Sousa Júnior, W. C.; Salomão, A., 2009, “*Sistema para Monitoramento Remoto de Consumo de Água Utilizando Padrão de Comunicação sem Fio Através de Redes Zigbee*”, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos – SP, Brasil.

Sousa Júnior, W. C. S., 2011, *Uso Eficiente de Água em Aeroportos*, RIBEIRO, E. N. (ed.), RiMa, São Carlos – SP, Brasil.

Yamada, E. S., 2001, “*Os impactos da medição individualizada do consumo de água em edifícios residenciais multi-familiares*”, Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, Brasil.