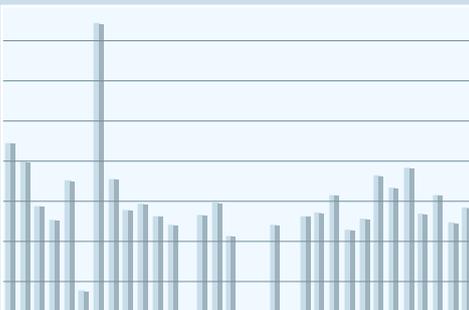
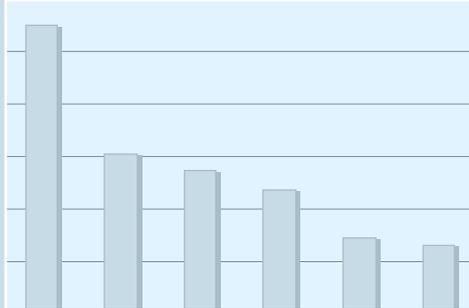


Casa Eficiente

Uso Racional da Água



Casa Eficiente:

Uso racional da água

Editores:

Roberto Lamberts

Enedir Ghisi

Cláudia Donald Pereira

Juliana Oliveira Batista

FLORIANÓPOLIS
UFSC
2010

LABEEE – LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

Coordenador

Prof. Dr. Roberto Lamberts

Pesquisadores da Casa Eficiente

Ana Kelly Marinoski
Carlos Eduardo Gonçalves
Christhina Maria Cândido
Cláudia Donald Pereira
Juliana Oliveira Batista
Marcio Andrade
Rosana Debiasi
Sergio Parizotto Filho
Vinicius Luis Rocha

ELETROBRAS

Presidente

José Antônio Muniz Lopes

Diretor de Tecnologia

Ubirajara Rocha Meira

PROCEL - PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Fernando Pinto Dias Perrone

Divisão de Eficiência Energética em Edificações

Solange Nogueira Puente Santos

Equipe Técnica

Anselmo Machado Borba
Estefânia Neiva de Mello
Frederico Guilherme Cardoso Souto Maior de Castro
José Luiz Grunewald Miglievich Leduc
Maria Tereza Marques da Silveira
Patrícia Zofoli Dorna
Rebeca Obadia Pontes
Rodrigo da Costa Casella
Viviane Gomes Almeida

ELETROBRAS ELETROSUL

Equipe Técnica

Eduardo Campos
Jorge Luis Alves
Henrique Brognoli Martins
Aniceto Carlos Kroker Pelka
Ruy de Castro Sobrosa Neto
Fernando Luiz Boveroli Machado
Rafael Rabassa Morales
Marcos Aurélio de Jesus
Hugo Rohden Becker
Cassemiro Massaneiro da Rosa

IMAGENS

Anisio Elias Borges (repórter fotográfico)

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Virtual Publicidade Ltda | Curitiba-PR

C334 Casa eficiente : uso racional da água / editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010.
v. 3 (72 p.) : il. ; graf. ; tabs.
Inclui bibliografia
ISBN: 978-85-7426-100-3
1. Água potável – Consumo – Avaliação. 2. Água – Reutilização. 3. Águas pluviais. 4. Recursos hídricos – Desenvolvimento. I. Lamberts, Roberto. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

CDU: 72:697

Casa Eficiente

A Universidade Federal de Santa Catarina possui longa tradição de ensino, pesquisa e extensão na área de uso racional de energia, envolvendo vários dos seus departamentos dentre os quais destacam-se a Engenharia Civil, Elétrica, Mecânica, e Arquitetura.

A Casa Eficiente é resultado de uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina, a ELETROSUL e a ELETROBRAS para a construção de um centro de demonstrações em eficiência energética.

Durante a metade de cada mês, por um período de dois anos, a Casa funcionou como laboratório possibilitando diversas pesquisas de doutorado, mestrado e iniciação científica. Na outra metade do mês a Casa funcionou como um centro de visitação, expondo ao público, em geral, novas referências em termos de uso eficiente e racional de energia.

Na Casa foram testadas diversas tecnologias ligadas ao aproveitamento da energia solar, adaptações ao clima local, uso eficiente de energia, coleta de água da chuva e sustentabilidade ambiental.

Nestes livros são apresentados os resultados de dois anos de pesquisa. Muitas outras publicações já foram realizadas em congressos e periódicos científicos e outras ainda estão por vir, frutos dos dados levantados pelo projeto e muitos dos quais integram teses e dissertações em andamento.

A Universidade Federal de Santa Catarina acredita que projetos como o da Casa Eficiente representam uma boa maneira de transmitir os conhecimentos gerados pela Universidade para a comunidade. Como instituição que se preocupa tanto em avançar a fronteira do conhecimento como também em disseminar o saber para a sociedade, participar do projeto da Casa Eficiente é altamente gratificante e recompensador.

Prof. Alvaro Toubes Prata
Reitor
Universidade Federal de Santa Catarina

Sociedade eficiente e sustentável

Atuar nos mercados de energia de forma integrada, rentável e sustentável é a missão da Eletrobras, que norteia nossa visão de futuro, indicando nosso objetivo de ser, até 2020, o maior sistema empresarial global de energia limpa, com rentabilidade comparável às das melhores empresas do setor elétrico. Temos a convicção de que essa atuação rentável e sustentável passa pela questão da eficiência energética. Dessa maneira, a Eletrobras investe em pesquisa e desenvolvimento, já tendo inaugurado, inclusive, dois Centros de Eficiência Energética, ambos por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel): um no Pará, em parceria com a Universidade Federal do Pará (UFPA), e outro em Minas Gerais, com a Universidade Federal de Itajubá.

Outro investimento feito na área é a parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina, a Eletrobras Eletrosul e a Eletrobras, que possibilitou a construção da Casa Eficiente, um centro de demonstrações em eficiência energética, localizado na sede da Eletrobras Eletrosul. Na casa, são testadas modernas técnicas de uso da energia solar para aquecimento, uso eficiente da água e da energia elétrica. Essa iniciativa, que está dentro das ações do Procel Edifica, mostra que a preocupação da Eletrobras com o uso correto e eficiente da energia, bem como com a sustentabilidade, é uma prática empresarial constante, e não apenas discurso.

A Eletrobras acredita que energia mais barata é a utilizada com eficiência e que as boas práticas de eficiência energética devem ser disseminadas na sociedade, a fim de que todas as pessoas saibam valorizar o uso racional da energia elétrica e tragam o conceito de sustentabilidade para suas vidas cotidianas. A Casa Eficiente cumpre essa função pedagógica, indicando o futuro que a nação brasileira deverá trilhar. Um futuro que conjuga desenvolvimento com respeito ao meio ambiente. Igual à atuação da Eletrobras no Brasil e no mundo.

José Antônio Muniz Lopes
Presidente da Eletrobras

A Eficiência e o Futuro

Alinhada à missão da Eletrobras, a Eletrosul, como empresa do Sistema Eletrobras, busca permanentemente fontes renováveis de geração de energia por meio da pesquisa e desenvolvimento e realiza investimentos dentre aquelas fontes já estudadas pelo seu quadro técnico. Podemos citar entre outras, as pesquisas em geração de energia a partir do hidrogênio, do gás metano, das ondas, assim como a geração fotovoltaica e o investimento na energia eólica.

Investir em fontes renováveis não quer dizer esquecer a conservação de energia, pois, é por meio da eficiência energética que evitamos a necessidade de geração no curto prazo. Ao sermos eficientes em relação ao consumo de energia, estamos contribuindo para o desenvolvimento sustentável do país.

Com o intuito de desenvolver ações concretas no sentido de sermos eficientes no consumo de energia elétrica, ao consumo racional da água e a utilização das condicionantes bioclimáticas, a Eletrosul, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina e a Eletrobras, construiu no pátio de sua Sede, a Casa Eficiente, com o objetivo de servir como laboratório para edificações eficientes e contribuir para a divulgação dos conceitos nela aplicados.

A Casa Eficiente, para a Eletrosul, reflete o compromisso da empresa em desenvolver soluções que tornem os processos produtivos mais eficientes e ambientalmente sustentáveis, deixando sua contribuição como empresa pública, imprescindível para a sociedade, atuando como agente motriz do desenvolvimento do país, certos de que o caminho a ser trilhado para futuro passa pela disseminação destes conceitos.

Eurides Luiz Mescolotto
Presidente da Eletrobras Eletrosul

Sumário

PREFÁCIO	9
RESUMO EXECUTIVO	15
1. INTRODUÇÃO	17
2. A CONCEPÇÃO DO PROJETO DE USO RACIONAL DA ÁGUA DA CASA EFICIENTE	21
3. COMPONENTES HIDRÁULICOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA	27
3.1. Componentes economizadores de água no setor residencial.....	27
3.2. Aparelhos sanitários e componentes economizadores adotados na Casa Eficiente.....	30
4. REUSO DE ÁGUAS	33
4.1. Sistemas de reuso de águas no setor residencial	33
4.2. Sistema de reuso de águas da Casa Eficiente.....	34
5. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	37
5.1. Área de captação.....	39
5.2. Calhas e condutores	39
5.3. Dispositivos de descarte de sólidos	40
5.4. Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos.....	41
5.5. Reservatórios de armazenamento de água de chuva	42
5.6. Dispositivos de proteção sanitária dos reservatórios de acumulação de água de chuva.....	43
5.7. Aspectos qualitativos da água da chuva.....	45
5.8. Legislação e normas para aproveitamento de água de chuva.....	46
5.9. O sistema de aproveitamento de água de chuva da Casa Eficiente	48
5.10. Avaliação de dispositivos de descarte de sólidos	51
5.10.1. Dispositivo de descarte de sólido modelo Filtro Coletor 3P	53
5.10.2. Dispositivo de descarte de sólido modelo 3P Rainus.....	55
5.10.3. Dispositivo de descarte de sólido modelo VF-1	57
5.11. Avaliação de dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos	58

5.11.1. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos, volumétrico, de baixo custo, confeccionado com tubos e conexões de PVC	58
5.11.2. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos, volumétrico, de baixo custo, confeccionado com bombona.....	60
5.11.3. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos Safe Rain	61
6. AVALIAÇÃO DA ECONOMIA DE ÁGUA POTÁVEL NA CASA EFICIENTE	63
7. CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS	72

Prefácio

A Casa Eficiente (Figuras 1 a 4), localizada em Florianópolis, SC, é resultado da parceria estabelecida entre a ELETROSUL, ELETROBRAS/PROCEL Edifica e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), através do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE).

Em setembro de 2002, técnicos da ELETROSUL e da ELETROBRAS iniciaram a avaliação de alternativas de investimento em projetos de eficiência energética na construção civil, uma vez que mais da metade do consumo da Energia Elétrica no Brasil se dá nas edificações (BRASIL, 2007), justificando-se a necessidade de investimentos neste setor.

Com a criação do Procel Edifica pela ELETROBRAS/PROCEL em 2003, criou-se uma oportunidade para a atuação conjunta de setores como universidades, centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, em benefício da promoção do uso racional da energia elétrica em edificações.

Paralelamente, as negociações entre a ELETROSUL, ELETROBRAS/PROCEL e a UFSC evoluíram, até que, em maio de 2004, foi assinado um convênio de cooperação técnica para a construção da Casa Eficiente, incluindo também ações de *marketing* e divulgação, destacando-se a criação do site www.eletrosul.gov.br/casaeficiente.

O projeto arquitetônico da Casa Eficiente (Figuras 5 a 8) foi concebido pelas arquitetas Alexandra Maciel e Suely Andrade como uma vitrine de tecnologias de ponta, contando com a colaboração de pesquisadores do LabEEE, da Universidade Federal de Santa Catarina. A Casa Eficiente reúne diversas estratégias de adequação climática, com o aproveitamento da ventilação e da luz natural, adotadas como alternativas ao uso da refrigeração e iluminação artificiais. Conta ainda com aproveitamento da energia solar térmica para aquecimento de água e da energia solar luminosa para a geração de eletricidade através de um painel fotovoltaico interligado à rede.

Visando a redução do impacto ambiental e o uso eficiente da água, a Casa Eficiente utiliza água da chuva para fins não potáveis (máquina de lavar roupas, vaso sanitário, tanque e torneira externa). Além disso, ela possui um sistema de reúso de águas, no qual os efluentes recebem tratamento biológico por zona de raízes, as águas negras tratadas são encaminhadas para a rede coletora e as águas cinzas tratadas são armazenadas para uso na irrigação do jardim da Casa.



FIGURA 1 – Vista Sudoeste da Casa.



FIGURA 2 – Vista Sudeste da Casa.



FIGURA 3 – Vista Nordeste da Casa.



FIGURA 4 – Vista Noroeste da Casa.

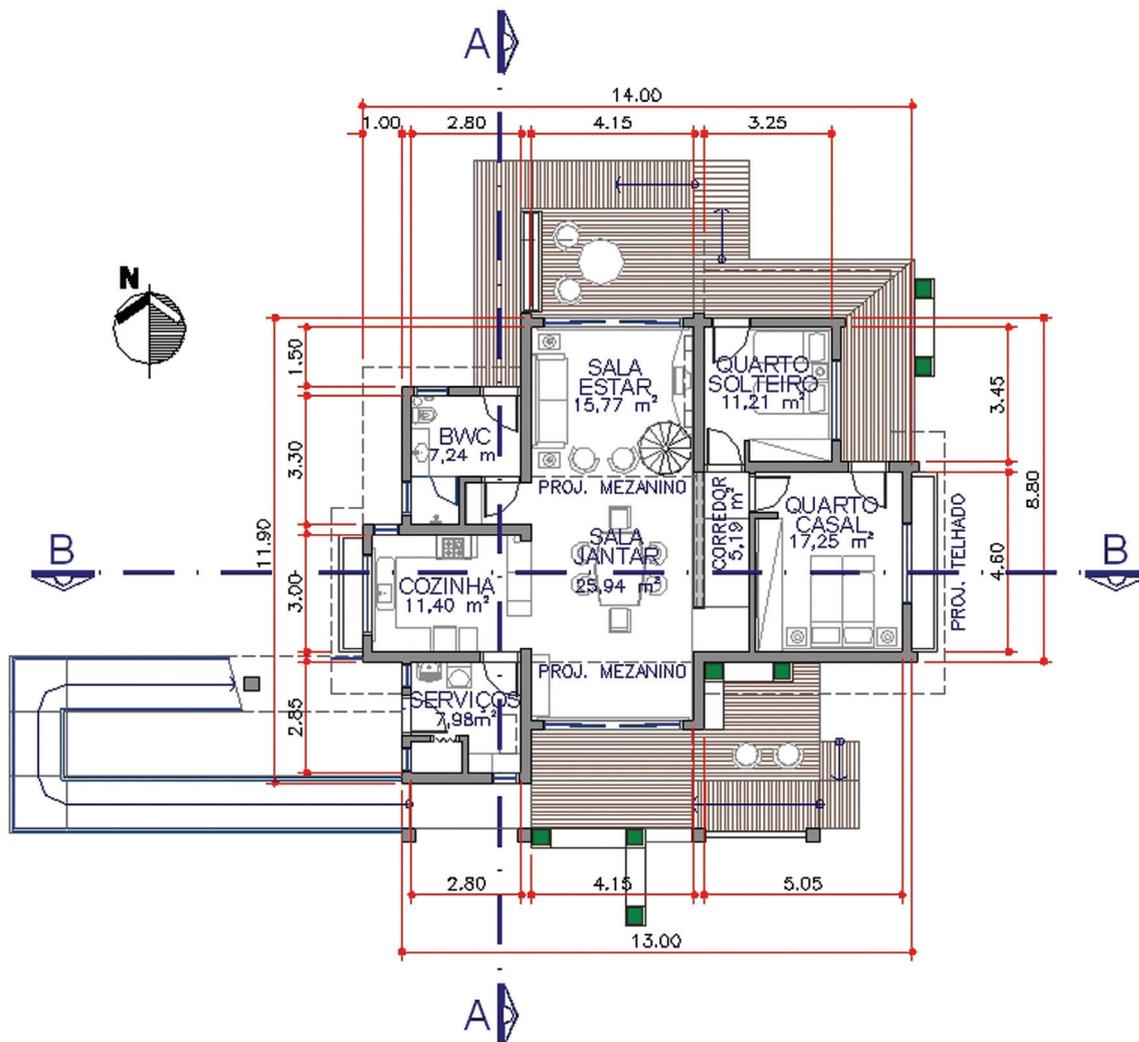


FIGURA 5 – Planta baixa da Casa Eficiente – pavimento térreo.

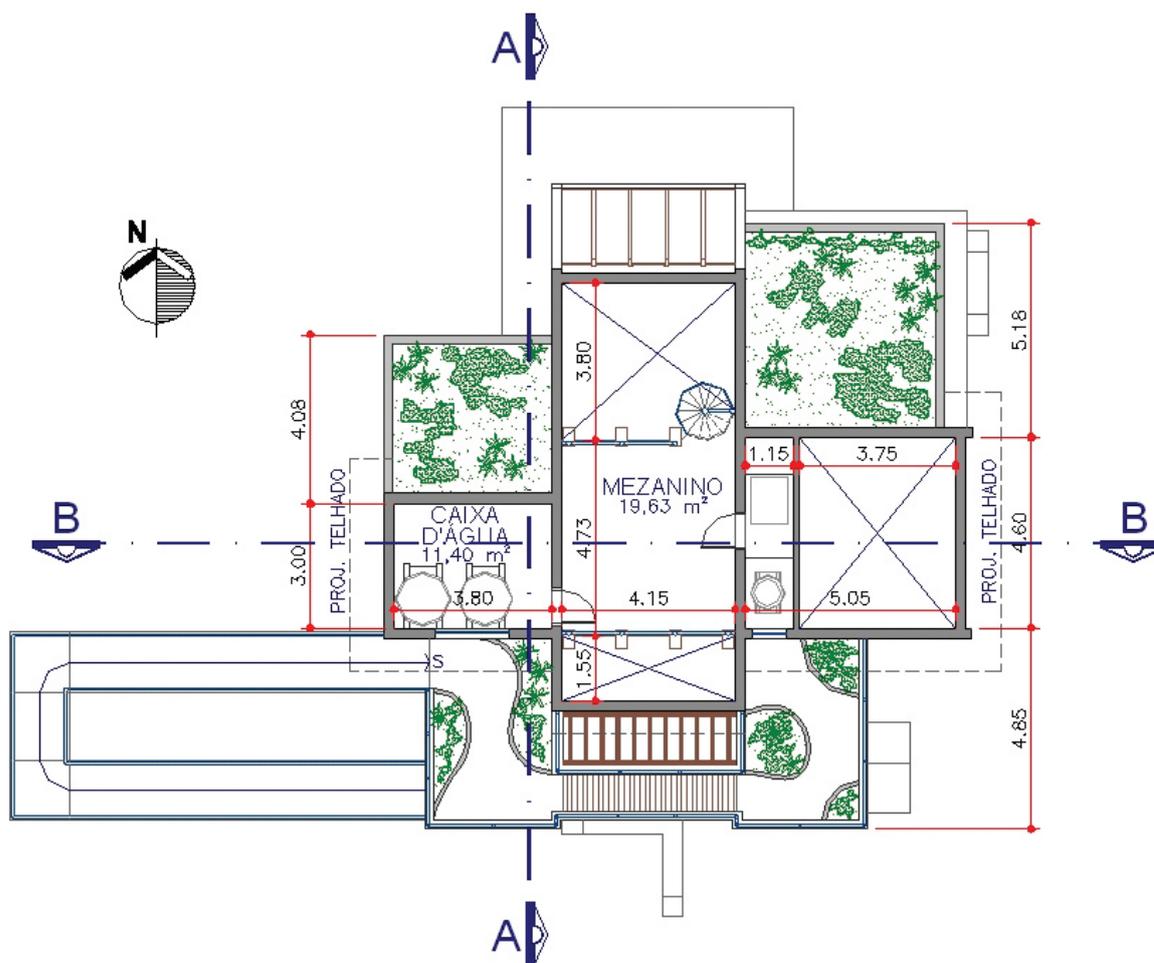


FIGURA 6 – Planta baixa da Casa Eficiente – mezanino.

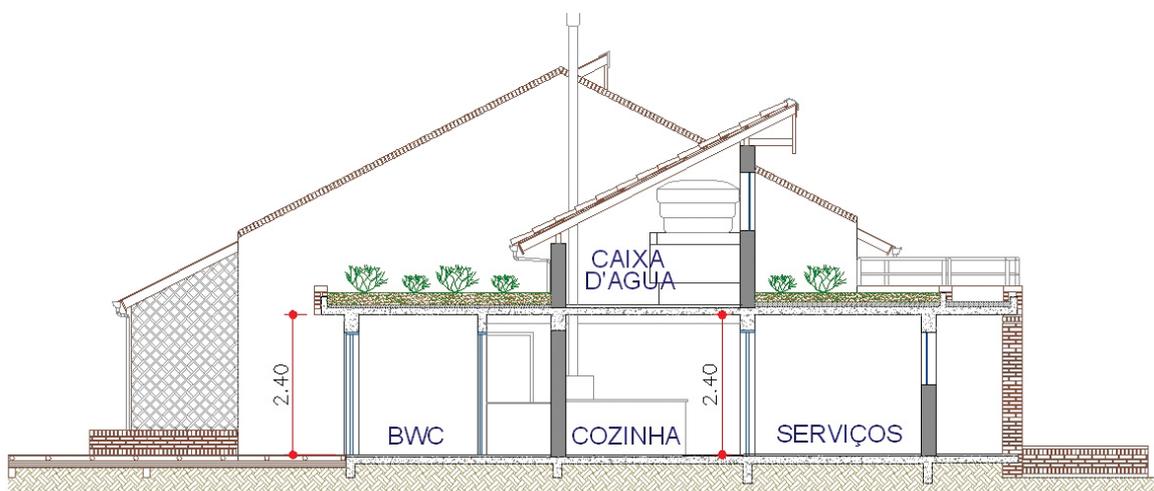


FIGURA 7 – Corte AA.

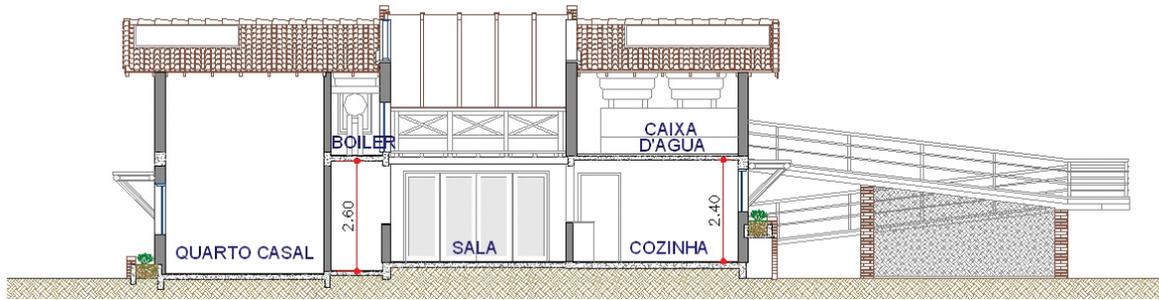


FIGURA 8 – Corte BB.

A concepção do projeto das instalações prediais da Casa Eficiente contemplou, além dos objetivos de sustentabilidade (eficiência energética e uso racional da água), a necessidade de flexibilidade de operação, de manutenção e de seu funcionamento como um laboratório de pesquisa. Contemplou ainda, a necessidade de proporcionar, de maneira didática, a visita para divulgação dos conceitos adotados, ou seja, além de ser um laboratório é também uma vitrine tecnológica.

Em 29 de março de 2006 a Casa Eficiente foi inaugurada e aberta à visita, constituindo-se em um espaço destinado à sensibilização pública, objetivando demonstrar como as soluções de projeto podem favorecer o uso eficiente da energia elétrica e da água nas edificações residenciais, reduzindo desperdícios e impactos sobre o meio ambiente.

Considerando-se a Casa Eficiente como um instrumento com potencial para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico, em junho de 2006, foi assinado outro convênio, criando-se o LMBEE – Laboratório de Monitoramento Bioclimático e Eficiência Energética. Para tal, a Casa Eficiente foi equipada com um amplo sistema de monitoramento termo-energético, desenvolvido pelo Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas (LMPT/UFSC), além de uma estação meteorológica própria.

O LMBEE, formado por uma equipe de pesquisadores da UFSC, desenvolveu experimentos quinzenais na Casa Eficiente nos anos de 2007 e 2008. Nesses dois anos, a Casa foi submetida a um revezamento quinzenal entre as atividades de pesquisa (experimentos controlados) e de visita pública. Estes experimentos destinaram-se a verificar o desempenho termo-energético da edificação e a eficácia das estratégias de uso racional da água incorporadas ao projeto. Os experimentos foram conduzidos por três grupos de trabalho (GTs): GT-1, Eficácia das estratégias de condicionamento ambiental; GT-2, Potencial de geração solar fotovoltaica interligada à rede elétrica de distribuição e GT-3, Uso racional da água.

Após dois anos e meio de atividades do LMBEE, a ELETROSUL, a ELETROBRAS/PROCEL Edifica e o LabEEE/UFSC apresentam ao público os resultados das pesquisas desenvolvidas na Casa Eficiente, reunidos em quatro publicações técnicas, abordando as seguintes temáticas:

- :: 1. Bioclimatologia e Desempenho Térmico.
- :: 2. Consumo e Geração de Energia.
- :: 3. Uso Racional da Água.
- :: 4. Simulação Computacional do Desempenho Termo-Energético.

As publicações 1, 2 e 3 foram elaboradas com base no monitoramento das diferentes estratégias e tecnologias empregadas na Casa Eficiente. Já a publicação 4 apresenta os resultados das simulações computacionais realizadas, tanto na fase de projeto quanto após a construção da Casa, possibilitando análises detalhadas do desempenho termo-energético da Casa Eficiente.

É objetivo de todos os parceiros envolvidos neste empreendimento divulgar as lições aprendidas com os trabalhos realizados na Casa Eficiente, a fim de que este projeto cumpra de modo efetivo seu papel de instrumento disseminador de conceitos e boas práticas no setor da construção civil.



Resumo executivo

Esta publicação discorre sobre o uso eficiente da água nas edificações, em particular no setor residencial, apresentando as estratégias referentes ao uso racional da água adotadas na Casa Eficiente, bem como os resultados obtidos nas pesquisas realizadas no LMBEE.

Essas estratégias de uso racional da água contemplam o aproveitamento de água de chuva, o tratamento biológico de águas residuárias, o reuso de águas (utilização de águas cinzas claras)¹ e a utilização de componentes que possibilitam baixo consumo de água visando contribuir com a redução do consumo de água potável da Casa Eficiente.

No projeto hidrossanitário da Casa Eficiente classificam-se as águas desta habitação de acordo com a qualidade e o uso a que se destinam. Assim, na Casa Eficiente tem-se: água de abastecimento potável; água de chuva captada em telhados e utilizadas para fins não potáveis (em máquina de lavar roupas, vaso sanitário, tanque e torneira externa); água de chuva captada em telhado vegetado, terraços e rampas – áreas de circulação de pessoas – que, juntamente com as águas cinzas claras (provenientes do chuveiro, lavatório, tanque e máquina de lavar roupas), são usadas para irrigação paisagística, ou seja, para reuso de águas; e águas residuárias negras e cinzas escuras que após tratamento biológico são direcionadas para a rede de esgoto.

Para possibilitar a avaliação do consumo de água, a Casa Eficiente está equipada com um sistema de aquisição de dados que permite a medição individualizada do consumo de água potável, de água de chuva, de água de reuso e de água quente.

No projeto das instalações prediais da Casa Eficiente foram utilizados componentes que possibilitam o baixo consumo de água e as instalações prediais hidráulicas foram feitas, preferencialmente, aparentes, identificadas por cores distintas, possibilitando melhor visibilidade, facilidade de manutenção, modificações e compreensão das estratégias adotadas. Nos pontos de consumo de água não potável existem placas de advertência e também torneiras de uso restrito, identificando o uso impróprio dessa água para o consumo humano.

A Casa Eficiente possui também um sistema de aquecimento de água por energia solar, o qual contribui para a redução do consumo de energia elétrica da edificação. A água aquecida nos coletores solares é utilizada para chuveiro, lavatório e pia de cozinha.

Nesta publicação, se dá ênfase ao sistema de aproveitamento de água de chuva da Casa Eficiente, apresentando os resultados da avaliação da eficácia de alguns dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos escoamentos iniciais testados na Casa.

Os resultados da avaliação da eficácia dos dispositivos de descarte de sólidos ensaiados possibilitaram verificar o desempenho desses dispositivos com relação às perdas de água. O dispositivo 3P Rainus apresentou excelente desempenho para a situação da Casa Eficiente. Verificou-se que o funcionamento

¹ Neste trabalho dividem-se as águas cinzas em claras e escuras. As águas cinzas escuras são os efluentes de pia de cozinha, enquanto as demais, águas cinzas, são consideradas claras.

do dispositivo de descarte de sólidos ocorreu adequadamente e as perdas de água foram insignificantes, menores que 0,5%. Porém, quando ensaiado com folhas pequenas, elas passam pela pré-peneira e tendem a ficar aderidas à peneira, dificultando a passagem da água e ocasionando maiores perdas do líquido. O dispositivo Filtro Coletor 3P na presença de folhas e detritos apresentou perdas de água superiores a 70%, não sendo aconselhável o seu uso. O dispositivo Filtro VF1 apresentou excelentes resultados: insignificantes perdas quando ensaiado apenas com água; e perdas em torno de apenas 8% quando ensaiado com folhas e detritos, mostrando-se apropriado para habitações com áreas de captação semelhantes à da Casa Eficiente.

Já os experimentos realizados com dispositivos de desvio de água dos escoamentos iniciais mostraram que o dispositivo volumétrico com tubo de PVC funcionou perfeitamente, apresentando baixo custo, especialmente para pequenas áreas de captação. O dispositivo volumétrico de bombona, apesar de ser de baixo custo, não funcionou adequadamente, pois a vedação da tampa da bombona é de difícil manuseio e apresentou vazamentos. O dispositivo *Safe Rain* apresentou baixa precisão, mostrando-se difícil de ser ajustado. Em alguns ensaios, este dispositivo desviou mais de 30% do volume esperado.

Na avaliação da economia de água na Casa Eficiente, com base em simulações de consumo no período analisado, verificou-se que a demanda de água potável poderia ser reduzida em cerca de 41% em função do aproveitamento de água de chuva. As características físicas da edificação, as características locais e a estimativa de demanda de água pluvial adotada, possibilitaram obter uma economia de água potável satisfatória. A economia financeira média mensal obtida no período estudado foi de R\$ 55,60, o que representa 54,4% de economia na conta de água e esgoto.

A avaliação das estratégias de uso racional da água adotadas na Casa Eficiente indica, para os condicionantes locais, a viabilidade da utilização da água de chuva como um recurso hídrico complementar alternativo e também o potencial de economia de água potável, a partir da utilização de águas cinzas claras e componentes economizadores de água em uma residência, servindo, assim, como modelo de conservação da água e sustentabilidade para o setor habitacional.

1. Introdução

Autores:
Marcio Andrade
Ana Kelly Marinowski

A presente publicação tem como objetivo difundir tecnologias e práticas que colaborem para promoção do uso eficiente da água nas edificações, em particular para o setor residencial. Nela, apresentam-se as estratégias e os resultados de pesquisas relativas ao uso racional da água desenvolvidas na Casa Eficiente.

Pretende-se colaborar para a sustentabilidade do setor habitacional por meio do incentivo à redução do consumo de um dos principais recursos naturais, a água. Almeja-se contribuir para diminuir a vulnerabilidade deste setor frente ao quadro de mudanças climáticas que vêm sendo observadas, assim como para as projeções que apresentam evidências de crises futuras de abastecimento de água.

É importante evidenciar a fragilidade do paradigma dominante do setor habitacional, que utiliza os recursos naturais como se esses fossem ilimitados, levando a situações de crise – como as observadas e as que se projetam para o futuro, caso não sejam adotadas medidas prementes de mudança desse modelo. Ressalta-se que, no contexto das mudanças climáticas globais, a atmosfera aquecida tem levado a projeções de cenários que indicam o aumento da temperatura, ocorrência de eventos extremos, inundações e estiagens, os quais devem afetar os ecossistemas, a economia e a saúde.

A água é um recurso finito e vulnerável que deve ser utilizado racionalmente; é um recurso de valorização econômica – a principal “*commodity*” do século XXI, mas também um recurso vital. A água é um elemento essencial que contribui para a promoção do desenvolvimento e da qualidade de vida, mas é também um recurso limitado e, se não se alterarem as tendências atuais, irão agravar-se significativamente as crises hídricas. É neste contexto que o presente trabalho compromete-se e vem contribuir para o uso eficiente da água nas edificações.

De 1900 a 2000, a população mundial triplicou, enquanto o consumo de água para usos humanos aumentou seis vezes. No ano 2000, metade dos recursos hídricos disponíveis já estava sendo utilizada para fins humanos, o dobro do que era utilizado em 1965 (WORLD WATER COUNCIL, 2008).

Em maio de 2007, a população mundial urbana ultrapassou a população rural (ONU, 2007). O Brasil já tinha atingido esse valor no final da década de 1960. Embora esta divisão entre o urbano e o rural não seja bem definida, dados do governo brasileiro indicaram que em 1996 cerca de 78,3% da população brasileira residia nas áreas urbanas e apenas 21,7% vivia no meio rural (IBGE, 1998).

Ressalta-se que este processo de concentração da população urbana tem levado à diminuição dos índices de disponibilidade específica de água (m^3 por ano por habitante) de áreas metropolitanas, o que é motivo de preocupação de governos e sociedade.

As construções habitacionais são responsáveis pela demanda de cerca de 40% da energia elétrica consumida no país (ELETROBRAS/PROCEL, 2007) e o consumo humano de água é cerca de 20% de todas

as atividades (OLIVEIRA, 1999), sendo menor apenas do que a demanda do setor de irrigação. Conforme apresentado na Figura 1.1, o consumo de água do setor residencial nas regiões metropolitanas do Brasil corresponde a 84,4% da demanda total de água destas áreas.

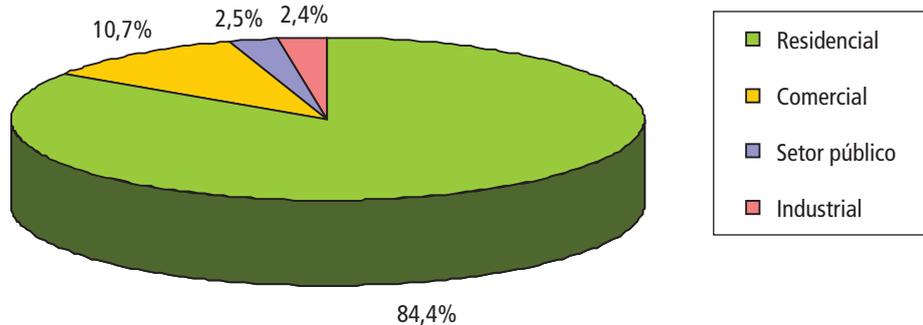


FIGURA 1.1 – Consumo de água por setor nas regiões metropolitanas do Brasil (OLIVEIRA, 1999).

O desenvolvimento de estratégias eficientes para reduzir o consumo de água em uma residência está vinculado à caracterização dos usos finais de água. A partir deste conhecimento é possível avaliar os principais componentes responsáveis pelo uso da água e priorizar o desenvolvimento de tecnologias para se gerar maior economia efetiva.

As análises de consumo de água em residências apresentam limitações e especificidades locais, sazonais e relativas aos hábitos dos consumidores. Além destas limitações, dependem ainda da metodologia e da confiabilidade da coleta de dados.

Dentre os diversos usos da água nas edificações residenciais, nota-se que nos estudos de usos finais apresentados na literatura (TOMAZ, 2003; MANO; SCHMITT, 2004; GHISI; OLIVEIRA, 2007; DECA, 2007; SABESP, 2008), o vaso sanitário e o chuveiro (banho) são os principais responsáveis pelo consumo de água. Além disso, uma parcela significativa está destinada a fins em que não há necessidade do uso de água potável, tais como em descargas de vasos sanitários, rega de jardins, lavagem de roupas, lavagem de automóveis e calçadas. Estes usos com finalidades não potáveis podem representar em torno de 50% da água utilizada nas edificações.

O uso de fontes alternativas de suprimento para o abastecimento dos pontos de consumo de água com fins não potáveis é uma importante prática na busca da sustentabilidade. Dentre as fontes alternativas pode-se citar o aproveitamento da água da chuva e o reuso de águas.

Florianópolis, onde se localiza a Casa Eficiente (latitude 27°36' S e longitude 48°31' O), é contemplada com boa distribuição temporal e altos índices de precipitação pluviométrica. A precipitação média entre 1961 e 1990 foi de 1.554 mm/ano, enquanto a precipitação média anual de Florianópolis durante o período de 2000 a 2006 foi de 1.595 mm/ano. As Figuras 1.2 e 1.3 apresentam, respectivamente, a precipitação pluviométrica média anual para o Estado de Santa Catarina e a média mensal de Florianópolis entre os anos 1961 e 1990. Já a Figura 1.4, apresenta a precipitação pluviométrica média mensal de Florianópolis durante o período de 2000 a 2006.

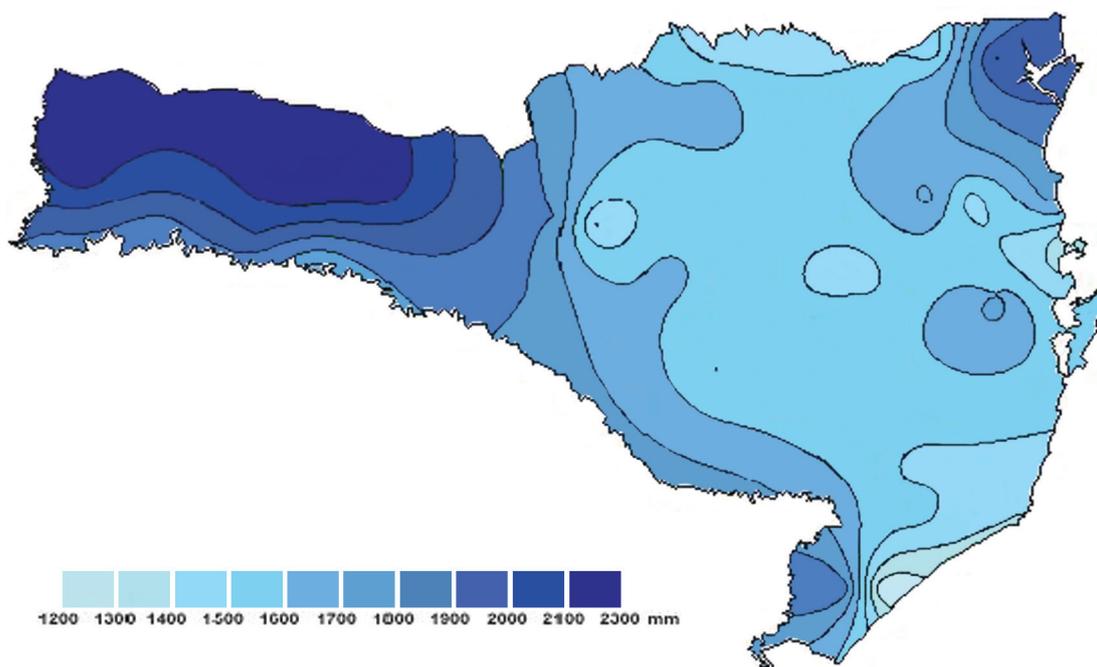


FIGURA 1.2 – Mapa de Santa Catarina com indicação da precipitação média anual para o período de 2000 a 2006 (EPAGRI, 2007).

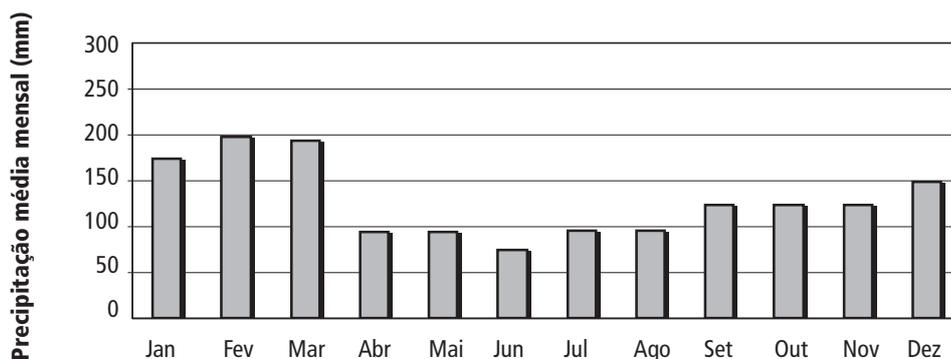


FIGURA 1.3 – Precipitação pluviométrica média mensal de Florianópolis durante o período de 1961 a 1990 (INMET, 2004).

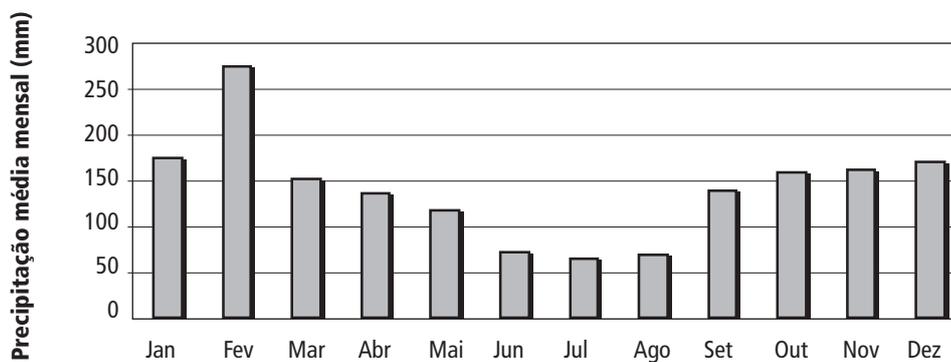


FIGURA 1.4 – Precipitação pluviométrica média mensal de Florianópolis durante o período de 2000 a 2006 (EPAGRI, 2007).

Neste contexto, as pesquisas desenvolvidas na Casa Eficiente, relativas ao uso racional da água, têm como um dos objetivos o desenvolvimento de medidas que promovam economia de água, prevenindo problemas causados pela sua escassez. E dá-se ênfase na viabilização do aproveitamento da água de chuva de captação direta como um recurso hídrico e não como um “esgoto pluvial”. Para tanto, uma das contribuições desta pesquisa foi o desenvolvimento e o levantamento da eficácia de dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos primeiros escoamentos – água das primeiras chuvas – de sistemas de aproveitamento de água da chuva como os utilizados na Casa Eficiente.

Vale ressaltar que em Florianópolis um sistema de aproveitamento de água de chuva de captação direta pode possibilitar a utilização desta água como um recurso hídrico, complementar e alternativo, e com isto contribuir para melhorar nossa capacidade de prevenir, lidar, conviver e resistir aos impactos decorrentes das adversidades climáticas. É com este intuito que se buscam soluções para convivência com esta nova realidade de escassez de água, que atinge também o setor habitacional.

Portanto, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o uso racional da água na habitação, por meio de práticas e medidas como as referentes a sistemas de aproveitamento da água de chuva, vem contribuir para a conservação dos recursos hídricos.

Este livro é composto por sete capítulos referentes ao uso racional de água no setor residencial, abordando as estratégias utilizadas na Casa Eficiente. O primeiro capítulo apresenta uma breve introdução sobre o tema abordado. No segundo capítulo é apresentada a concepção do projeto de uso racional da água da Casa Eficiente, destacando as medidas de conservação da água empregadas. O terceiro capítulo mostra os diversos tipos de componentes economizadores de água adequados ao setor residencial, apresentando os componentes adotados na Casa Eficiente. O quarto capítulo aborda sistemas de reuso de águas. O quinto capítulo discorre sobre sistemas de aproveitamento de água de chuva, avaliação dos dispositivos de descarte de sólidos e de desvio dos primeiros escoamentos. O sexto capítulo compreende a avaliação da economia de água potável gerada pelo aproveitamento de água de chuva na Casa Eficiente. E no sétimo e último capítulo, apresentam-se as conclusões obtidas nas pesquisas destacadas nesta publicação.

2. A concepção do projeto de uso racional da água da Casa Eficiente

Autores:
Marcio Andrade
Ana Kelly Marinoski

Neste capítulo é apresentada a concepção do sistema hidráulico da Casa Eficiente, destacando as estratégias empregadas visando o uso racional da água.

As pesquisas referentes ao uso racional da água desenvolvidas na Casa Eficiente vêm contribuir para o desenvolvimento de tecnologias que promovem a conservação da água, pois envolvem também a gestão da demanda e a gestão da oferta de água.

A gestão da demanda contempla a utilização de componentes economizadores de água, medição do consumo e levantamento de indicadores de consumo para a habitação sustentável.

A gestão da oferta contempla a oferta de fontes alternativas de abastecimento de água para usos não potáveis como aproveitamento de água da chuva para uso em descarga de vaso sanitário e lavagem de roupa, e reuso de águas após tratamento para uso paisagístico, no espelho d'água, e irrigação dos jardins da Casa Eficiente.

As medidas de conservação da água empregadas na Casa Eficiente objetivando a economia de água potável englobam aproveitamento de água de chuva, reuso de águas e a utilização de componentes hidráulicos economizadores de água, conforme apresentado na Figura 2.1.

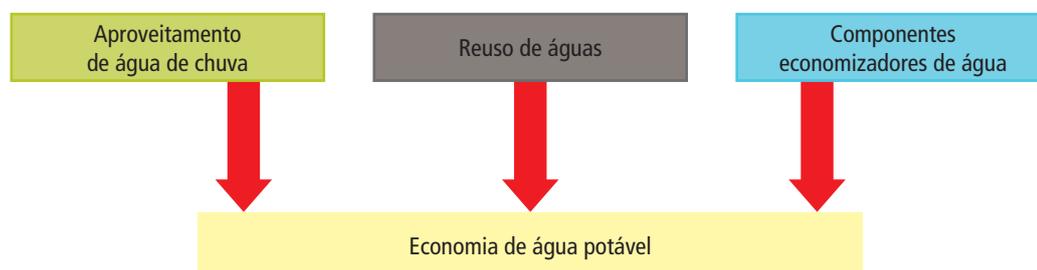


FIGURA 2.1 – Medidas de conservação da água empregadas na Casa Eficiente.

No projeto hidrossanitário da Casa Eficiente promoveu-se a segregação da água, de acordo com a qualidade requerida para o uso. Assim, para se promover a conservação da água, classificou-se a água desta habitação em:

- :: Água de abastecimento potável.
- :: Água de chuva para fins não potáveis (água de chuva proveniente de áreas de captação de coberturas limpas – telhados – que não sejam utilizadas para circulação de pessoas ou animais domésticos).
- :: Água de reuso para irrigação (água não potável constituída de águas cinzas claras – provenientes de banho, lavatório, tanque e máquina de lavar roupa e água de chuva proveniente de áreas de cobertura com telhado vegetado ou áreas utilizadas para circulação de pessoas ou animais domésticos).
- :: Águas residuárias negras e cinzas escuras (compostas por esgoto doméstico primário – proveniente de vaso sanitário – e de águas cinzas provenientes da pia de cozinha²).

Nas Figuras 2.2 e 2.3 apresentam-se, respectivamente, os esquemas de funcionamento dos sistemas de abastecimento de água (com aproveitamento de água de chuva) e do sistema de reuso de águas (utilização de águas cinzas claras tratadas).

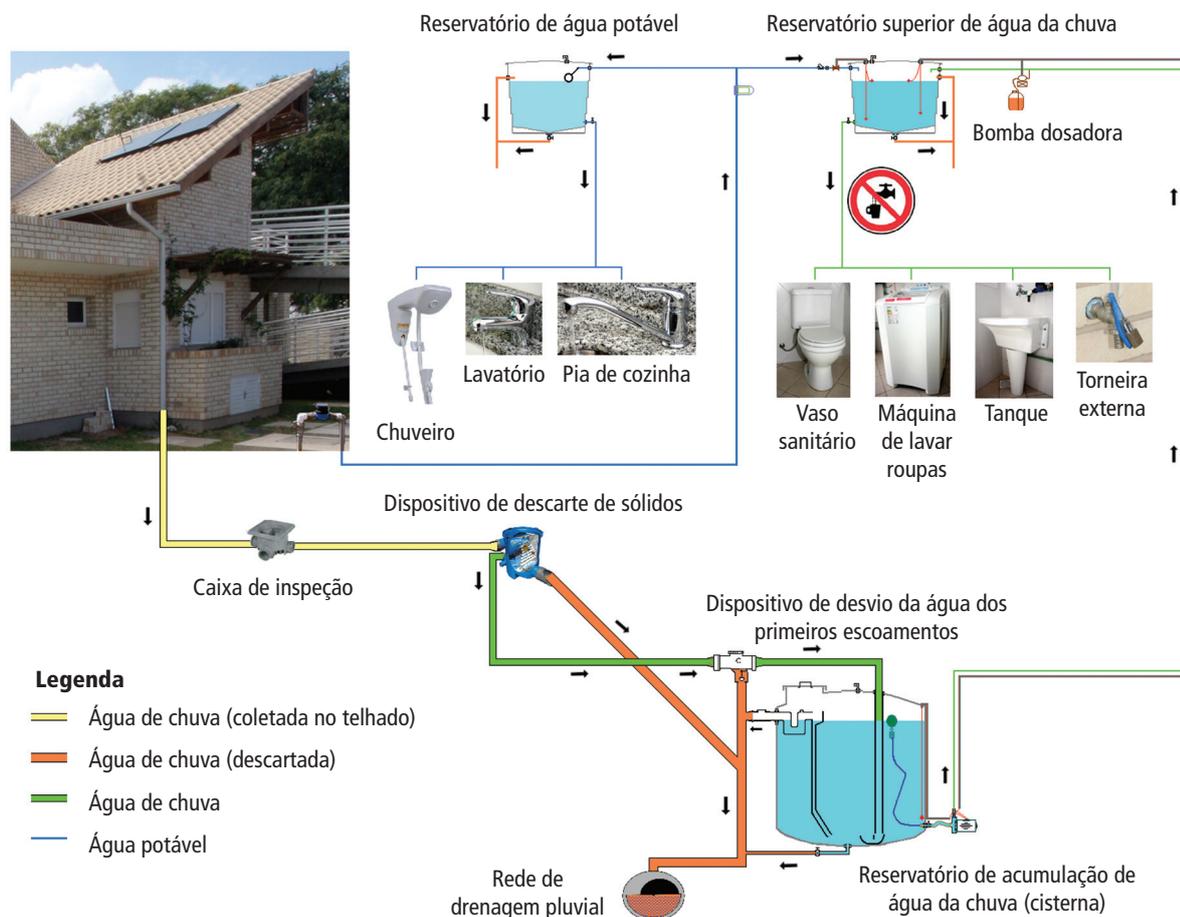


FIGURA 2.2 – Sistema de abastecimento de água com aproveitamento de água de chuva na Casa Eficiente.

2 Na Casa Eficiente não há máquina de lavar louças, mas quando existente, seu efluente deve compor a água cinza escura.

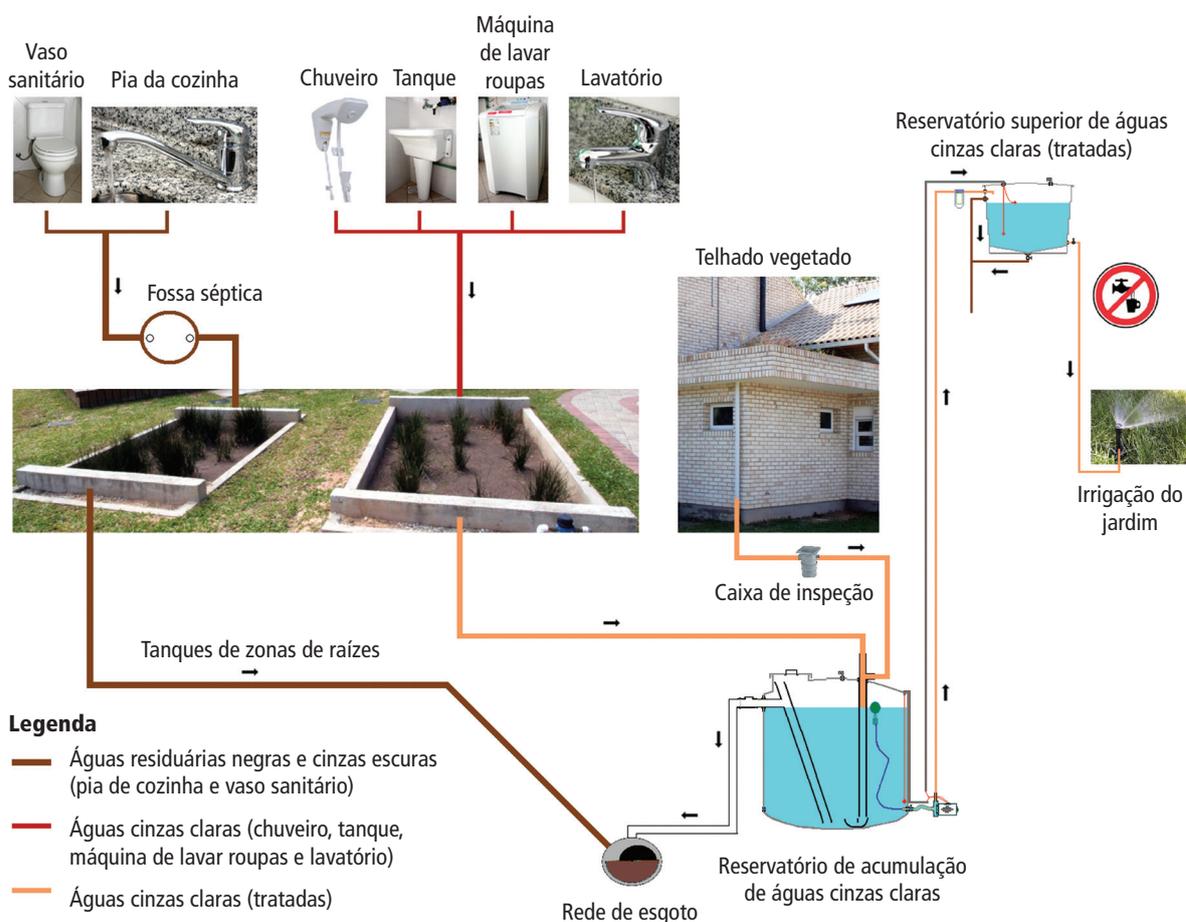


FIGURA 2.3 – Sistema de reuso de águas na Casa Eficiente.

Como apresentado anteriormente na Figura 2.2, as águas de chuva captadas nos telhados, após descarte de sólidos e o desvio de água dos primeiros escoamentos – operações necessárias para melhorar a qualidade da água de chuva – são armazenadas e utilizadas para fins não potáveis, como descarga de vaso sanitário, máquina de lavar roupa, lavagem de piso e irrigação de uma pequena horta.

As águas cinzas claras, após passarem por tratamento biológico por zona de raízes (leito cultivado construído ou *wetland*), são encaminhadas para um reservatório de armazenamento, enterrado, para onde também são dirigidas as águas de chuva captadas nos telhados vegetados e áreas de circulação de pessoas, após a passagem por uma peneira. Desse reservatório, esta água é bombeada para um reservatório elevado que alimenta, por gravidade, um espelho d'água (elemento decorativo) e também é utilizada para irrigação do jardim. A Figura 2.4 mostra o espelho d'água da Casa Eficiente.



FIGURA 2.4 – Espelho d'água da Casa Eficiente.

Este espelho d'água serve também como uma unidade de tratamento, uma lagoa de maturação, de polimento, onde os raios ultravioleta contribuem para desinfecção das águas cinzas claras.

O reservatório inferior de armazenamento de água da chuva também é um reservatório enterrado e está localizado externamente à edificação. Foi construído em concreto armado e possui volume útil de aproximadamente 3m³. Uma boia eletromecânica com chave de nível, mínimo e máximo, é utilizada para comandar a motobomba que recalca água para o reservatório superior de água de chuva, o qual foi instalado em um compartimento de serviço, localizado junto ao mezanino da Casa, sobre a cozinha.

Na Figura 2.5 visualizam-se os reservatórios superiores de água potável, de água de chuva e o reservatório térmico (de água quente ou boiler).

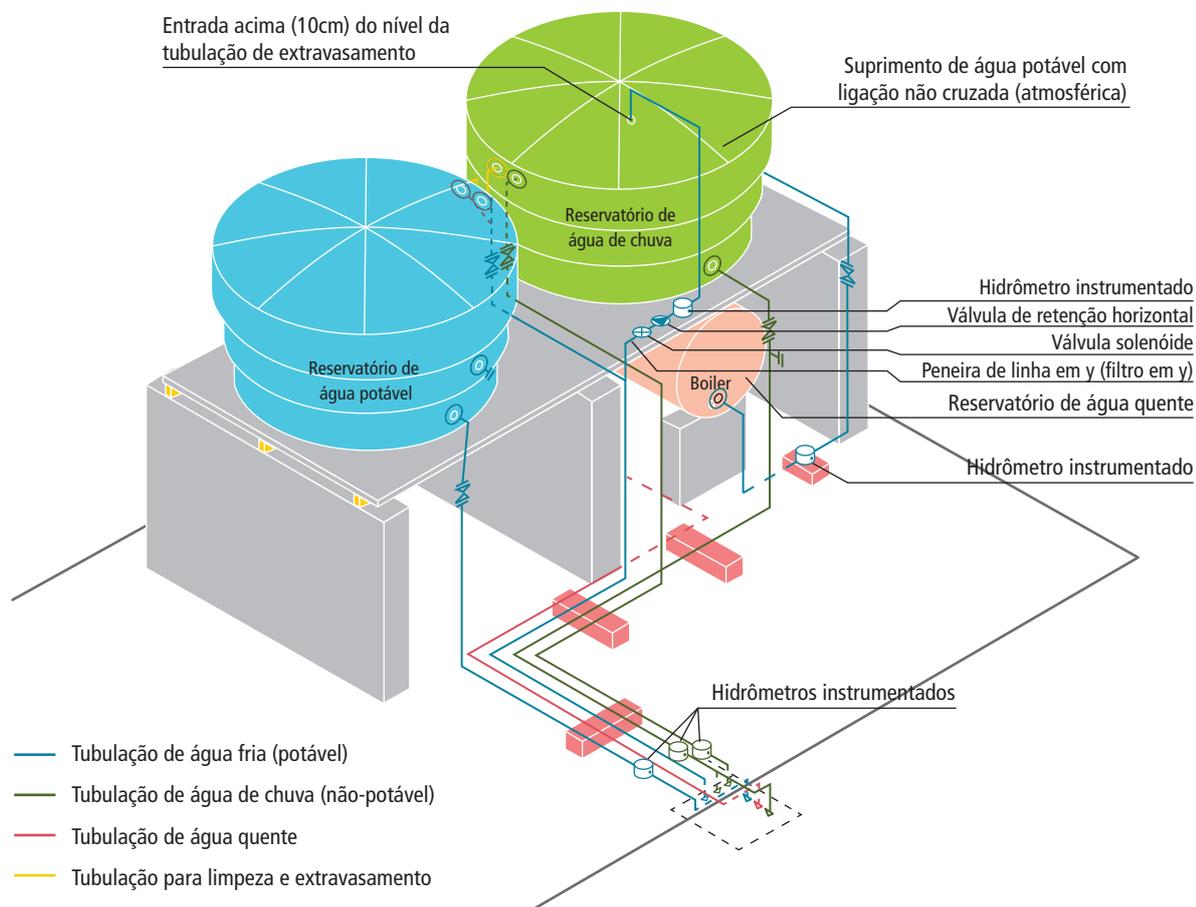


FIGURA 2.5 – Esquema dos reservatórios superiores de água potável, de água de chuva e de água quente da Casa Eficiente.

Para comandar o abastecimento do reservatório superior de água de chuva foram instaladas duas boias eletromecânicas. Uma foi instalada em série com a boia de chave de nível do reservatório inferior, possibilitando o comando do recalque de água de chuva do reservatório inferior para o reservatório superior de água de chuva.

Quando faltar água de chuva no reservatório inferior (cisterna), e o nível mínimo do reservatório for atingido, sendo este regulado pela boia de fundo, a chave desta boia impedirá o funcionamento da motobomba. Para não faltar água nos pontos de consumo não potável com a diminuição do nível de água do reservatório superior de água de chuva, uma chave de nível – que comanda uma válvula solenóide – possibilita o abastecimento suplementar proveniente do sistema de abastecimento de água potável. Este suprimento de água é realizado por via atmosférica, sem ligação cruzada, conforme preconizado pela NBR 15527 (ABNT, 2007).

No caso particular da Casa Eficiente, com o objetivo de reduzir o consumo de água potável, o curso da chave de nível controladora da válvula solenóide foi regulado para abastecer aproximadamente apenas 50 litros de água potável por acionamento. Este procedimento assegura o suprimento da demanda de água para os fins não potáveis. Esta regulagem adotada na Casa Eficiente, apesar de melhorar a eficiência do sistema de aproveitamento de água de chuva, aumenta o consumo de energia elétrica, pois a motobomba entra em funcionamento mais vezes.



FIGURA 2.6 – Instalações prediais aparentes da Casa Eficiente com indicação de cores distintas.

Nas instalações prediais hidráulicas da Casa Eficiente são adotados componentes que promovem baixo consumo de água e, em geral, as tubulações são aparentes, possibilitando melhor visibilidade e compreensão das estratégias adotadas, promovendo a diminuição das despesas com reformas e manutenção. Desta forma, no projeto das instalações prediais priorizou-se a adoção de tubulações aparentes identificadas por cores distintas (Figura 2.6) para cada tipo de água (água potável, água de chuva, águas cinzas claras e água quente potável). Em todo o sistema tomou-se o cuidado de evitar a ocorrência de conexões cruzadas entre as linhas de água potável e não potável.



FIGURA 2.7 – Torneira de água não potável com sinalização de advertência.

Os pontos de utilização de água não potável – torneira de jardim, tanque e torneira de abastecimento do espelho d'água, foram convenientemente identificados com placas de advertência contendo uma figura de identificação gráfica, como pode ser observado na Figura 2.7. Para maior segurança, nos pontos de consumo não potável, além das placas de advertência foram também instaladas torneiras de uso restrito.

Apesar de se utilizar água potável no sistema de aquecimento dos quartos³, adotou-se também uma torneira de uso restrito e uma placa de indicação para purga deste sistema. Esta torneira está localizada na área externa da Casa Eficiente.

3 Na Casa Eficiente há um sistema de aquecimento dos quartos que consiste na circulação forçada de água aquecida em tubulação de cobre presa ao rodapé, que proporciona a transferência de calor para o ambiente por radiação e convecção.



3. Componentes hidráulicos economizadores de água

Autores:
Ana Kelly Marinowski
Marcio Andrade

O objetivo deste capítulo é ressaltar a importância do uso de componentes dos sistemas hidráulicos prediais que promovem baixo consumo de água, destacando os principais tipos adequados ao setor residencial e apresentar os componentes adotados na Casa Eficiente.

3.1. Componentes economizadores de água no setor residencial

No contexto atual de preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos, a adoção de componentes economizadores de água em edifícios públicos, industriais, comerciais e residenciais, vem aumentando cada vez mais.

Componentes economizadores⁴ de água têm como objetivo contribuir para a redução do consumo. Alguns independem da ação do usuário ou da mudança de seu comportamento, enquanto outros facilitam a diminuição do consumo, mas todos estes componentes devem manter o conforto e a segurança sanitária das instalações.

Os componentes economizadores podem ser adotados facilmente em fase de projeto. Já em edificações existentes e ocupadas, a substituição de equipamentos convencionais por componentes economizadores de água pode apresentar dificuldades técnicas e ser mais onerosa. Assim, deve-se observar a viabilidade técnica e econômica da substituição destes equipamentos, de acordo com o consumo verificado em estudos de usos finais de água. Ressalta-se que a economia monetária não deve ser o único aspecto a ser verificado na adoção de componentes economizadores.

A instalação de componentes para redução de vazão de água em pontos estrategicamente escolhidos deve ser implementada quando o sistema hidráulico estiver totalmente estável, ou seja, sem nenhuma perda de água por vazamento. Assim, é importante a detecção e correção de vazamentos como uma primeira medida visando à redução do consumo de água. Além disso, o permanente controle de desperdícios no sistema tende a deixá-lo o mais próximo de suas condições plenas de desempenho (ANA et al., 2005).

4 Os componentes que promovem baixo consumo de água são também conhecidos como equipamentos ou dispositivos economizadores de água.

Os componentes economizadores de água devem ser adotados de acordo com a finalidade a que são destinados e com os usuários que irão utilizá-los. Para identificar os requisitos de desempenho a serem atendidos, é necessária adequada especificação e compreensão do funcionamento dos componentes, das atividades e usuários envolvidos. Não menos importante é a correta calibragem destes componentes, assim como a correta operação destes componentes e, ainda, a sensibilização dos usuários para o uso eficiente da água.

As especificações técnicas dos componentes economizadores de água devem ser realizadas considerando-se as seguintes questões: pressão hidráulica disponível nos pontos de utilização; conforto do usuário; higiene; atividade do usuário; risco de contaminação; facilidade de manutenção; facilidade de instalação, tendo em vista a adequação do sistema, avaliação técnico-econômica e utilização de componentes antivandalismo no caso de locais públicos (ANA et al., 2005).

A adoção de componentes hidráulicos economizadores de água no Brasil vem crescendo de forma acelerada, especialmente em prédios de uso público, principalmente porque o seu emprego associa estes espaços à sustentabilidade das construções, proporciona redução das despesas na conta de água e esgoto, bem como em alguns locais propicia, também, redução na conta de energia elétrica. No caso das edificações residenciais, essa tendência de utilização de componentes que propiciam economia de água vem crescendo de forma mais lenta que nos setores públicos e comerciais.

Ressalta-se que os componentes economizadores de água devem ser escolhidos adequadamente de acordo com o padrão de uso, assim, alguns componentes que são recomendados para uso público não são adequados para uso residencial.

No caso das torneiras convencionais, o consumo de água é proporcional à sua vazão de funcionamento e ao tempo de utilização, assim podem-se utilizar torneiras com componentes economizadores de água, os quais visam controlar a vazão e dispersão do jato. Arejadores, pulverizadores e prolongadores são componentes economizadores comumente utilizados em torneiras residenciais, disponíveis no mercado. Existem também torneiras hidromecânicas e torneiras com sensor (eletrônicas), as quais são mais adequadas ao padrão de uso comercial e público.

A instalação de um arejador na extremidade de saída da torneira poderá modificar substancialmente a vazão de água para a mesma abertura. Observa-se, em condições reais de uso, que uma torneira dotada de arejador proporciona menor quantidade de água consumida em lavatórios. Isto ocorre porque este dispositivo promove o direcionamento do fluxo, com incorporação de ar à água (PROSAB, 2006).

De acordo com a NBR 10281, uma torneira dotada de arejador deve apresentar vazão mínima de 0,05 litros/s, nas mesmas condições de alimentação estabelecidas para o ensaio sem arejador, ou seja, o uso do arejador traz uma redução de cerca de 50% do valor da vazão nas mesmas condições de uso (ABNT, 2003).

Um dos principais exemplos de aparelhos sanitários onde se buscam soluções de racionalização do consumo de água é o vaso sanitário. Isso ocorre em função de o vaso sanitário ser apontado, em estudos de usos finais de água, como um dos responsáveis pela maior parcela do consumo de água nas edificações (VILLARREAL; DIXON, 2005; GHISI; FERREIRA, 2007). Sendo assim, é importante que sejam utilizados vasos sanitários com válvula de descarga de acionamento seletivo, que possui um sistema duplo de descarga, possibilitando ao usuário escolher o volume a ser utilizado, em geral 3,4 litros por acionamento para descarga de líquidos e de 6,8 litros por acionamento para descarga de sólidos.

Uchida e Oliveira (2006) compararam o desempenho de vasos sanitários com o volume de descarga reduzido (volume nominal de 6 litros/descarga) e vasos com sistema de acionamento seletivo de descarga (volume nominal de 3 e 6 litros/descarga), através de monitoramento do consumo de água por hidrômetros instalados nos pontos de consumo. O consumo de oito apartamentos de um edifício residencial com sistema de medição individualizada de água foi monitorado durante um ano, sendo que o monitoramento nestes pontos de consumo (vasos sanitários) foi realizado durante dois meses. Verificou-se que o sistema dual de descarga apresentou um consumo 18% menor do que o sistema de descarga convencional.

Hamzo e Barreto (2007) verificaram a eficiência e economia de água de dispositivos seletivos de descarga. Foram testados, em ensaios laboratoriais, vasos sanitários equipados com um dispositivo seletivo importado, um protótipo com dispositivo seletivo desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e um vaso sanitário sem dispositivo seletivo. Medições em campo também foram conduzidas, monitorando o funcionamento de quatro vasos sanitários de um banheiro público, equipados com o mesmo dispositivo durante aproximadamente 60 dias, quando se trocava o dispositivo nos quatro vasos sanitários (até serem testadas as três situações ensaiadas em laboratório). Verificou-se uma redução média de 42,4% no consumo de água dos vasos sanitários com a utilização do dispositivo seletivo de descarga importado e de 45,9% utilizando o dispositivo desenvolvido pelo IPT, comparados com os vasos sanitários sem dispositivo.

A Tabela 3.1 apresenta as principais características de alguns componentes economizadores comumente utilizados no setor residencial.

A substituição dos vasos sanitários convencionais com volume de descarga fixo de 6 litros (nominal) por dispositivos com acionamento seletivo para dejetos sólidos e líquidos (dispositivo dual) é essencial para redução do consumo de água, uma vez que, em geral, os vasos sanitários são responsáveis por grande parcela de consumo de água das edificações, como anteriormente citado.

O potencial de redução do consumo total de água proporcionado pela substituição de equipamentos convencionais por componentes economizadores podem variar em função das condições locais (pressão do ramal de alimentação) e também dos hábitos dos usuários (frequência e tempo de acionamento). Entretanto, a economia de água oferecida pela instalação desses componentes economizadores pode ser mais significativa quando aliada a um trabalho de conscientização.

TABELA 3.1 - Principais características de alguns componentes economizadores utilizados no setor residencial (Adaptado de ANA et al., 2005).

Aparelho sanitário	Componente economizador	Principais características
Torneiras	Arejador	Dispositivo regulador e abrandador do fluxo de saída de água, usualmente montado na extremidade de torneiras e bicas em geral, destinado a promover o direcionamento do escoamento de água, evitando dispersões laterais e amortecendo o impacto do jato de água contra as partes que estão sendo lavadas. É também um componente que propicia a redução de consumo de água sem comprometimento das operações de lavagem em geral. Os arejadores funcionam pelo princípio de Venturi, incorporando considerável quantidade de ar ao fluxo de água e reduzindo a vazão e o volume de água utilizado.
Torneiras	Pulverizador	Dispositivo fixado na saída da torneira, porém não tem orifícios laterais para a introdução de ar. Transforma o jato de água em um feixe de pequenos jatos semelhante ao que ocorre em um chuveiro. Reduz a vazão para valores entre 0,06 litros/s e 0,12 litros/s, podendo chegar até a 0,03 litros/s, sem reduzir a satisfação do usuário.
Torneiras	Prolongador	Dispositivo fixado na extremidade da torneira para aproximar e direcionar melhor o jato ao objeto a ser lavado. Prolongadores bem projetados podem representar economia de água. Cuidados devem ser tomados com a correta vedação da conexão à torneira.
Chuveiro ou ducha	Registro regulador de vazão	O registro regulador de vazão é empregado para reduzir vazões excessivas, normalmente existentes em condições de alta pressão. Tais componentes podem ser aplicados em chuveiros e duchas e possibilitam a regulação da vazão a níveis de conforto e economia conforme o tipo de chuveiro empregado, a pressão existente no ponto e hábitos dos usuários. Outro procedimento também pode ser a instalação de um dispositivo restritor de vazão. Uma das vantagens do uso do restritor de vazão é que a mesma permanece constante dentro de uma faixa de pressão, geralmente de 10 mca a 40 mca. Existem restritores de vazão com os mais diferentes valores de vazão, por exemplo, para 6, 8, 10, 12 e 14 litros/minuto. Ressalta-se que são recomendados para valores de pressão hidráulica superiores a 10 mca.
Vaso sanitário	Válvula de descarga com acionamento seletivo	Dispositivo conhecido como "duo- flush" ou dual é utilizado para possibilitar o acionamento seletivo da válvula de descarga. A válvula de descarga contém dois botões: um deles, quando acionado, resulta em uma descarga completa para o arraste de efluente com sólidos. O acionamento do outro botão resulta em uma meia descarga, geralmente de 3,4 litros, para limpeza apenas de efluente líquido no vaso sanitário.

3.2. Aparelhos sanitários e componentes economizadores adotados na Casa Eficiente

Todos os aparelhos sanitários utilizados na Casa Eficiente foram selecionados a partir das linhas econômicas disponíveis no mercado, visando reduzir o consumo e o desperdício de água. Foram adotados componentes que promovem baixo consumo de água adequados ao padrão de uso residencial.

Os componentes economizadores de água empregados na Casa Eficiente estão descritos nas Figuras 3.1 a 3.8.



FIGURA 3.1 – Vaso sanitário com caixa acoplada, válvula de descarga com dispositivo de acionamento seletivo e regulador de vazão.



FIGURA 3.2 – Válvula de descarga com dispositivo de acionamento seletivo de 3,4 litros e 6,8 litros.



FIGURA 3.3 – Torneira de tanque com arejador.



FIGURA 3.4 – Chuveiro elétrico com misturador termostático de pastilha cerâmica e arejador.



FIGURA 3.5 – Registro de esfera em PVC.

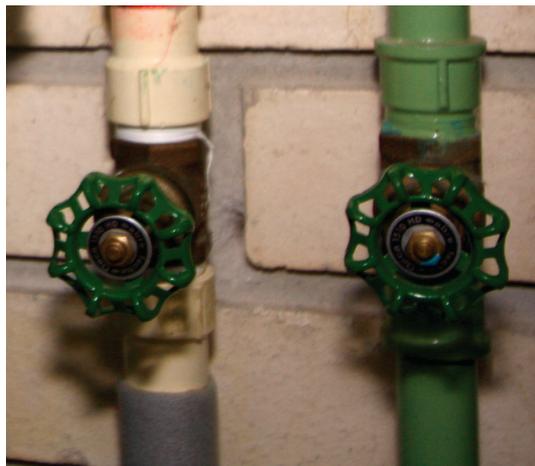


FIGURA 3.6 – Registros de gaveta.



FIGURA 3.7 – Torneira do lavatório com misturador monocomando e arejador.



FIGURA 3.8 – Torneira de pia da cozinha com misturador monocomando e arejador.

De acordo com dados técnicos dos fabricantes, o dispositivo de acionamento seletivo de descarga do vaso sanitário proporciona redução do consumo de água de 50% a 75% em relação ao vaso sanitário convencional (SABESP, 2008).

Apesar de a Casa Eficiente ter ocupação variável, os benefícios provenientes da adoção de componentes economizadores são notáveis, pois proporcionam redução do consumo de água, gerando menores volumes de águas residuárias e, ainda, associam a edificação a valores ambientais.

Além disso, o uso racional da água no setor residencial pode representar uma sensível economia de recursos financeiros, pela redução dos encargos devido à utilização da água e à diminuição da produção de esgoto sanitário, sem que haja comprometimento do conforto ou da segurança sanitária das instalações.

4. Reuso de águas

Autores:
Ana Kelly Marinowski
Marcio Andrade

Este capítulo aborda o reuso de águas em edificações residenciais, destacando o sistema de utilização de águas cinzas claras tratadas existente na Casa Eficiente.

4.1. Sistemas de reuso de águas no setor residencial

Embora seja possível se promover o reuso de águas para diversas atividades, é importante que se associe o uso da água à qualidade requerida. Assim, no setor residencial, a utilização das águas cinzas claras tratadas surge como uma alternativa promissora e que deve ser desenvolvida e incentivada.

As águas cinzas claras, compostas por efluentes provenientes de tanques, banheiras, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, apresentam melhor qualidade do que as provenientes de vasos sanitários (águas negras) e as de pias de cozinha (águas cinzas escuras).

Em edificações residenciais, os sistemas de reuso de águas geralmente contemplam apenas a utilização de águas cinzas. De acordo com o nível de tratamento e seu tipo de reuso, os sistemas de reuso de águas podem ser classificados como reuso potável (direto ou indireto) e reuso não potável. O reuso potável direto ocorre quando, por meio de tratamento avançado, o esgoto tratado é reutilizado no sistema de água potável. O reuso potável indireto é realizado quando o esgoto, após tratamento, é inserido em águas superficiais ou subterrâneas para diluição e purificação natural e posteriormente captada, tratada e disposta para uso potável. Já o reuso não potável pode ser utilizado, de acordo com a qualidade de uso exigida, em diversos fins não potáveis: agrícolas, industriais, recreacionais e domésticos, como em rega de jardins, descargas sanitárias e lavagem de pisos (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Os elementos presentes nas águas cinzas variam de acordo com os pontos de contribuição escolhidos, dependentes das diversas atividades domésticas associadas, variando de residência a residência, onde o estilo de vida, costumes, instalações e a quantidade de produtos químicos utilizados influenciam nessa qualidade. Assim, é possível segregar os efluentes de um conjunto de aparelhos sanitários, de acordo com as características físico-químicas e biológicas de seus efluentes em função dos usos pretendidos.

Os sistemas de utilização de águas cinzas das residências geralmente envolvem tratamento biológico destes efluentes, que são posteriormente armazenados em um reservatório com volume adequado,

dimensionado com base nas características ocupacionais da edificação, na contribuição de efluentes gerados e na demanda de água de reuso. As instalações hidráulicas de um sistema de reuso de águas devem ser absolutamente separadas das instalações hidráulicas de água potável, sendo proibida a conexão cruzada entre elas.

Devido à presença de contaminantes presentes nas águas cinzas, geralmente estas águas são utilizadas para finalidades menos restritivas, em termos de qualidade, que as da água da chuva.

Um dos sistemas de tratamento que podem ser utilizados para o tratamento de águas cinzas das edificações é o de zona de raízes (também chamado de leito cultivado construído ou *wetland*). Neste sistema biológico são utilizadas vegetações de áreas alagadas, resistentes aos sais das respectivas águas residuárias (macro e micronutrientes) e aclimatadas às condições locais. Neste sistema ocorrem operações de sedimentação e processos biológicos que promovem a redução de carga orgânica, principalmente processos aeróbios.

4.2. Sistema de reuso de águas da Casa Eficiente

O projeto hidrossanitário da Casa Eficiente contempla um sistema de reuso de águas – utilização de águas cinzas claras – após tratamento biológico por zona de raízes. As instalações de esgoto da casa foram projetadas com a separação dos efluentes, uma via com águas negras (esgoto primário do vaso sanitário), juntamente com água da pia da cozinha, e outra somente com as águas cinzas claras provenientes do lavatório, tanque, máquina de lavar roupa e chuveiro. Assim, estes efluentes são encaminhados para vias distintas de tratamento, utilização e destinação final.

As águas cinzas claras utilizadas no sistema de reuso da Casa Eficiente são provenientes do banho (chuveiro), lavatório, tanque e máquina de lavar roupa, além da água de chuva oriunda de áreas de cobertura com telhado vegetado ou áreas utilizadas para circulação de pessoas ou animais domésticos. Os efluentes do vaso sanitário e pia da cozinha são separados dos demais, por serem considerados impróprios neste projeto para o reaproveitamento, mesmo após o tratamento biológico. A alta concentração de elementos orgânicos e coliformes fecais dos efluentes do vaso sanitário determinou um elevado risco ao seu aproveitamento, tendo em vista a baixa eficiência do tratamento biológico na remoção de carga orgânica.

Inicialmente, as águas cinzas claras são conduzidas para o tanque de zona de raízes e daí são encaminhadas para a cisterna de reuso de águas, de onde são recalçadas para um reservatório superior e são encaminhadas para o espelho d'água e para irrigação dos jardins da Casa Eficiente.

No tratamento de efluentes por zona de raízes os efluentes entram em contato com as raízes de uma espécie vegetal que apresenta a característica de liberar oxigênio por suas raízes, possibilitando o desenvolvimento de bactérias hospedeiras que fornecem nutrientes para estes vegetais, reduzindo a carga orgânica do efluente, principalmente de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Ressalta-se que esta redução só é efetiva se o sistema for bem operado e mantido, caso contrário pode até produzir um efluente com maior potencial poluidor do que seu afluente.

O sistema de zona de raízes possibilita o tratamento destes efluentes e o seu aproveitamento em atividades não potáveis. Além disso, é um tratamento biológico, sem aporte de energia elétrica, agentes químicos ou equipamentos mecânicos e, ainda, sem produção de odores desagradáveis nem aerossóis.

No caso particular da Casa Eficiente, este sistema de tratamento de efluentes utiliza espécie nativa de junco (*Zizanopsis bonariensis* brás.). O leito filtrante é composto por camadas de casca de ostra, casca de arroz, seixos rolados ou cascalho, saibro e areia. Estas camadas são dispostas conforme apresentado na Figura 4.1. Com a utilização de casca de ostra, é possível oferecer um destino a este resíduo da atividade de maricultura, abundante na região de Florianópolis e minimizar a retirada de seixos e cascalho dos rios ou de brita de pedreiras. Além disso, o carbonato de cálcio presente na casca de ostra apresenta um alto poder de absorção de fósforo, componente abundante no esgoto doméstico (SOUZA, 2003).

A torneira que abastece o sistema de irrigação com água de reuso é de acionamento restrito, não sendo acessível às pessoas não autorizadas e, principalmente, às crianças.

Os efluentes do vaso sanitário e da pia da cozinha passam primeiro por uma fossa séptica para depois seguir para um tanque de zona de raízes. A fossa séptica é basicamente uma unidade onde ocorre a operação de sedimentação e com baixa capacidade de remoção de carga orgânica pelo processo de digestão anaeróbia. Após a passagem destes efluentes pelo tanque de zona de raízes, eles são encaminhados para a rede de coleta de esgoto sanitário.

A Figura 4.1 apresenta um corte esquemático de uma parte do tanque de zona de raízes onde é possível observar a constituição das camadas do leito filtrante. Já a Figura 4.2 mostra os dois tanques de zona de raízes e a cisterna para armazenamento de água de reuso.

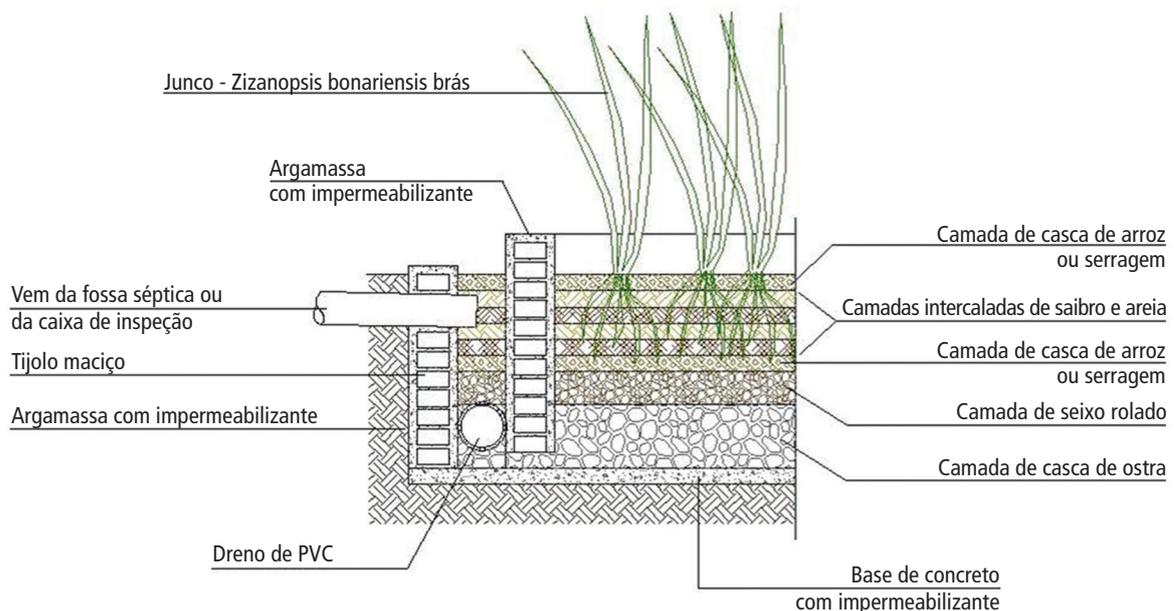


FIGURA 4.1 – Corte esquemático do tanque de zona de raízes.



FIGURA 4.2 – (a) Tanque de zona de raízes para tratamento de águas cinzas escuras e águas negras; (b) Tanque de zona de raízes para tratamento de águas cinzas claras; (c) Cisterna para armazenamento de água de reuso.

Os objetivos do sistema de reuso de águas da Casa Eficiente são a diminuição do volume de efluentes, a remoção de carga orgânica e a economia de água potável. Assim, promove-se a diminuição do potencial poluidor dos efluentes gerados, aproveita-se os efluentes de águas cinzas claras, após tratamento, para utilização em atividades não potáveis, de acordo com a qualidade requerida. Portanto, este sistema de reuso de águas possibilita a conversão de um problema, a contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido ao lançamento de esgotos, em um benefício, o aproveitamento das águas residuárias tratadas na fertirrigação do jardim da Casa Eficiente.

Desta forma, o reuso de águas em edificações proporciona vários benefícios ambientais, contribuindo com o uso sustentável dos recursos hídricos, estimulando o uso racional e a conservação de água, minimizando a poluição hídrica nos mananciais.

5. Sistemas de aproveitamento de água de chuva

Autores:

Marcio Andrade

Ana Kelly Marinowski

Hugo Rohden Becker

Neste capítulo são abordados os principais componentes de sistemas de aproveitamento de água de chuva comumente utilizados no setor residencial e os que foram desenvolvidos e utilizados na Casa Eficiente. São apresentados também resultados dos experimentos realizados para avaliação da eficácia dos dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos primeiros escoamentos instalados na Casa Eficiente.

A água da chuva de captação direta pode ser considerada um recurso hídrico com qualidade e quantidade que podem atender a diversas demandas, principalmente não potáveis. Em algumas situações ela pode ser a fonte mais viável a ser utilizada ou mesmo a única fonte de água disponível (ou de melhor qualidade entre as acessíveis). Portanto, para locais como pequenas ilhas e regiões áridas ou semiáridas a água da chuva pode ser vital para a convivência com situações de escassez de água. Em outras situações, quando o regime pluviométrico local é favorável, a água de chuva pode ser utilizada como um recurso hídrico alternativo complementar de abastecimento, principalmente para fins não potáveis.

Em áreas descentralizadas ou isoladas o aproveitamento da água da chuva pode apresentar grandes possibilidades de uso, já que ela é captada junto ao local onde será consumida, dispensando o transporte ou construção de estruturas adutoras.

Com base na literatura (ANA et al., 2005; GROUP RAINDROPS, 2002) os principais parâmetros a serem considerados no projeto de um sistema de aproveitamento de água de chuva são:

- ⚡ A demanda de água de chuva.
- ⚡ A demanda de água potável.
- ⚡ A qualidade requerida ao uso pretendido.
- ⚡ O regime pluviométrico local indicando o índice médio de precipitação pluviométrica e sua distribuição no tempo e no espaço.

- :: O período de estiagem, em termos de número máximo de dias consecutivos sem chuva, considerando um período mínimo de segurança aceitável para cada situação, ou seja, para um período de retorno satisfatório⁵.
- :: A área de captação necessária, disponível ou ainda possível de ser utilizada e de acordo com a qualidade de água requerida.
- :: O coeficiente de aproveitamento de água de chuva.

Os principais componentes comumente encontrados em sistemas de aproveitamento de água de chuva são:

- :: Área de captação.
- :: Calhas e condutores verticais e horizontais.
- :: Dispositivos que servem principalmente para a remoção de sólidos grosseiros (como folhas e gravetos) evitando o entupimento de calhas e coletores, como telas dispostas sobre as calhas e grelhas flexíveis instaladas na saída das calhas (no bocal).
- :: Dispositivo de descarte de sólidos (folhas e detritos) com menor abertura de peneira para promover o descarte de folhas que passam pelas grelhas flexíveis, ou todos os sólidos grosseiros quando não são utilizadas tais grelhas.
- :: Caixas de inspeção, quando necessárias, deverão ser instaladas a cada 20 metros lineares ou nas mudanças de direção da tubulação.
- :: Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos (ou de água das primeiras chuvas).
- :: Freio d'água.
- :: Sifão extravasor.
- :: Conjunto flutuante de sucção.
- :: Conjunto motobomba (quando necessário).
- :: Sistema de suprimento com alimentação, com ligação atmosférica não cruzada, e com válvula solenóide.
- :: Reservatório superior de água de chuva.
- :: Sistema de desinfecção, quando necessário.

A seguir será apresentada uma breve descrição de cada um dos principais componentes comumente encontrados em sistemas de aproveitamento de água de chuva.

⁵ O período de retorno satisfatório, a ser adotado, depende entre outros fatores: do regime pluviométrico local, da demanda de água de chuva e da vulnerabilidade do sistema. Para sistemas que apresentam suprimento complementar e os condicionantes da Casa Eficiente deve-se adotar um período de retorno em torno de três anos (calculado a partir da série histórica e utilizando o Método de Gumbel).

5.1. Área de captação

Segundo a Norma Brasileira NBR 15.527 (ABNT, 2007), a área de captação é a área, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal. Estas áreas podem ser de diversos materiais como:

- ⚡ Cobertura das edificações (telhados, lajes de concreto, telhados vegetados).
- ⚡ Diretamente do solo, principalmente em encostas e de preferência em áreas gramadas ou com vegetação similar.
- ⚡ Pavimentos (estradas, estacionamentos, pátios).

Assim, sendo possível captar água de chuva de diversas áreas, deve-se dar preferência para as mais limpas, que não sejam destinadas para o trânsito de pessoas ou animais e que estejam acima do local onde será instalado o reservatório de armazenamento, para sua alimentação ser por gravidade. Daí a preferência, inclusive na NBR 15527, por áreas de coberturas.

Os materiais das áreas de captação não devem apresentar toxicidade e substâncias que comprometam a qualidade da água. Por exemplo, devem ser evitados telhados de amianto, com pintura a base de metais pesados. Quando utilizadas telhas cerâmicas, caso a limpeza destas telhas seja realizada com jatos de água, deve-se evitar a utilização de ácido ou outro reagente nocivo, e o efluente desta operação de limpeza, quando realizada, deve ser descartado. Deve-se, ainda, evitar coberturas com chumbo, cromo e zinco, entre outros materiais que possam causar efeitos nocivos à saúde ou ao meio ambiente.

É bom lembrar que após a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva a cobertura não terá mais apenas a função comumente requerida a uma cobertura (impermeabilidade, resistência, estética), mas também será uma área de captação. Portanto, como área de captação a cobertura precisa ser conservada limpa.

É muito importante que ocorra uma mudança de paradigma para que as novas edificações contemplem sistemas de aproveitamento de água de chuva. Assim, os projetistas precisam incorporar conceitos que possibilitem que as coberturas tenham também a função de áreas de captação. Devem ser adequadas a esta nova função, ou seja, devem favorecer a implantação das instalações de águas pluviais, drenagem para a cisterna e, se possível, contemplar a execução de sistemas que promovam, além da economia de água, também a economia de energia. Ou seja, é interessante que a água de chuva seja armazenada em uma cota que permita sua utilização, por gravidade, sem a necessidade de consumo de energia elétrica.

5.2. Calhas e condutores

Para a captação da água de chuva são necessários calhas e condutores – verticais e horizontais – que podem ser de PVC, alumínio, chapas galvanizadas, geomembranas ou outros materiais.

As calhas apresentam, geralmente, as seções em forma semicircular, U, V, quadrada ou retangular.

No caso da área de captação ser um telhado ou cobertura, as calhas e condutores devem ser dimensionados conforme a norma de instalações de águas pluviais, a NBR 10.844 (ABNT, 1989). Ressalta-se que para o dimensionamento de sistemas de drenagem pluvial visando o aproveitamento da água da chuva deve-se, em particular, adotar como área de captação a projeção horizontal da cobertura de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007).

5.3. Dispositivos de descarte de sólidos

Sabendo-se que a água da chuva sofre perda de qualidade ao passar pela troposfera e pela área de captação, acumulando impurezas, faz-se necessária a utilização de dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos primeiros escoamentos que precipitam sobre os telhados.

Para a remoção de sólidos podem ser empregados filtros que, para esta aplicação, são mais comuns os com meio filtrante inerte e com granulometria variável. Vale salientar que estes equipamentos necessitam de água para promover a lavagem do leito filtrante ou estes leitos precisam ser trocados quando os interstícios intergranulares ficam preenchidos com impurezas, causando perda de carga excessiva para o sistema hidráulico.

Para o descarte de folhas, gravetos e detritos pode-se também utilizar peneiras autolimpantes como as presentes nos dispositivos de descarte de sólidos disponíveis no mercado brasileiro. Apresenta-se, na Figura 5.1, um dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m² e, na Figura 5.2, para áreas de até 1500m². Para áreas menores que 40m², existem no mercado dispositivos de descarte de sólidos que podem ser instalados diretamente nos condutores verticais ou mesmo no interior dos reservatórios de armazenamento de água de chuva.



FIGURA 5.1 – Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 200m², Modelo VF-1 (ACQUASAVE, 2008).



FIGURA 5.2 – Dispositivo de descarte de sólidos para áreas de captação de até 1500m², Modelo VF-6 (3P TECHNIK, 2008).

Ressalta-se que, embora denominados de filtros, a remoção das partículas nestes dispositivos não resulta da ação conjunta dos principais mecanismos de filtração, distintos, porém complementares: transporte e aderência. Estes são, portanto, dispositivos de descarte de sólidos que funcionam como um coador – neles ocorre apenas a ação física de coar – promovendo a retenção de impurezas maiores que a da abertura da peneira. Ressalta-se que tais dispositivos podem ser também confeccionados *in loco*, com materiais alternativos.

5.4. Dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos

Durante as precipitações pluviométricas, a água da chuva carrega consigo partículas em suspensão da troposfera. Nas áreas urbanas, compostos como dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio são alguns dos principais contaminantes atmosféricos que podem alterar a qualidade das águas de chuva. Além disso, a poeira e fuligem que se acumulam nos telhados utilizados como áreas de captação também influenciam na qualidade desta água. A contaminação mais forte ocorre nos primeiros milímetros de precipitação e após um longo período sem chuvas, portanto, a água da chuva referente aos primeiros escoamentos deve ser desviada e não armazenada no reservatório de acumulação de água de chuva.

Assim, a água de escoamento inicial é a água proveniente da área de captação correspondente às primeiras precipitações pluviométricas, suficiente para lavagem da poluição atmosférica e das áreas de captação. Esta água deve ser suficiente para carregar poeira, fuligem e compostos solúveis indesejáveis, de acordo com a qualidade requerida. Assim, o volume de água a ser desviado depende, não somente da qualidade da água de chuva captada, mas também da finalidade, ou uso a que se destina.

Não se deve, portanto, informar um valor de volume ou tempo genéricos de desvio dos primeiros escoamentos para todas as situações. O volume a ser desviado ou o tempo de desvio deve ser calculado para cada situação.

Dentre as várias maneiras de se realizar o desvio de água das primeiras chuvas, a utilização do dispositivo com “torneira de boia” ou do dispositivo de “boia que flutua”, se destacam. Ambos seguem o mesmo princípio: com o início da chuva, o reservatório de desvio (reservatório para onde são desviadas as águas dos primeiros escoamentos antes de serem descartadas), que se encontra vazio, recebe a água transportada pelas calhas e condutores até que atinja seu limite e a passagem de água para seu interior é interrompida através do fechamento automático de uma boia. A partir desse momento a água passa a escoar para o reservatório de armazenamento de água de chuva. Ao término da chuva, a água retida no reservatório de desvio é descartada por meio de um pequeno orifício ou pela abertura de um registro. Ver detalhes na Figura 5.14.

5.5. Reservatórios de armazenamento de água de chuva

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, o componente mais oneroso é quase sempre o reservatório. É de grande importância o criterioso dimensionamento deste componente que pode ser construído com diversos materiais como: concreto armado, fibra de vidro, geomembrana de PVC ou de PEAD, ferrocimento, aço inoxidável, alvenaria de tijolo e em placas de ardósia armada. Os reservatórios mais utilizados e comumente encontrados no mercado são os de fibra de vidro.

De acordo com sua disposição no terreno, os reservatórios podem ser apoiados ou sobre o solo, semienterrados, enterrados (cisternas), ou elevados.

O volume de água de chuva aproveitável depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência dos dispositivos de captação. Estes dispositivos são o de descarte de sólidos e o de desvio de escoamento inicial. Assim, o volume de água aproveitável pode ser calculado pela Equação 5.1.

$$V_a = P.A.C.\eta_{\text{fator de captação}} \quad \text{Equação 5.1}$$

Onde:

- :: V_a é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros (não confundir este volume de água com a capacidade do reservatório);
- :: P é a precipitação média anual, mensal ou diária, em mm;
- :: A é a área de captação, em m^2 ;
- :: C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional;
- :: $\eta_{\text{fator de captação}}$ leva em conta a eficiência do dispositivo de descarte de sólidos e a perda de água no dispositivo de desvio de água dos escoamentos iniciais, caso este último seja utilizado.

Ressalta-se que, enquanto a perda de água no dispositivo de descarte de sólidos depende da eficácia deste dispositivo, a quantidade de água desviada depende do regime pluviométrico, já que está relacionada à água dos primeiros escoamentos e, portanto de cada evento de chuva. Este dispositivo de desvio pode ser operado de tal maneira que o usuário regula o intervalo entre chuvas que ele deve entrar em funcionamento e desviar a água, ou ainda, pode regular a abertura de uma torneira para esvaziar lentamente o reservatório de água desviada até esperar a próxima necessidade de desviar a água de lavagem da troposfera e de lavagem da área de captação.

A definição do volume e material adequados para o reservatório de armazenamento de água de chuva afeta diretamente a viabilidade econômico-financeira do projeto.

Para o dimensionamento do reservatório é essencial o conhecimento da área de captação (m^2), do regime pluviométrico local, do coeficiente de escoamento superficial e do volume de água potável a ser substituída por água de chuva na edificação em que se executará o sistema.

Existem vários métodos de dimensionamento de reservatórios disponíveis na literatura. A título de informação, apenas como exemplo, a NBR 15.527 (ABNT, 2007) traz anexo alguns métodos como o de Rippl, que geralmente resulta em grandes volumes de reservatórios de acumulação e deve ser utilizado apenas para dar uma idéia ao projetista do valor máximo do reservatório a ser adotado. Os demais métodos deste anexo (da simulação, prático brasileiro, alemão, inglês e australiano) não devem ser genericamente utilizados, pois se aplicam a situações particulares. Outros métodos de dimensionamento de reservatórios de águas de chuva são utilizados, como o método Monte Carlo e vários métodos interativos. Métodos como o de Gumbel são utilizados como ferramenta auxiliar na previsão do período de retorno do intervalo, em dias consecutivos sem chuva.

A forma mais adequada de dimensionar reservatórios para armazenar água de chuva com fins de aproveitamento em edificações é por meio de simulação computacional. O programa Netuno, por exemplo, auxilia na estimativa do potencial de economia de água potável, para um ou mais volumes de reservatório, quando há o aproveitamento de água de chuva em edificações. Desta forma, é possível testar a economia oferecida para diversos volumes de reservatório até se obter aquele que apresenta o maior percentual de economia com menor custo (GHISI; CORDOVA, 2008).

5.6. Dispositivos de proteção sanitária dos reservatórios de acumulação de água de chuva

Para proteção sanitária e conservação da qualidade da água de chuva armazenada no reservatório, este deve ser equipado com alguns dispositivos, como:

- ⚡ Freio de água: este dispositivo, instalado no fundo do reservatório de armazenamento, onde se dá a entrada de água no reservatório, tem como finalidade amortecer o fluxo de água e contribuir para a sedimentação dos sólidos, dificultando a agitação do material sedimentado;
- ⚡ Conjunto flutuante de sucção: com este dispositivo faz-se com que a água seja retirada do reservatório sempre próximo à superfície e, portanto, com menor teor de sólidos e maior concentração de oxigênio dissolvido. Este dispositivo contribui para a sedimentação de sólidos

e melhoria da qualidade de água da chuva a ser utilizada. Ele é constituído por uma boia ligada a uma válvula de retenção (quando necessária) e a uma peneira, conectados a uma das extremidades de uma mangueira, enquanto a outra extremidade geralmente é ligada a uma motobomba (quando necessária);

- ⚡ Sifão extravasor: no meio urbano, o extravasor do reservatório de acumulação é geralmente conectado à rede de drenagem pluvial. Para evitar a penetração de gases, oriundos da rede de drenagem pluvial, utiliza-se no interior do reservatório de armazenamento de água de chuva um sifão junto ao extravasor. Outras funções do sifão extravasor são: possibilitar a retirada das impurezas da superfície da água (decantação de material flotante, como pólen) e restringir a entrada de animais, principalmente roedores, no reservatório. Para restringir ainda mais a entrada de roedores pode-se instalar junto ao sifão uma tela ou espiral.

Nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam-se, respectivamente, os dispositivos freio d'água, conjunto flutuante de sucção e sifão extravasor.



FIGURA 5.3 – Freio d'água (ACQUASAVE, 2008).



FIGURA 5.4 – Conjunto flutuante de sucção (ACQUASAVE, 2008).



FIGURA 5.5 – Sifão extravasor (ACQUASAVE, 2008).

Os reservatórios de armazenamento de água de chuva requerem cuidados que possibilitem a segurança sanitária com manutenção da qualidade da água armazenada, ou mesmo melhoria da qualidade desta água. Eles devem ser periodicamente limpos (com frequência mínima entre limpezas de um ano), para remoção de depósitos de sedimentos. A tampa de inspeção destes reservatórios deve ser mantida fechada para evitar contaminação da água por pássaros, insetos e outros animais. Também se deve evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de algas e outros microrganismos.

Ressalta-se que os mesmos critérios e cuidados preconizados para os reservatórios de água de chuva deverão ser adotados para os reservatórios de águas cinzas claras tratadas.

Assim, estes reservatórios deverão ser dotados de visitas com portas para inspeção e manutenção, suspiro com tela para evitar a entrada de insetos, tubulação de esgotamento para esvaziamento e limpeza do reservatório e, de preferência, devem ser dispostos sobre o solo para evitar vazamentos de difícil detecção.

5.7. Aspectos qualitativos da água da chuva

Pode-se dizer que em um sistema de aproveitamento de água de chuva a qualidade da água pode variar de acordo com a posição que se encontre no sistema:

- ⚡ Antes de atingir a área de captação.
- ⚡ Após escoamento pela área de captação, tendo contato com impurezas.
- ⚡ No interior do reservatório, quando armazenada.
- ⚡ Nos pontos de utilização.

Antes de atingir o solo, a qualidade da água da chuva é influenciada pela presença de poluentes atmosféricos. O pH da água da chuva, por exemplo, é regulado principalmente pela presença dos gases CO_2 (gás carbônico), SO_2 (dióxido de enxofre), HNO_3 (ácido nítrico) e NH_3 (amônia) presentes na atmosfera.

Após escorrer pela superfície de captação, a água da chuva sofre perda de qualidade, pois acumula sujeira, como poeira de diversas origens, fezes de animais e matéria orgânica originária de folhas e detritos de árvores. No meio rural, pode-se ainda ter a ocorrência de agrotóxicos que são pulverizados sobre as plantações e contribuem para a diminuição da qualidade da água de chuva.

É conveniente que em um sistema de aproveitamento de água de chuva se promova o desvio dos primeiros escoamentos, prática que contribui para melhorar a qualidade da água a ser aproveitada no sistema.

Outros fatores interferem na qualidade das águas de chuva, sendo o tempo de armazenamento e a temperatura os mais relevantes. Quando o volume a ser reservado é muito grande, é possível que haja uma deterioração da água, principalmente por ação microbiológica, que, por sua vez, tem normalmente sua atividade acrescida com o aumento da temperatura até o ápice da fase termofílica.

As águas de chuva armazenadas também estão sujeitas à contaminação devido à falta de conservação ou manejo inadequado do reservatório de armazenamento, como tampas de visitas mal projetadas, instaladas, mantidas ou operadas. Assim como com impermeabilização deficiente, o que pode levar a penetração de microrganismos indesejáveis ao sistema, como os de origem fecal.

A qualidade requerida para a água de chuva depende da finalidade a que se destina. Assim, no caso de utilizar a água de chuva em pontos de consumo para fins potáveis deve-se atender a Portaria nº 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

5.8. Legislação e normas para aproveitamento de água de chuva

Os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis são fornecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). Esta Norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado, de acordo com a finalidade como: descargas em vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de pisos e pavimentos, espelhos d'água e usos industriais como torres de resfriamento.

Esta norma tem como documentos de referência os seguintes:

- :: Portaria nº 518, de 25 de março de 2004 - Padrões mínimos de qualidade da água para consumo humano (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004);
- :: NBR 5.626 – Instalação predial de água fria (ABNT, 1998);
- :: NBR 10.844 – Instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989);
- :: NBR 12.213 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público (ABNT, 1992);
- :: NBR 12.217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público (ABNT, 1994).

Os conhecimentos gerados a partir das pesquisas desenvolvidas na Casa Eficiente contribuíram para a elaboração da NBR 15.527. Uma das contribuições foi a recomendação de utilização de caixas de inspeção em vez de caixas de areia nas instalações prediais de águas pluviais, como recomenda a NBR 10.844 (ABNT, 1989). Outras relevantes contribuições à norma NBR 15.527, proporcionadas pelo trabalho desenvolvido na Casa Eficiente foram:

- :: Introdução de um fator de captação que deve levar em conta a eficiência dos dispositivos de descarte de sólidos e dos dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos (*first flush* ou água das primeiras chuvas).
- :: Necessidade de desinfecção apenas para usos nos quais ocorram contato primário com os usuários, isto porque não existem evidências epidemiológicas que justifiquem maiores restrições ao uso da água de chuva para finalidades não potáveis.

- ⚡ Pertinência da utilização de dispositivos que promovam a proteção sanitária da água armazenada, contribuindo para que o reservatório de acumulação seja também uma unidade de tratamento da água de chuva.

Mesmo antes da publicação da NBR 15.527, algumas cidades brasileiras já possuíam legislação pertinente ao aproveitamento de água da chuva, sendo as mais importantes a Lei nº 10.785/2003 do Município de Curitiba – PR (CURITIBA, 2003) e a Lei nº 6.345/2003 do Município de Maringá – PR (MARINGÁ, 2003).

Almeida et al. (2005) levantaram as necessidades e barreiras técnicas e legais que dificultam a implantação de programas de uso eficiente da água no Brasil e em Portugal. Neste levantamento constataram que algumas normas e regulamentos precisam ser revistos, pois visam tão somente a segurança e o conforto nas edificações e inviabilizam a adoção de medidas para uso eficiente da água.

Em São Paulo – SP, a Lei nº 13.276 de 2002, conhecida como “Lei das Piscininhas”, obriga a construção de reservatórios para as águas coletadas em pisos ou coberturas nos lotes que tenham área impermeabilizada superior a 500m². Estas águas devem ser preferencialmente infiltradas no solo ou utilizadas para fins não potáveis, sendo que uma hora após a chuva a água poderá ser direcionada para a rede pluvial (SÃO PAULO, 2002). Esta lei é de aplicação questionável já que nem todas as estruturas geológicas possibilitam infiltração de água.

Com relação ao aspecto econômico da utilização de águas de chuva, existe o Decreto nº 24.643/34 (Código das Águas), cujo Artigo 103, do Título V, determina que “As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade”. Neste mesmo Título, no Artigo 104, determina-se que “Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas”. Também se destaca, no Artigo 106, que “é imprescritível o direito de uso das águas pluviais”. Para finalizar, em parágrafo único, é colocada em evidência a necessidade de licença da administração para a construção de reservatórios para aproveitamento de água de chuva (BRASIL, 1934).

Em Santa Catarina, o Decreto nº 099, de 1º de março de 2007, obriga todas as obras públicas ou privadas, financiadas ou incentivadas pelo Governo do Estado de Santa Catarina, a implantarem sistema de captação ou retenção de águas pluviais. O Artigo 1º deste Decreto estabelece que “Todas as construções novas e reformas de prédios públicos deverão prever sistema para captação de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos” (SANTA CATARINA, 2007).

5.9. O sistema de aproveitamento de água de chuva da Casa Eficiente

O sistema de drenagem pluvial da Casa Eficiente foi dividido em duas linhas, uma com áreas de captação chamadas de limpas, compostas por coberturas de telhados, e outra referente aos telhados vegetados e às áreas de circulação de pessoas (terraço e rampa).

Assim, as águas pluviais captadas nos telhados são encaminhadas para o reservatório inferior (reservatório de acumulação de água de chuva) enquanto as águas captadas nos telhados vegetados e áreas de circulação de pessoas são encaminhadas para o reservatório de acumulação de água de reuso.

Na Figura 5.6 apresenta-se a cobertura da Casa Eficiente, que foi subdividida em 8 subáreas de captação de acordo com a qualidade de água a ser captada e do tipo de superfície de captação.

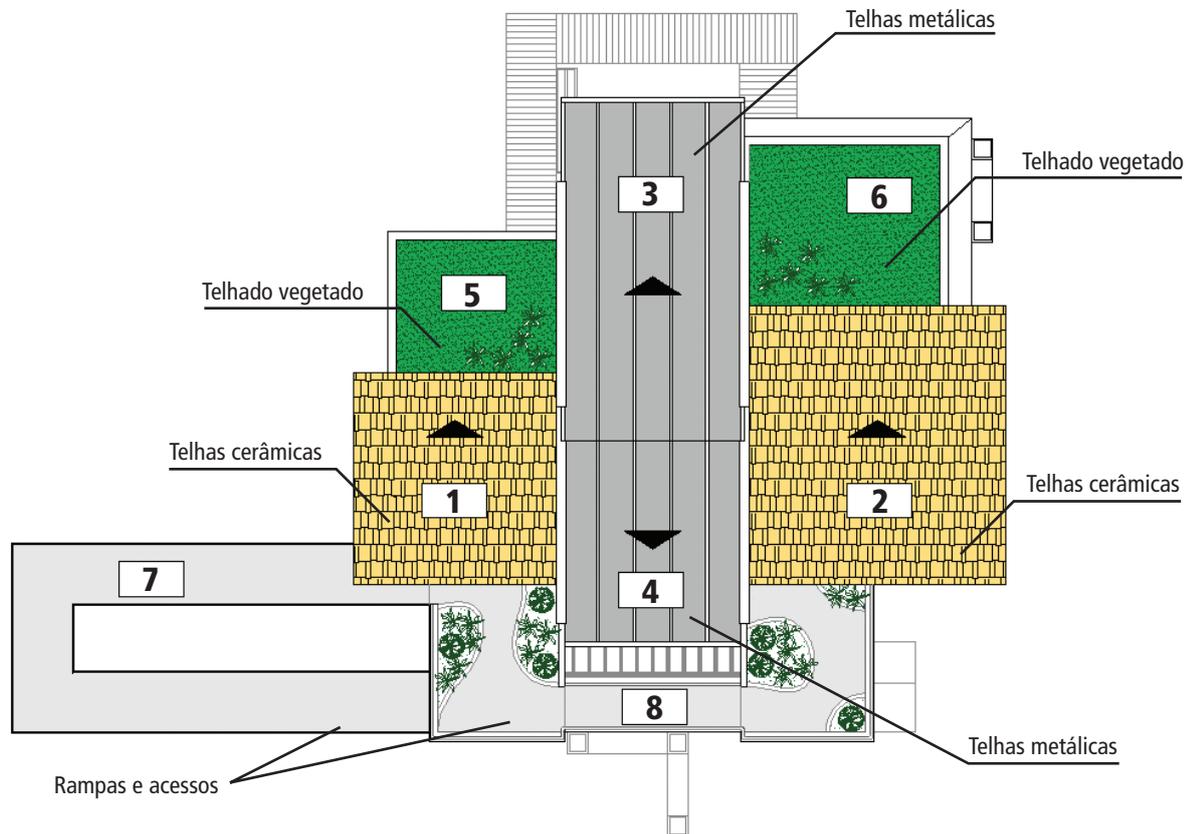


FIGURA 5.6 – Subáreas de captação de água de chuva na Casa Eficiente.

As áreas de cobertura com telhas cerâmicas e metálicas (áreas 1 a 4 apresentadas na Figura 5.6), são áreas de captação chamadas aqui de “limpas” e a água de chuva coletada nestas áreas é encaminhada para o reservatório de armazenamento (cisterna). Assim, após descarte de sólidos e desvio de água dos primeiros escoamentos, esta água de chuva é aproveitada para finalidades não potáveis (vaso sanitário, máquina de lavar roupa, lavagem de piso e irrigação de uma pequena horta).

As áreas de captação referentes aos telhados vegetados (áreas 5 e 6), à rampa de acesso e ao terraço (áreas 7 e 8), são aqui consideradas áreas “sujas” devido ao contato com o solo agrícola e áreas de circulação de pessoas e animais. Assim, a água de chuva captada nessas áreas é encaminhada para a cisterna do sistema de reuso de águas para onde também são encaminhadas as águas cinzas claras, após estas últimas passarem por uma unidade de tratamento biológico, o tanque de zona de raízes.

Na drenagem pluvial do sistema de aproveitamento de água de chuva, captada nos telhados “limpos” não foram utilizadas caixas de areia, mas sim caixas de inspeção, conforme recomenda a norma NBR 15.527 (ABNT, 2007). Justifica-se este cuidado especial com as instalações prediais de águas pluviais de sistemas de aproveitamento de água de chuva, por considerar-se nestes casos a água da chuva como um recurso hídrico e não como um esgoto pluvial.

No reservatório de acumulação de água de chuva da Casa Eficiente foram instalados os seguintes dispositivos de proteção sanitária:

- :: Freio d’água: tubulação de entrada afogada pela parte inferior do reservatório onde é colocado um freio d’água que favorece o amortecimento da queda de água e a sedimentação de sólidos na parte inferior do reservatório.
- :: Conjunto de sucção com boia flutuante, válvula de retenção e peneira: para melhorar a sedimentação, promover a retirada de água junto à superfície – em torno de 15cm abaixo do nível d’água – com menor teor de sólidos e maior concentração de oxigênio dissolvido.
- :: Conjunto sifão extravasor: na Casa Eficiente a água excedente que extravasa do reservatório de acumulação de água de chuva é direcionada para a rede de drenagem pluvial urbana. Para impedir a penetração de odores no reservatório e a entrada de roedores que podem estar presentes na rede de drenagem pluvial, utiliza-se um sifão que possibilita, ainda, a retirada de sobrenadante, como pólen. O extravasor utilizado propicia que inicialmente seja retirada a água que esteja junto ao fundo do reservatório, e portanto, de pior qualidade.
- :: Dispositivo em espiral de proteção contra a entrada de roedores no reservatório de acumulação de água de chuva: este dispositivo em espiral dificulta a entrada de roedores no reservatório, pois quanto mais o roedor tenta entrar mais a espiral se fecha dificultando sua entrada. No caso da ocorrência de uma eventual falha do sistema que leve a penetração de sólidos no reservatório, como folhas e gravetos, a espiral tende a se abrir e facilitar a passagem destes resíduos.

Nas Figuras 5.7, 5.8 e 5.9 estão apresentados detalhes de dispositivos de proteção sanitária do reservatório de armazenamento de água de chuva utilizado na Casa Eficiente.



FIGURA 5.7 – Dispositivos de proteção sanitária instalados na cisterna de água de chuva - (a) Freio d'água, (b) conjunto de sucção com peneira e boia flutuante, (c) Dispositivo de retirada da água do fundo do reservatório e (d) Sifão extravasor.



(a)



(b)

FIGURA 5.8 – Dispositivo de proteção contra a entrada de roedores na cisterna - (a) vista frontal, (b) vista lateral.

Considerando que a água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta de luz solar e de exposição ao calor excessivo (pois altas temperaturas podem contribuir para a proliferação de agentes biológicos indesejáveis), o reservatório de água de chuva é dotado de tampas – em chapa metálica – que permitem fácil manuseio e possibilitam a exposição do sistema durante as visitas.

Ressalta-se que não existem evidências epidemiológicas que justifiquem a necessidade de desinfecção da água de chuva que tenha como finalidade a descarga de vasos sanitários. No entanto, devido à dificuldade

de se promover a desinfecção apenas da água de chuva destinada ao tanque, que possibilita contato primário com os usuários, foi instalada uma bomba dosadora junto ao reservatório superior de água de chuva. Esta instalação permitiu, assim, um tempo de contato necessário para promover a desinfecção da água da chuva.

Apresenta-se, na Figura 5.9, a instalação do sistema de desinfecção com bomba dosadora que introduz na tubulação de recalque da água de chuva, na entrada do reservatório superior de água de chuva, uma solução de hipoclorito de sódio.



FIGURA 5.9 – Bomba dosadora.

5.10. Avaliação de dispositivos de descarte de sólidos

Foram avaliados três modelos de dispositivos de descarte de sólidos, em que dois deles são destinados a pequenas áreas de captação (dispositivos Filtro Coletor 3P e 3P Rainus), e o outro modelo avaliado é destinado para áreas de captação maiores (dispositivo VF-1).

Para avaliar a eficácia destes dispositivos fez-se simulação de chuva, por ser mais prático e para permitir reprodução do experimento e possibilitar um melhor controle da “precipitação pluviométrica” e da “intensidade de chuva”. Para tanto, foi utilizada água do sistema de abastecimento da Eletrosul e também água bombeada da cisterna do sistema de aproveitamento de água de chuva da Casa Eficiente. Assim, foram ligadas mangueiras para abastecer diretamente a calha (quando do ensaio da área 1) ou a caixa de inspeção mais próxima (quando do ensaio simulando chuva nas áreas de 1 a 4), ou seja, no ensaio do dispositivo VF-1 as mangueiras alimentaram a caixa de inspeção disposta vizinha a cisterna.

Na Figura 5.10 apresentam-se fotos da instalação experimental utilizada para a avaliação dos dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos escoamentos iniciais da subárea 1, cuja área de captação é de aproximadamente 25m². Nesta instalação foram testados os dispositivos de descarte de sólidos Filtro Coletor 3P e 3P Rainus.

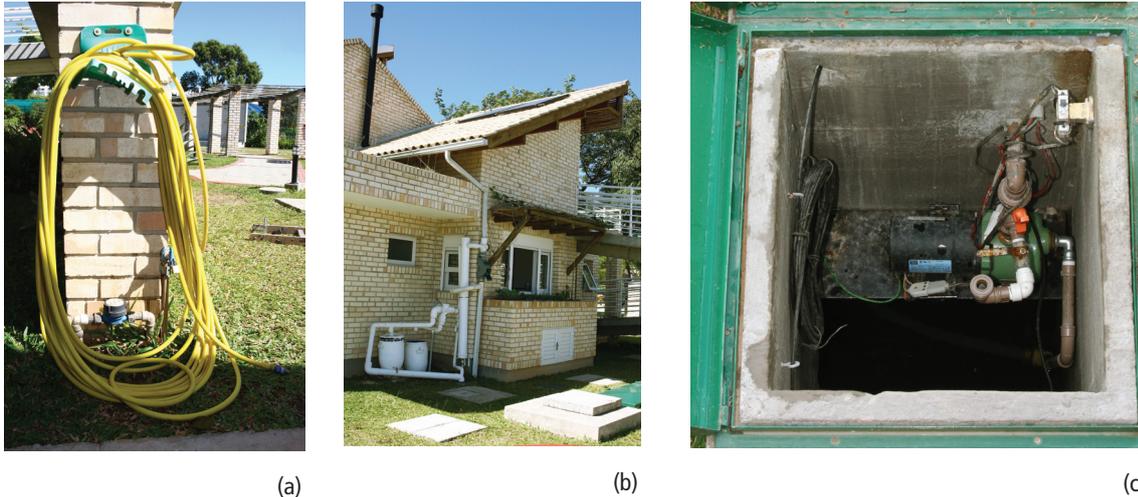


FIGURA 5.10 – (a) e (c) Pontos de alimentação de água utilizada para simulação de chuva, (b) Instalações experimentais com dispositivos de descarte de sólidos e de desvio de água dos escoamentos iniciais.

Nos ensaios realizados foram ainda utilizados manômetros, cronômetros e baldes para medir volumes, tempos e vazões, o que possibilitou a simulação de várias precipitações e intensidades de precipitação. Ressalta-se que nestes ensaios teve-se como fator limitante as vazões da torneira utilizada (da rede da Eletrosul) e da motobomba do sistema de aproveitamento de água da chuva da Casa Eficiente.

Nos ensaios realizados com sólidos, utilizaram-se folhas e detritos recolhidos nos telhados, calhas ou nos jardins da Casa. Estes sólidos eram despejados lentamente sobre a calha, ou na caixa de inspeção, conforme a situação, tentando distribuir homogeneamente os sólidos de acordo com o tempo de ensaio.

Para medir a eficácia dos dispositivos de descarte de sólidos, se utilizou como volume de controle os contornos destes dispositivos e mediram-se os volumes afluentes e os volumes descartados. A eficácia dos dispositivos, em termos do aproveitamento de água, foi calculada por meio da Equação 5.2.

$$E = \left(1 - \frac{V_d}{V_{af}} \right) \quad \text{Equação 5.2}$$

Onde:

- :: E é a eficiência do dispositivo de descarte de sólidos, em %;
- :: V_d é o volume descartado, em litros;
- :: V_{af} é o volume afluente, em litros.

Para a simulação de chuva dos testes de avaliação da eficácia realizados com o dispositivo de descarte de sólidos VF-1, foram consideradas as áreas de captação “limpas” da Casa Eficiente, as quais totalizam uma área de captação de aproximadamente 120,7m².

5.10.1. Dispositivo de descarte de sólido modelo Filtro Coletor 3P

Foram realizados dois tipos de ensaios para testar a eficiência do dispositivo de descarte de sólidos Filtro Coletor 3P.

Em um dos ensaios, utilizou-se na simulação de chuva apenas água sem folhas nem detritos, simulando-se intensidades de precipitação de até 44mm/h. No outro tipo de ensaio, foi usada água com folhas e detritos (utilizando-se em torno de dois litros de resíduos não compactados, recolhidos no jardim da Casa Eficiente).

Na Figura 5.11 apresentam-se fotos e detalhes da instalação do Filtro Coletor 3P. Recomenda-se que antes da instalação deste Filtro Coletor 3P seja instalada uma grelha flexível ou uma tela para calha, com a finalidade de evitar a deposição de folhas na peneira deste equipamento.

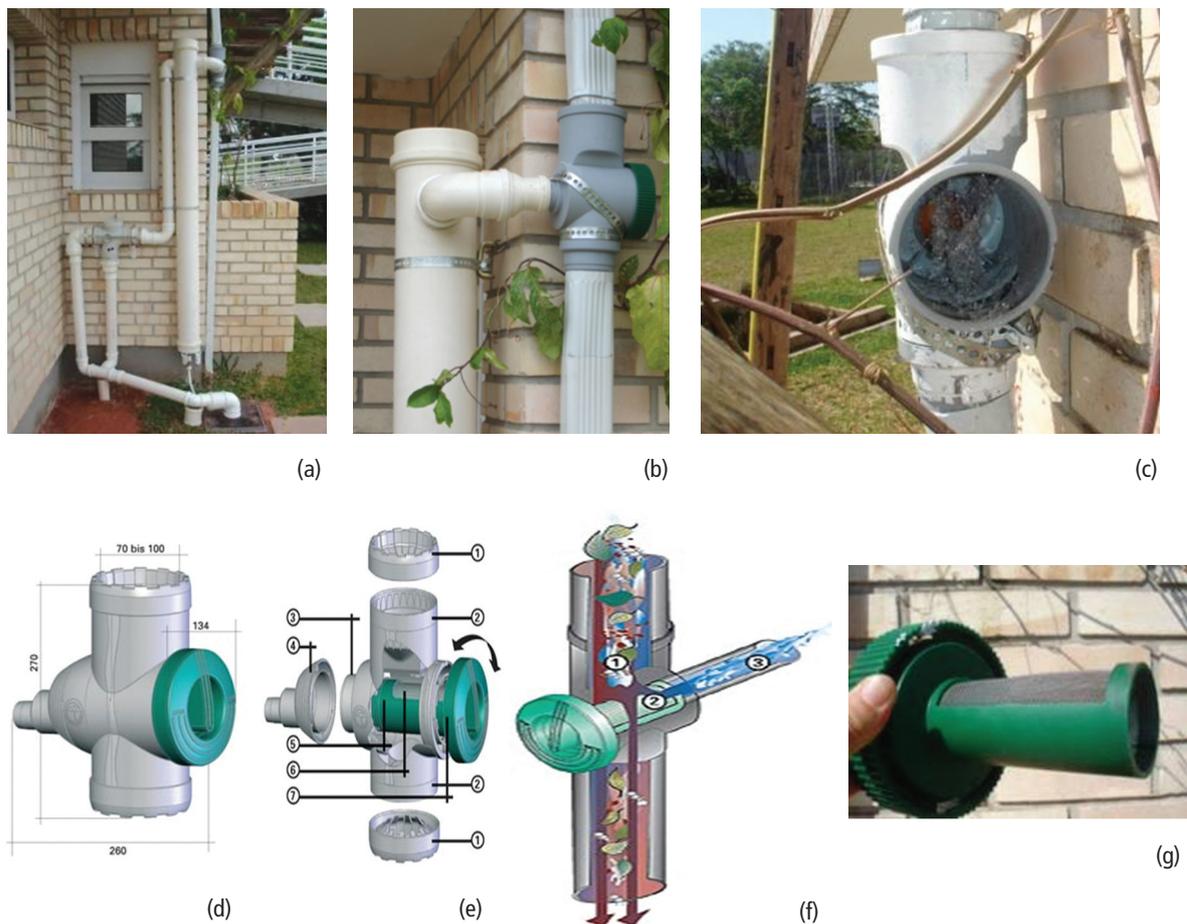


FIGURA 5.11 – Detalhes da instalação experimental com o dispositivo de descarte de sólidos Filtro Coletor 3P - (a) Instalação experimental, (b) Dispositivo Filtro Coletor 3P, (c) Detalhe lateral, (d) Principais dimensões, (e) Componentes do dispositivo, (f) Funcionamento, (g) Peneira (ACQUASAVE, 2008).

A Tabela 5.1 apresenta os resultados referentes aos ensaios realizados em conjunto com o desviador de água dos primeiros escoamentos *Safe Rain* (que serão apresentados no item 5.11.3).

TABELA 5.1 – Ensaios realizados sem a presença de folhas ou detritos com o conjunto - dispositivo de descarte de sólido modelo Filtro Coletor 3P e o dispositivo desviador de água dos primeiros escoamentos *Safe Rain*.

Ensaio	Intensidade de precipitação (mm/h)	Precipitação (mm)	Tempo de ensaio (min)	Desvio de água dos primeiros escoamentos com o <i>Safe Rain</i> (mm)	Perda de água no ensaio com o Filtro Coletor 3P (%)	Eficiência do dispositivo de descarte de sólidos Filtro Coletor 3P (%)
1	44,00	2,63	3,59	2,38	9,4	90,6
2	43,60	19,17	26,38	3,20	8,7	91,3
3	32,00	2,44	4,58	1,68	10,0	90,0
4	30,00	3,74	7,48	1,30	12,8	87,3
5	27,60	4,67	10,15	0,28	5,7	94,3
6	22,00	3,33	9,08	2,92	9,7	90,3
7	18,80	2,83	9,03	2,00	11,1	88,9
8	18,00	2,71	9,03	2,32	9,6	90,4
9	16,80	8,00	28,57	2,36	10,0	90,0
10	7,20	0,94	7,83	0,20	5,6	94,4
11	4,80	0,18	2,25	0,15	9,0	91,0
Valores médios					9,2	90,8

Conforme dados apresentados na Tabela 5.1, o Filtro Coletor 3P demonstrou baixo desempenho nos ensaios realizados apenas com água (sem a presença de folhas e detritos). Observou-se uma perda média de água em torno de 9,2%, ou seja, apenas com água este equipamento apresentou eficiência média de apenas 90,8%.

Nos ensaios realizados com o Filtro Coletor 3P na presença de folhas e detritos, observou-se que este equipamento apresenta perdas de água superiores a 70%. Estas grandes perdas de água ocorreram, principalmente, quando folhas grandes (com diâmetro médio em torno de 30mm) ficavam aderidas junto à peneira deste equipamento. Notou-se durante os ensaios que, dependendo da quantidade e do tamanho de folhas existentes na água de chuva, o equipamento pode descartar quase toda a água captada, o que pode inviabilizar seu uso.

Na Tabela 5.2 apresenta-se os resultados dos ensaios com o Filtro Coletor 3P. Nestes ensaios foram utilizados 2 litros de folhas e detritos – não compactados - colhidos nos jardins e nos telhados da Casa Eficiente. Os resultados numéricos destes ensaios, embora não sejam estatisticamente consistentes, dão uma indicação de que este equipamento é inapropriado para sistemas de aproveitamento de água de chuva que utilizem esta água como um recurso hídrico complementar, principalmente em áreas que estejam sujeitas a presença de folhas (com diâmetro médio superior a 30 mm) e detritos.

TABELA 5.2 – Ensaio realizado com o dispositivo de descarte de sólidos Filtro Coletor 3P na presença de folhas e detritos.

Ensaio	Intensidade de precipitação (mm/h)	Precipitação (mm)	Tempo de ensaio (min)	Volume descartado (L)	Eficácia do dispositivo de descarte de sólidos com o Filtro Coletor 3P (%)
1	22	4,68	12,77	83,6	28,6
2	18	2,54	8,46	52,1	17,9
3	21	2,44	6,97	58,1	4,7
4	14	1,41	5,80	34,3	2,8

Assim, pode-se concluir que o Filtro Coletor 3P apresenta um baixo desempenho, não sendo aconselhável para instalação em sistema de aproveitamento de água de chuva em locais onde haja escassez de água. Na presença de folhas grandes (com diâmetro médio superior a 30mm) este dispositivo requer a instalação à montante de uma peneira (grelha flexível ou peneira de calha).

5.10.2. Dispositivo de descarte de sólido modelo 3P Rainus

Utilizando o sistema de simulação de chuva já descrito no item 5.10, promoveu-se o ensaio do dispositivo de descarte de sólidos 3P Rainus. Realizou-se primeiramente o ensaio sem a presença de folhas nem detritos.

Posteriormente, foi realizado o ensaio com a introdução de dois litros de resíduos sólidos. Os resíduos foram retirados do jardim da fachada Sul da Casa Eficiente e foram compostos por detritos, resíduos de poda de grama e folhas das árvores de grande porte situadas nas áreas circunvizinhas.

O equipamento 3P Rainus é apresentado na Figura 5.12. A sequência de funcionamento do dispositivo de descarte de sólidos 3P Rainus apresentada na Figura 5.12 (c) é descrita a seguir:

1. Superfícies transversais ao fluxo reduzem a velocidade da água de chuva;
2. Depressão também para redução da velocidade água de chuva;
3. Barreira existente que funciona como pré-peneira e promove a distribuição da água de chuva em “cascatas”;
4. As folhas e detritos que não passam pela pré-peneira (com abertura de 5mm) são descartadas juntamente com um pouco de água, por gravidade;
5. Abaixo das “cascatas” encontra-se uma peneira inclinada – de malha quadrada com abertura de 0,55mm – que retém sólidos que passaram pelo pré-peneiramento, mas não pela malha desta peneira;
6. Os sólidos retidos na peneira também são descartados, caindo pela parte frontal do dispositivo;
7. A água que passa pela peneira escoar pela saída inferior e segue para o desviador de águas dos primeiros escoamentos.

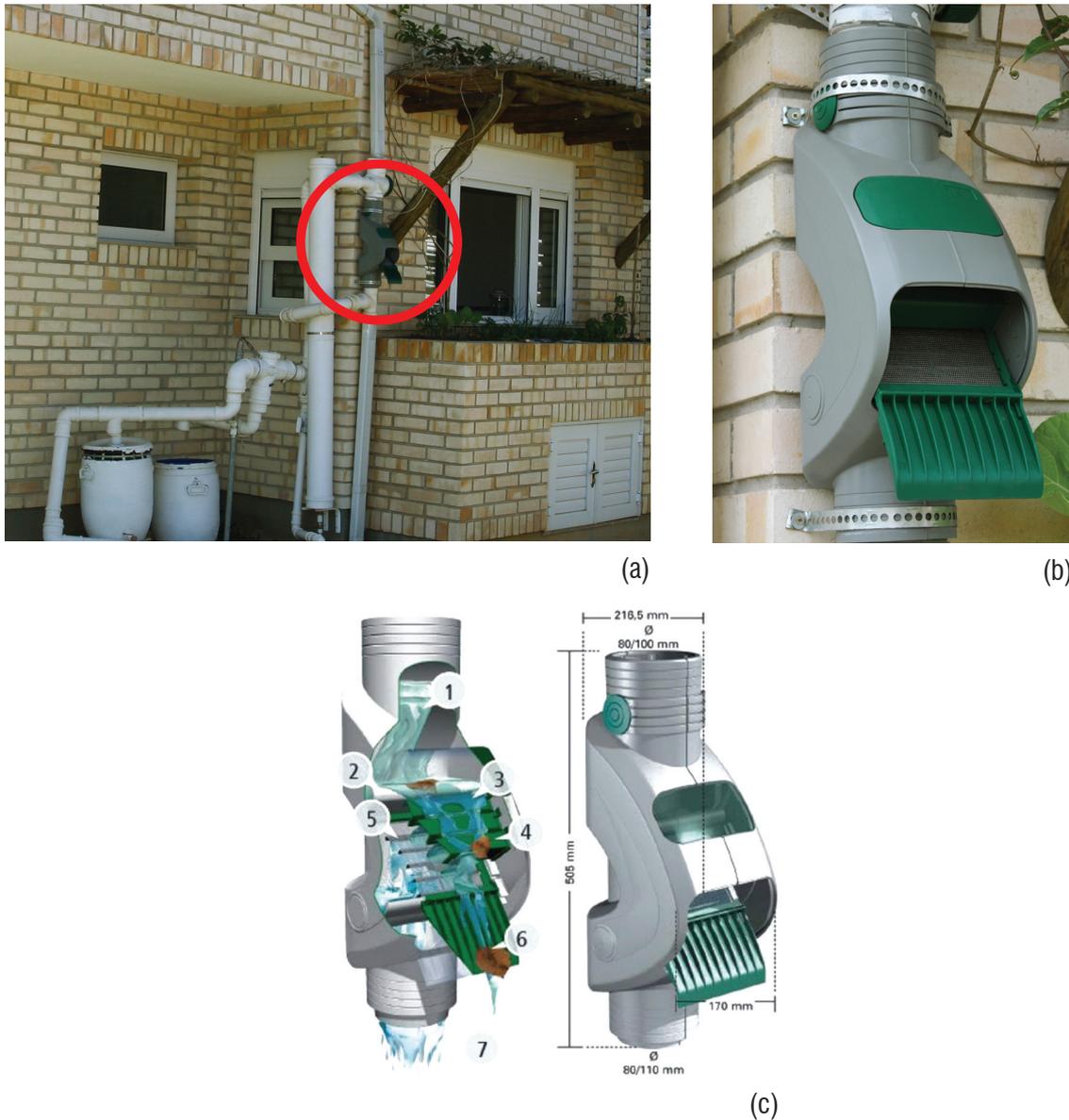


FIGURA 5.12 – Dispositivo de descarte de sólidos 3P Rainus - (a) Instalação experimental do dispositivo, (b) Imagem aproximada do 3P Rainus, (c) Sequência de funcionamento do 3P Rainus e principais medidas (ACQUASAVE, 2008).

Nos ensaios realizados com o equipamento 3P Rainus, apresentado na Figura 5.12, observou-se que este equipamento praticamente não apresentou perdas de água quando em funcionamento na ausência de folhas e detritos.

Quando ensaiado com a introdução de dois litros de resíduos (folhas secas e detritos não compactados) observou-se que este equipamento apresentou uma perda de água insignificante, menor que 0,5% do volume ensaiado. Observou-se que as pequenas folhas e detritos (que passavam pela abertura da pré-peneira) tendem a aderir à peneira, dificultando a passagem da água e ocasionando maiores perdas do líquido.

O dispositivo 3P Rainus apresentou excelente desempenho para a situação da Casa Eficiente. Verificou-se que o funcionamento do descarte de sólidos ocorreu adequadamente e as perdas de água foram muito pequenas. Assim, este equipamento mostrou-se apropriado para pequenas áreas de captação e apresentou boa eficiência na remoção de folhas e detritos. Ressalta-se que se observou que folhas e detritos de pequeno diâmetro médio, que passam facilmente pela grade de pré-peneiramento, ficam aderidos à peneira e ocasionam maiores perdas de água; assim, deve-se ter o cuidado de promover um peneiramento adicional quando da sua utilização nas proximidades de árvores que gerem pequenas folhas.

5.10.3. Dispositivo de descarte de sólido modelo VF-1

Testou-se também o dispositivo de descarte de sólidos VF-1, destinado para áreas de captação com até 200m². Este equipamento é utilizado na Casa e tem capacidade para promover a remoção de sólidos (folhas e detritos) de toda área de captação das coberturas “limpas” da casa, que é de aproximadamente 120,7m². Na Figura 5.13 apresentam-se as instalações utilizadas neste experimento.



FIGURA 5.13 – Instalações que permitem avaliar a eficácia do dispositivo VF-1.

Esta instalação possibilita que sejam simuladas chuvas com diversas alturas pluviométricas e intensidades de precipitação para as áreas “limpas” de captação da Casa Eficiente, indicadas como áreas de captação 1, 2, 3 e 4 na Figura 5.6. Nesta instalação, a simulação da chuva foi realizada com a utilização de uma motobomba retirando água da cisterna ou do fosso existente ao lado da cisterna e operando com vazão de 760 litros/hora. Utilizou-se também água do sistema de abastecimento da Eletrosul, que alimenta a Casa Eficiente e neste caso possibilita alcançar vazão máxima em torno de 710 litros/hora.

Nestas condições, com área de captação de 120,7m² e a soma destas vazões máximas de alimentação, estas instalações possibilitam simulações de chuvas com intensidades de precipitação máxima em torno de 10mm/hora.

Nos ensaios realizados observou-se que este dispositivo, operando na ausência de folhas e detritos e com intensidades de precipitação inferiores a 10 mm/hora apresentou perda insignificante de água, menor que 0,5%.

Quando ensaiado com água mais folhas e detritos recolhidos no jardim da Casa, operado com intensidade de precipitação entre 8,4 e 8,8 mm/hora e com oito litros de folhas e detritos (não compactados)

observou-se que em três ensaios realizados a perda máxima de água variou entre 7,6 e 8,0%. Os resultados relativos à eficiência do dispositivo de descarte de sólidos VF-1 estão apresentados na Tabela 5.3.

TABELA 5.3 – Eficiência do dispositivo de descarte de sólidos VF-1 ensaiado com precipitação simulada na presença de folhas e detritos não compactados e para área de captação de 120,7m².

Ensaio	Intensidade de Precipitação (mm/h)	Precipitação (mm)	Volume ensaiado (L)	Vazão média (L/h)	Tempo do ensaio (h)	Volume descartado (L)	Eficiência do dispositivo VF-1 (%)
1	8,8	9,0	1092	1051,1	1,03	87	92,0
2	8,5	8,8	1060	1028,0	1,03	82	92,3
3	8,4	8,6	1040	1016,4	1,02	79	92,4

Apesar da ausência de procedimentos padronizados para realização destes ensaios de avaliação da eficácia dos dispositivos de descarte de sólidos, os ensaios realizados com o VF-1 na Casa Eficiente indicam que este equipamento apresenta boa eficiência com a metodologia utilizada.

De maneira geral, o dispositivo VF-1 apresentou excelentes resultados, ou seja, insignificantes perdas quando ensaiado apenas com água e quando ensaiado com folhas e detritos apresentou perda máxima de 8,0%. Conclui-se que este dispositivo além de ser de fácil instalação e operação, possuindo uma peneira autolimpante, mostrou-se apropriado para o tipo de folhas e detritos presentes nos jardins da Casa Eficiente.

5.11. Avaliação de dispositivos de desvio de água dos primeiros escoamentos

Foram testados três tipos de dispositivos de desvio de águas dos primeiros escoamentos. Dois destes equipamentos foram montados com materiais disponíveis em lojas de materiais de construção, como bombonas, tubos e conexões de PVC, e foram assim denominados de equipamentos de baixo custo destinados ao desvio de águas dos primeiros escoamentos. O terceiro equipamento foi importado, adquirido de um fabricante australiano. Descreve-se a seguir os equipamentos testados.

Estes dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos das chuvas, que correspondem às águas necessárias para lavagem da troposfera e das áreas de captação, devem ser suficientes para carregar poeira, fuligem e compostos solúveis indesejáveis, de acordo com a qualidade requerida. Assim, o volume de água a ser desviado depende não somente da qualidade da água de chuva captada, mas também da finalidade ou uso a que se destina.

Nos testes realizados nos três modelos de dispositivos de desvio de águas dos primeiros escoamentos, foram simuladas chuvas apenas na subárea 1, com área de captação de aproximadamente 25m².

5.11.1. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos, volumétrico, de baixo custo, confeccionado com tubos e conexões de PVC

Este dispositivo pode ser confeccionado pelos próprios usuários. Seu princípio de funcionamento é baseado no armazenamento da água do primeiro escoamento, que é desviada para um “reservatório”, que no

caso da Casa Eficiente é um tubo com diâmetro de 150mm. Na medida em que este reservatório recebe água, elevando seu nível, uma pequena boia sobe acompanhando o nível da água. Esta boia se encontra dentro uma tubulação de menor diâmetro, instalada no interior deste reservatório, conforme pode ser observado na Figura 5.14. Ao chegar ao topo desta tubulação a boia fecha a entrada da água, que é então dirigida para a cisterna.

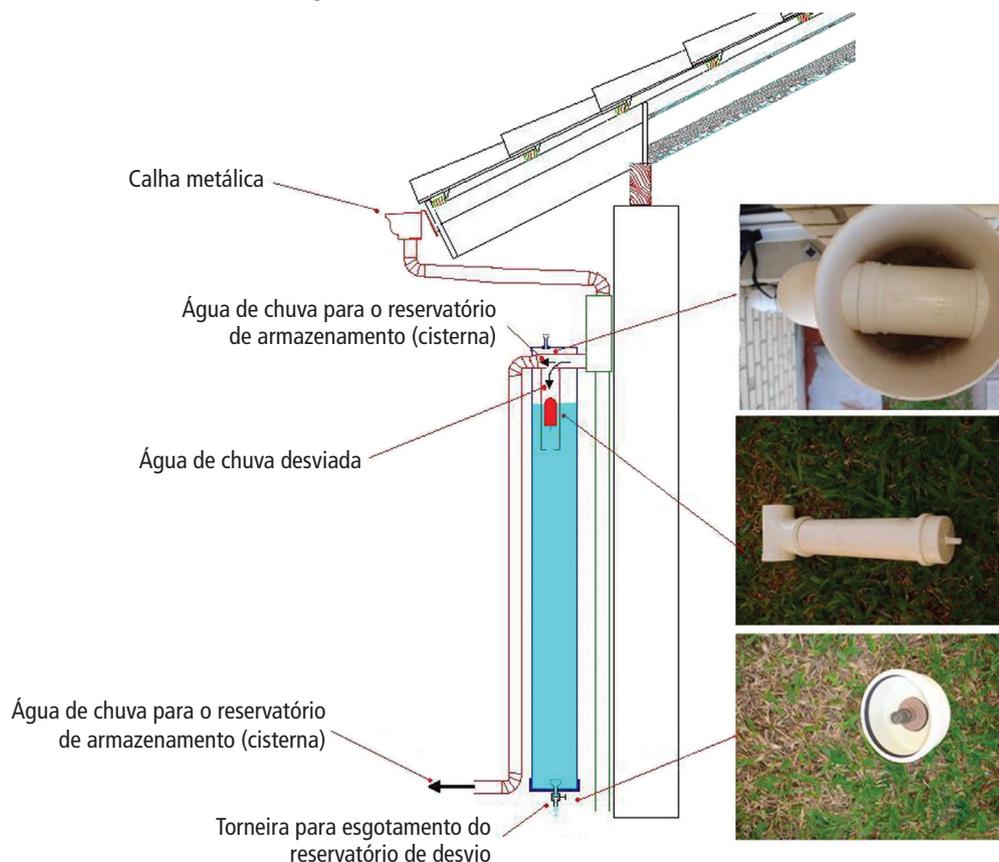


FIGURA 5.14 – Desviador de água dos primeiros escoamentos confeccionado com tubos e conexões de PVC.

No dimensionamento do volume do reservatório que recebe a água a ser desviada, levou-se em conta a subárea de captação e a quantidade de precipitação estimada como necessária para efetuar a “lavagem” atmosférica e da área de captação. A projeção horizontal de área de captação considerada é de 25m² e o volume do reservatório deste dispositivo de desvio é de aproximadamente 35 litros de água dos primeiros escoamentos, o que corresponde à capacidade para desviar em torno de até 1,4mm de chuva.

Os testes realizados, de estanqueidade e funcionamento, com este equipamento demonstraram que ele alcançou a finalidade desejada, ou seja, desviou a água dos primeiros escoamentos. Ressalta-se que a quantidade de água a ser desviada dependerá de cada situação. Portanto, os resultados referentes a este dispositivo indicam apenas que este equipamento funciona e pode ser utilizado, mas não se indica aqui a quantidade de água a ser desviada.

Este dispositivo volumétrico pode ser confeccionado com materiais fáceis de serem encontrados, como tubos de PVC e boia, e é uma boa alternativa para pequenas áreas de captação. Ele pode ser

camuflado, com plantas ornamentais ou escondido em floreiras para não comprometer a estética do local onde será instalado.

O procedimento adotado para promover o esgotamento do reservatório deste dispositivo de desvio de água foi o de manter a torneira ligeiramente aberta – gotejamento – e esvaziando o reservatório para esperar a próxima chuva.

5.11.2. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos, volumétrico, de baixo custo, confeccionado com bombona

Este dispositivo possui princípio de funcionamento semelhante ao anteriormente descrito, como pode ser observado na Figura 5.15. Neste caso, porém, o reservatório de desvio de água utilizado foi uma bombona de 50 litros com tampa de fechamento hermético, com anel de vedação e com cinta metálica. Neste dispositivo, a boia pode até não ser utilizada, pois como o reservatório é hermético, após seu enchimento, a água excedente é deslocada para o reservatório de acumulação de água de chuva. Com este reservatório de desvio é possível desviar até 2mm de água das primeiras chuvas.

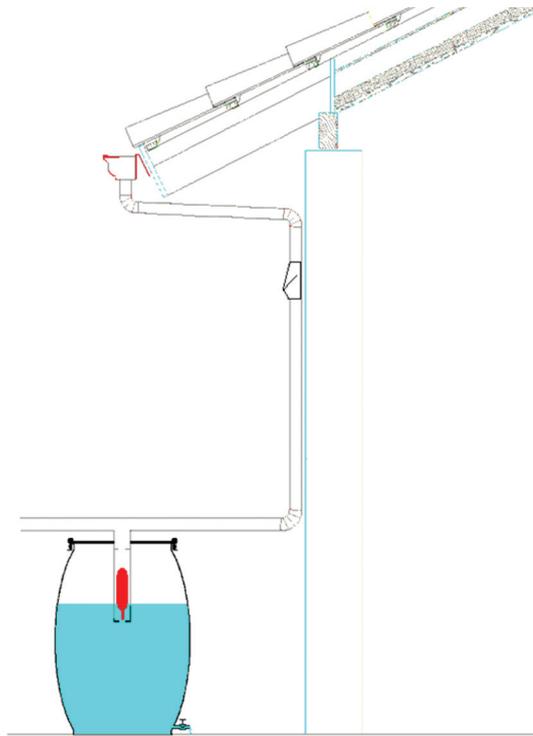


FIGURA 5.15 – Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos utilizando uma bombona.

Neste dispositivo, o tubo que atravessa a tampa da bombona foi fixado com flanges para caixa d'água. Os testes realizados neste equipamento, estanqueidade e funcionamento, demonstraram que o mesmo desvia corretamente a água dos primeiros escoamentos, no entanto, foram detectados vazamentos causados pela má vedação da tampa da bombona, que é difícil de ser presa pela cinta de vedação. Esta má vedação ocasionou vazamento de água.

Ressalta-se que este imprevisto ocorreu com a bombona testada, mas não significa que este modelo de desviador não funcione. A bombona utilizada no teste tem anel de vedação metálico e é de difícil manuseio.

Testou-se a estanqueidade de outro modelo de bombona, com anel de vedação e cinta plástica e observou-se que a vedação foi perfeita, porém, supõe-se que este tipo de cinta de plástico não apresente a mesma durabilidade que a metálica.

5.11.3. Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos *Safe Rain*

O equipamento *Safe Rain* foi testado na Casa Eficiente com o intuito de encontrar uma alternativa de desviador, sobretudo para aplicação em grandes áreas de captação nas quais os desviadores volumétricos (com reservatório de água desviada) apresentam maior custo de implantação. Estes ensaios serviram também para se testar as informações fornecidas pelo fabricante do equipamento.

As características técnicas do equipamento foram avaliadas através dos testes realizados e os resultados foram comparados com as informações fornecidas pelo fabricante.

Como referido no item 5.10.1, este dispositivo foi testado em conjunto com o dispositivo de descarte de sólidos Filtro Coletor 3P, sendo ligado em série com este dispositivo. Assim, se media o volume de água ensaiado (utilizando-se hidrômetros), o tempo de ensaio (com cronômetros) e o volume desviado era recolhido e medido em uma bombona graduada.

O fabricante indica que a quantidade de água que o equipamento pode desviar varia de 5 a 1000 litros. O que foi verificado, no entanto, é que a alavanca de regulação não permite um ajuste fino entre esses valores. Por exemplo, para um desvio de 1mm de chuva, com um telhado de 25m², não foi possível ajustar o equipamento para se conseguir a quantidade pretendida de 25 litros e nem sempre foi possível repetir os resultados de um ensaio nas mesmas condições.

Embora impreciso em termos de escala, este equipamento opera conforme o fabricante descreve, ou seja, após o desvio de certa quantidade de água a válvula é fechada e o escoamento é então encaminhado para a cisterna. Apresentam-se fotos do *Safe Rain* na Figura 5.16.



(a)



(b)

FIGURA 5.16 – (a) Dispositivo de desvio de escoamentos iniciais *Safe Rain*, (b) Dispositivo *Safe Rain* instalado.

Mantendo-se a alavanca de ajuste do *Safe Rain* na posição com ângulo de abertura de 15° (com a posição de fechamento), observou-se que os volumes desviados variaram conforme a umidade residual da esfera de vedação do equipamento.

Para condições de operação semelhantes (número de dias sem chuva, intensidade pluviométrica) este equipamento apresentou comportamento inconsistente, ou mesmo irreproduzível. Dificultando,

portanto, sua utilização em sistemas de aproveitamento de água de chuva em que se utiliza esta água como um recurso hídrico alternativo e complementar.

Esta instalação possibilita que sejam simuladas chuvas com diversas alturas pluviométricas e intensidades de precipitação para uma área particular de cobertura da Casa – o telhado sobre a cozinha (com área de projeção horizontal em torno de 25m², a Área 1 da Figura 5.6).

Nestas condições, com área de captação de 25m² e vazão máxima de simulação igual a soma da alimentação com a motobomba e a rede de abastecimento da Eletrosul, foram simuladas chuvas com intensidades de precipitação máxima em torno de 44 mm/h.

Foram realizados 11 ensaios utilizando-se o conjunto Filtro Coletor 3P e o *Safe Rain*. Nestes ensaios foram simuladas várias precipitações e intensidades de chuva, foram medidos os respectivos valores de desvio de escoamentos iniciais e perda de água no dispositivo de descarte de sólidos. Ressalta-se que estes ensaios foram realizados apenas com água, sem a presença de folhas ou detritos.

Na Tabela 5.2, apresentada no item 5.10.1, encontram-se os resultados destes ensaios, em ordem decrescente de intensidade de chuva, indicando-se a precipitação, o tempo de realização do ensaio, a quantidade de água desviada (em mm de chuva) e o percentual de água perdida junto com os sólidos descartados pelo dispositivo Filtro Coletor 3P para cada ensaio realizado.

Nos ensaios realizados com o *Safe Rain*, observou-se que este dispositivo é difícil de ser ajustado, apresentando baixa precisão. Constatou-se que em alguns ensaios, o dispositivo desviou mais que 30% do volume esperado para ser desviado.

6. Avaliação da economia de água potável na Casa Eficiente

Autores:

Vinicius Luis Rocha

Ana Kelly Marinowski

Enedir Ghisi

Neste capítulo são apresentados resultados da avaliação da economia de água potável na Casa Eficiente obtida por meio do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

Para a avaliação da economia de água potável obtida através do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, a Casa Eficiente foi instrumentada com diversos equipamentos, entre eles hidrômetros, transmissor de nível e sistema de aquisição de dados.

Um sistema de medição individualizada de água foi adquirido com o objetivo de medir os consumos de água na Casa Eficiente de forma individual, diferenciando consumos com fins potáveis e não potáveis. Este sistema é composto por um receptor e armazenador de dados, conversor de rede e por um *software* para gestão do consumo.

O *software* utilizado possibilita acesso a todas as ferramentas e facilidades proporcionadas pelo sistema de medição individualizada. Para analisar os dados adquiridos é possível gerar relatórios dos medidores, ou seja, uma lista das medições realizadas para cada hidrômetro, com data, hora e gráfico de consumo acumulado.

O receptor do sistema é capaz de gerenciar 26 pontos de medição (água fria e água quente). Na Casa Eficiente, verificou-se o volume de água em cinco pontos de medição, obtendo-se diretamente:

- :: Demanda de água pluvial para fins não potáveis;
- :: Consumo de água potável na pia da cozinha, lavatório e chuveiro;
- :: Volume recalcado de água pluvial;
- :: Consumo de água potável aquecida para uso na pia da cozinha, lavatório e chuveiro;
- :: Consumo de água potável para realimentação do reservatório superior.

Na instrumentação do sistema de monitoramento do consumo de água da Casa Eficiente são utilizados hidrômetros equipados com sensor tipo *reed-switch* e saída de sinal com frequência de um pulso por litro. Esses medidores são velocimétricos, padrão multijato magnético. Os hidrômetros estão interligados a um sistema de medição individualizada e os demais dispositivos são conectados a *data-loggers* para registro dos dados medidos.

A Figura 6.1 mostra como exemplo três dos cinco hidrômetros monitorados pelo sistema de aquisição de dados.



FIGURA 6.1 – Três hidrômetros monitorados pelo sistema de aquisição de dados - (a) Recalque de água pluvial, (b) Demanda de água pluvial, (c) Consumo de água potável.

Um transmissor de nível hidrostático foi utilizado para possibilitar o cálculo do volume armazenado no reservatório inferior de água pluvial ao longo do tempo. O equipamento utilizado é para faixa de pressão de 0 a 2 mca (Figura 6.2a) e opera pelo princípio de Pascal, convertendo a pressão aplicada pela coluna de água em sinal elétrico.

As leituras realizadas pelo transmissor de nível são armazenadas em um *data logger* portátil, que permite o registro de sinais elétricos através de quatro canais externos (Figura 6.2b). A capacidade de memória do aparelho é de 43.000 leituras e os dados registrados podem ser coletados e visualizados, sob forma de tabelas e gráficos, através de um programa computacional fornecido pelo fabricante do equipamento.



(a)



(b)

FIGURA 6.2 – Equipamentos utilizados - (a) Transmissor de nível, (b) *Data logger* portátil.

Foi instalada uma pequena estação meteorológica que possibilita a aquisição de dados de precipitação pluviométrica, temperatura, velocidade e direção do vento. Nas Figuras 6.3 e 6.4 apresentam-se, respectivamente, fotos da estação meteorológica e do pluviômetro instalados ao lado da Casa Eficiente.



FIGURA 6.3 – Estação meteorológica instalada ao lado da Casa Eficiente.



FIGURA 6.4 – Pluviômetro com sistema de aquisição e armazenamento de dados instalado junto à Casa Eficiente.

Em função da ocupação da Casa Eficiente ser variável (quinzenas para visitação e quinzenas para a realização de pesquisas in loco), o consumo diário de água, tanto potável como pluvial, é baixo. Por isso, foi realizado diariamente descarte de água simulando a demanda de água pluvial (utilizada em fins não potáveis) de uma família de quatro pessoas.

Como referencial para o cálculo da demanda diária de água pluvial, foi considerada uma demanda de água potável de 150 litros *per capita* por dia. Este valor representava o consumo diário total de água potável por pessoa, caso não houvesse nenhuma fonte de suprimento alternativo de água. Para o cálculo da demanda de água pluvial, estimou-se que esta poderia variar de 40% a 50% da demanda de água potável. Assim, a partir desses valores, da demanda de água potável e do número de pessoas da família, determinaram-se demandas diárias de água pluvial de 240 a 300 litros para a residência.

A simulação da demanda foi realizada descartando diariamente água da torneira pluvial externa. O descarte ocorreu na maioria das vezes durante o dia e o volume eliminado variava em função do tempo de abertura da torneira (de 15 a 20 minutos), porém, situando-se na faixa de variação da demanda diária de água pluvial (de 240 a 300 litros).

A água descartada era conduzida por um dispositivo de descarte até o tanque de zona de raízes. Após passar pelo tanque de zona de raízes, essa água era conduzida e armazenada na cisterna de água de reuso, cujos efluentes tratados são utilizados na irrigação paisagística da Casa Eficiente.

Os experimentos e medições relacionados à simulação de demanda de água pluvial destinada a fins não potáveis tiveram a duração de quatro meses (dezembro de 2007, janeiro, fevereiro e abril de 2008). O mês de março de 2008 não foi incluído na coleta de dados em função de ter ocorrido uma interrupção no monitoramento neste mês, causada por uma falha no sistema de medição individualizada de água da Casa Eficiente.

A fim de demonstrar o elevado potencial de utilização da água de chuva como fonte alternativa de água para usos não potáveis em residências, foram comparados dados de precipitação pluviométrica registrados em base diária pela estação meteorológica da Casa Eficiente, com os registros da precipitação pluviométrica do INMET.

Os dados do INMET foram registrados na Estação Climatológica Principal de Florianópolis/SC (Latitude: 27°35'00" S, Longitude: 48°34'00" W, Altitude: 1,84m), localizada no bairro Capoeiras, aproximadamente 10 km de distância da Casa Eficiente.

Destaca-se que a precipitação pluviométrica é um dos fatores que atua diretamente no sucesso do sistema de aproveitamento de água de chuva. Se as chuvas de determinada região forem bem distribuídas e regulares ao longo do período mais eficiente será o sistema e, conseqüentemente, o dimensionamento do reservatório inferior (cisterna), otimizando o volume de reservação.

Assim, os períodos de precipitação analisados em cada mês e a precipitação mensal da estação climatológica da Casa Eficiente e da estação automática do INMET estão apresentados na Tabela 6.1.

TABELA 6.1 – Períodos de precipitação pluviométrica avaliados.

Meses/Ano	Número de dias avaliados	Precipitação mensal (mm)	
		Casa Eficiente	INMET
Dez/2007	29	129	152
Jan/2008	31	559	555
Fev/2008	29	314	322
Abr/2008	26	278	213

A Figura 6.5 ilustra comparativamente os valores de precipitação média diária da Casa Eficiente, com os valores registrados na estação automática do INMET.

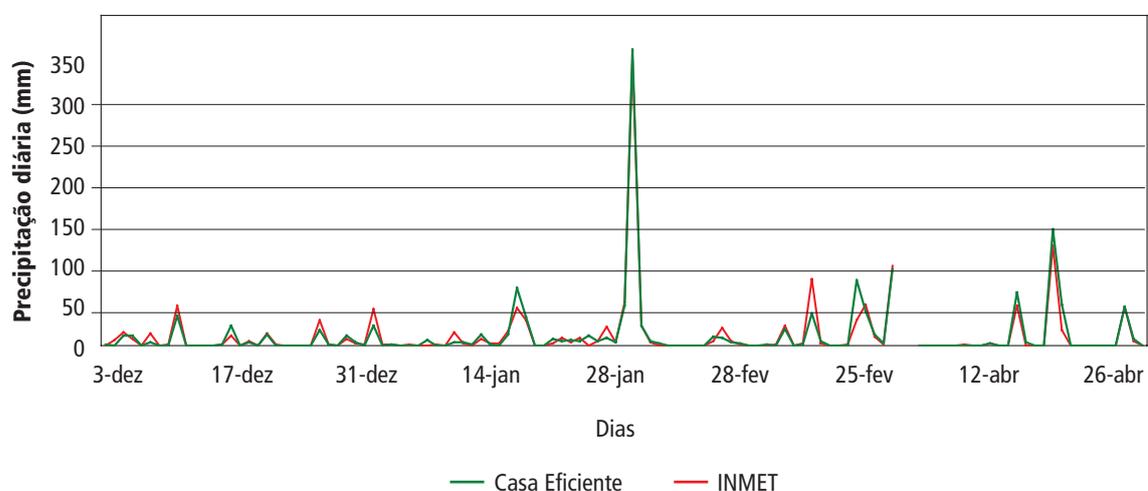


FIGURA 6.5 – Comparação da precipitação pluviométrica diária.

A precipitação média diária na Casa Eficiente obtida para o período avaliado foi de 10,50 mm/dia e a precipitação média mensal obtida foi de 327,30 mm/mês. Além disso, da análise da Figura 6.5, observa-se que a maior precipitação diária desse período aconteceu no mês de janeiro e a menor ocorreu no mês de dezembro.

A demanda e o consumo diário de água pluvial simulados na Casa Eficiente estão expostos na Figura 6.6. É possível verificar que em 102 dias dos 115 dias avaliados, a demanda de água pluvial foi atendida exclusivamente por água de chuva. Nos demais dias, não havia água pluvial em quantidade suficiente armazenada na cisterna e a demanda foi atendida parcial ou totalmente por água potável. Em alguns casos, a demanda diária de água pluvial foi superior a 300 litros. Este acréscimo ocorreu em virtude da ocupação variável da residência, resultando apenas em uma ampliação da faixa da demanda de água pluvial. Percebe-se também, que em outros dias a demanda foi inferior ao valor mínimo estabelecido ou até mesmo nula. No entanto, isso não prejudicou os resultados, pois em qualquer residência é possível ocorrer variações de ocupação devido à ausência de um ou mais moradores.

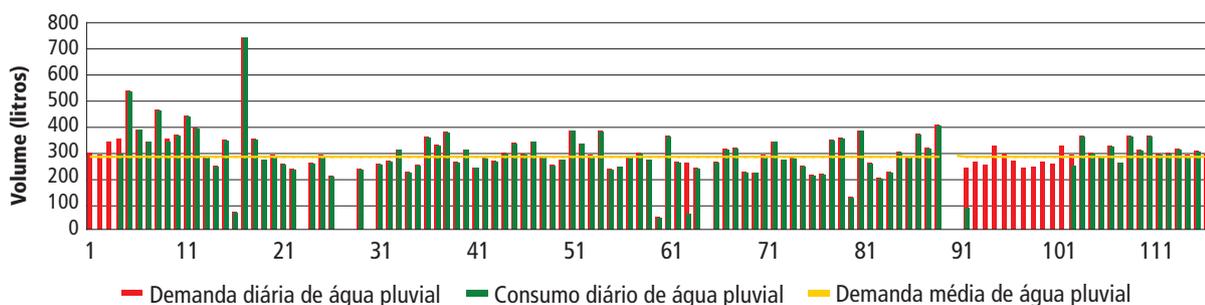


FIGURA 6.6 – Demanda e consumo diário de água pluvial na Casa Eficiente.

Nos períodos em que as chuvas foram melhores distribuídas, a exemplo dos meses de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008, a economia de água potável para fins não potáveis foi expressiva, como ilustra a Figura 6.7. Em todo o período avaliado 88% da demanda de água pluvial da Casa Eficiente foi atendida por água de chuva.

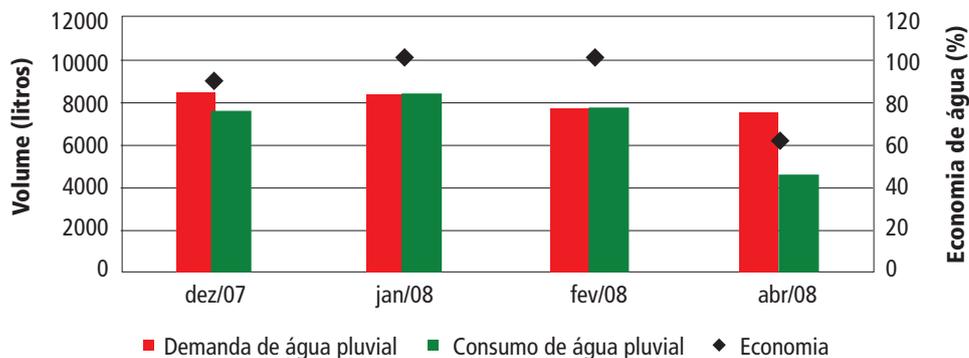


FIGURA 6.7 – Demanda e consumo mensal de água pluvial para fins não potáveis na Casa Eficiente.

A Tabela 6.2 mostra os volumes da demanda e do consumo de água pluvial para cada mês da pesquisa. Percebe-se que mensalmente foram necessários em média 8.088 litros de água para atender a demanda de água pluvial. Ressalta-se que no mês de abril a demanda de água pluvial foi menor em função do menor número de dias monitorados. A diferença entre a demanda e o consumo de água pluvial representa o consumo de água potável necessário para atender a demanda de água para fins não potáveis. Portanto, no mês de abril, por exemplo, foram consumidos 2.889 litros de água potável para atender integralmente a demanda de água pluvial.

TABELA 6.2 - Demanda e consumo mensal de água pluvial para fins não potáveis.

Mês/Ano	Demanda de água pluvial (litros)	Consumo de água pluvial (litros)
Dez/2007	8.563	7.581
Jan/2008	8.466	8.466
Fev/2008	7.788	7.788
Abr/2008	7.535	4.646
Média	8.088	7.120
Total	32.352	28.481

Conforme mencionado anteriormente, devido ao baixo consumo diário de água potável e pluvial, estimou-se que a demanda de água pluvial poderia variar de 40% a 50% da demanda de água potável para a realização desta pesquisa. Como esperado, o consumo de água potável foi baixo, totalizando somente 525 litros durante o período da pesquisa (115 dias).

Assim, para exemplificar qual seria a economia monetária caso a residência realmente estivesse ocupada, estimaram-se demandas diárias de água potável a partir das demandas de água pluvial ilustradas anteriormente na Figura 6.7. Para tal, atribui-se que cada demanda de água pluvial corresponde a uma determinada porcentagem da demanda diária de água potável, variando de 40% a 50%, caso não houvesse o aproveitamento de água pluvial.

A Tabela 6.3 apresenta resumidamente para cada mês a demanda estimada de água potável, o consumo de água pluvial e a economia estimada em função do consumo de água pluvial para fins não potáveis. Caso não houvesse o aproveitamento de água de chuva seriam consumidos mensalmente 17.550 litros de água potável em média. Como há o aproveitamento dessa água, a demanda de água potável pode ser reduzida em aproximadamente 41% (7.120 litros), totalizando 10.430 litros, valor significativamente inferior à média de 17.550 litros de água potável (demanda estimada).

Essa economia foi possível devido às características físicas da edificação, ou seja, em função da área de telhado (área de captação) existente, volume do reservatório de armazenamento de água de chuva (cisterna), volume do reservatório superior, elevados índices pluviométricos registrados no período e também em função da estimativa de demanda de água pluvial adotada.

TABELA 6.3 – Demanda mensal de água potável e consumo mensal de água pluvial.

Mês/Ano	Demanda estimada de água potável (litros)	Consumo de água pluvial (litros)	Economia estimada (%)
Dez/07	17.400	7.581	44
Jan/08	18.600	8.466	46
Fev/08	18.600	7.788	42
Abr/08	15.600	4.646	30
Média	17.550	7.120	41
Total	70.200	28.481	41

A economia monetária mensal de água que poderia ser obtida através do uso de água pluvial foi verificada utilizando os valores de tarifa referente a imóveis residenciais, obtida na empresa concessionária local. O custo da tarifa de água atualmente é R\$ 21,44/mês para faixa de consumo até 10m³, e para consumo acima dessa faixa é cobrado R\$ 3,93 por m³ excedente de água. A tarifa de esgoto corresponde a 100% da tarifa de água impressa (CASAN, 2008).

Para os cálculos do custo do consumo de água potável mensal quando não há aproveitamento de água pluvial (custo “A”) e do custo do consumo de água potável quando é realizado aproveitamento de água pluvial (custo “B”), utilizaram-se os valores da tarifa residencial acrescido da tarifa de esgoto praticada pela concessionária local. A economia média mensal obtida no período estudado foi de R\$ 55,60, o que equivale a uma economia de 54,4% na fatura mensal de água. A Tabela 6.4 mostra os valores da economia monetária mensal para cada mês analisado.

TABELA 6.4 – Estimativa da economia mensal de água.

Mês/ ano	(A) Demanda de água potável mensal (m³)	(B) Consumo de água da concessionária quando se faz o aproveitamento de água pluvial (m³)	Economia mensal (m³)	Custo A (R\$)	Custo B (R\$)	Economia mensal	
						(R\$)	(%)
Dez/07	17,4	9,8	7,6	101,03	42,88	58,15	57,6
Jan/08	18,6	10,1	8,5	110,46	43,67	66,80	60,5
Fev/08	18,6	10,8	7,8	110,46	49,17	61,30	55,5
Abr/08	15,6	11,0	4,6	86,89	50,74	36,15	41,6
Média	17,6	10,4	7,1	102,21	46,61	55,60	54,4
Total	70,2	41,7	28,5	408,85	186,45	222,40	54,4

7. Conclusões

As pesquisas realizadas, referentes ao uso racional da água, indicam que as estratégias adotadas na Casa Eficiente contribuem para a conservação da água e a sustentabilidade da habitação.

Os condicionantes locais tornam possível a utilização da água de chuva como um recurso hídrico complementar alternativo, possibilitando o uso da água de chuva para fins não potáveis, contribuindo para a redução do consumo de água de abastecimento e priorizando o uso de água tratada para fins onde se necessita de água potável.

A avaliação da eficácia dos dispositivos de descarte de sólidos ensaiados na Casa Eficiente mostrou que alguns dispositivos não são apropriados para o descarte de pequenas folhas e outros chegam a não funcionar para folhas grandes. Ressalta-se que a escolha de um dispositivo de descarte de sólidos deve ser criteriosamente realizada, levando-se em conta, além do desempenho hidráulico, que considera a área de captação e a rede de drenagem pluvial, as especificidades locais relativas às características do tipo de sólidos que devem ser descartados.

Com relação aos dispositivos de desvio de água dos escoamentos iniciais testados, observou-se que o dispositivo volumétrico com tubo de PVC funcionou perfeitamente, é de baixo custo principalmente para pequenas áreas de captação e é fácil de ser construído pelos próprios usuários. Já o dispositivo volumétrico de bombona testado, apesar de ser de baixo custo, não funcionou adequadamente, principalmente devido à dificuldade de vedação da tampa, após operações de inspeção e manutenção. Isto não quer dizer que outros modelos de bombonas não possam ser adequados. Destaca-se que existem no mercado bombonas mais apropriadas que a utilizada neste estudo.

Dos vários ensaios realizados com o dispositivo *Safe Rain*, observou-se que apesar deste dispositivo funcionar, ele é difícil de ser ajustado, apresentando baixa precisão. Em alguns ensaios desviou mais de 30% do volume esperado para ser desviado. Assim, conclui-se que devido a esta baixa precisão do ajuste do volume a ser desviado este equipamento não é apropriado para sistemas de aproveitamento de água de chuva, principalmente quando a água é escassa.

Na avaliação da economia de água na Casa Eficiente verificou-se, com base nas simulações de consumo, que em todo o período analisado 88% da demanda de água pluvial (consumo para fins não potáveis) foi atendida por água de chuva. A demanda de água potável poderia ser reduzida em aproximadamente 41% em função da utilização do aproveitamento de água de chuva.

As características físicas da edificação (áreas de telhado existentes, volume do reservatório inferior e superior), as características locais (elevados índices pluviométricos registrados no período) e a estimativa de demanda de água pluvial adotada possibilitaram obter uma economia de água potável satisfatória. Em termos financeiros, a economia média mensal obtida no período estudado foi de R\$ 55,60, o que representa 54,4% de economia na conta de água e esgoto.

Portanto, os resultados da avaliação das estratégias de uso racional da água adotadas na Casa Eficiente indicam a viabilidade e importância da utilização da água de chuva, água de reuso e componentes economizadores de água em residências, servindo assim como modelo de conservação da água e sustentabilidade para o setor habitacional.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844** – Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12213**. Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12217** – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10281**. Torneira de pressão – Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527** – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ACQUASAVE. **Aproveite a água da chuva**. Disponível em: <http://www.acquasave.com.br>. Acesso em: agosto de 2008.
- ALMEIDA, M. do C., VIEIRA, P., RIBEIRO, R., ANDRADE, M. A. N. Needs and barriers in technical regulations and standards for the efficient use of water: situation in Portugal and Brazil. Water Supply. **IWA Publishing**, v.5, p.209 - 217, 2005.
- ANA – Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Sinduscon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do Sinduscon – SP - **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo, junho de 2005.
- BRASIL. **Decreto nº 24.643 de 1934**. Código das Águas. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm. Acesso em: março de 2009.
- CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Preços e tarifas**. Disponível em: <http://www.casan.com.br>. Acesso em: novembro de 2008.
- CURITIBA. **Lei nº 10.785 de 2003**. Câmara Municipal de Curitiba. Disponível em: <http://www.cmc.pr.gov.br>. Acesso em: março de 2009.
- DECA. **Uso racional de água**. Disponível em: <http://www.deca.com.br>. Acesso em: setembro de 2008.
- ELETRONBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.; PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Ano Base 2005 – Classe Residencial – Relatório Brasil**. Rio de Janeiro, 2007.

- EPAGRI-SC – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Gerência de Recursos Naturais. **Estação Meteorológica de Florianópolis**. Estação Climatológica Principal. 2007.
- GHISI, E.; FERREIRA, D.F. Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, p. 2512-2522, 2007.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for Potable Water Savings by Combining the Use of Rainwater and Greywater in Houses in Southern Brazil. **Building and Environment**, v. 42, nº 4, p. 1731-1742, 2007.
- GHISI, E.; CORDOVA, M.M. **Netuno: aproveitamento de águas pluviais no setor residencial**. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/software/netuno.html>. Acesso em: novembro de 2008.
- GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Curitiba: Organic Trading Editora, 2002.
- HAMZO, S. T.; BARRETO, D. Avaliação da economia de água obtida pelo uso de dispositivo seletivo de descarga em bacias sanitárias com caixa acoplada. X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais: Desenvolvimento e inovação, São Carlos-SP, **Anais...** CD Rom, 2007.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Anuário estatístico do Brasil de 1997**. Rio de Janeiro: v. 57, 1998.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Observações – Gráficos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: novembro de 2004.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de Água**. São Paulo: Manole, 2003.
- MANO, R. S.; SCHMITT, C. M. Captação residencial de água pluvial, para fins não potáveis, em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade técnica e dos benefícios do sistema. CLACS04 – I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC04 – 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo – SP, **Anais....** CD Rom, 2004.
- MARINGÁ. **Lei nº 6345 de 2003**. Disponível em: http://sapl.cmm.pr.gov.br:8080/sapl_documentos/norma_juridica/8126_texto_integral. Acesso em: março de 2009.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Padrões mínimos de qualidade da água para consumo humano. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_ms518.pdf. Acesso em: março de 2009.
- OLIVEIRA, Lúcia Helena de. **Metodologia para a implantação de Programa de Uso Racional da Água em Edifícios**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ONU – Organização Mundial das Nações Unidas. **Pela primeira vez, população urbana supera a rural no mundo**. Disponível em: <http://www.unmultimedia.org/radio/portuguese/detail/155399.html>. Acesso em: maio de 2007.
- PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rede cooperativa de pesquisas. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. UFES, UFSC, UNICAMP, IPT, 2006.

- SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo. **Equipamentos economizadores: Vaso sanitário com caixa acoplada de acionamento seletivo**. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br>. Acesso em: julho de 2008.
- SANTA CATARINA. **Decreto nº 099, de março de 2007**. Procuradoria Geral do Estado de Santa Catarina. Disponível em: http://www.pge.sc.gov.br/index.php?option=com_wrapper&Itemid=163. Acesso em: março de 2009.
- SÃO PAULO (Município). **Lei nº 13.276 de 2002**. Sindicato da Construção do Estado de São Paulo. Disponível em: http://www.sindusconsp.com.br/downloads/juridico/lei/lei13276_040102.pdf. Acesso em: março de 2009.
- SOUZA, W. **Tratamento de efluente de maricultura por dois wetlands artificiais pilotos, com e sem Spartina alterniflora**: perspectivas de aplicação. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Aquicultura), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.
- UCHIDA, C.; OLIVEIRA, L. H. As bacias sanitárias com sistema de descarga dual e a redução do consumo de água em edifício residencial multifamiliar. XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Florianópolis-SC, **Anais...** CD Rom 2006.
- VILLARREAL, E.L.; DIXON, A. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. **Building and Environment**, v.40, nº 9, p. 1174-1184, 2005.
- WORLD WATER COUNCIL. **World Water Vision**. Disponível em: <http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/wwc/Library/WWVision/TableOfContents.pdf>. Acesso em: dezembro de 2008.
- 3P TECHNIK. **Linha de Produtos da 3P – Filtros industriais**. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/brazil/index.php>. Acesso em: dezembro de 2008.

Localizada em Florianópolis–SC, a Casa Eficiente é resultado da parceria estabelecida entre a ELETROSUL, a ELETROBRAS, através do PROCEL, e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), através do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE).

A Casa Eficiente foi projetada para se tornar uma vitrine de tecnologias de ponta de eficiência energética e conforto ambiental para edificações residenciais. Reúne diversas estratégias de adequação climática, com o aproveitamento da ventilação e da luz natural, adotadas como alternativas ao uso da refrigeração e iluminação artificiais. Conta com aproveitamento da energia solar térmica para aquecimento de água e da energia solar luminosa para a geração de eletricidade através de um painel fotovoltaico interligado à rede. Visando a redução do impacto ambiental e o uso eficiente da água, a Casa Eficiente utiliza água da chuva para fins não potáveis, faz reúso de águas cinzas para irrigação do jardim, e os efluentes recebem tratamento biológico por zona de raízes.

É objetivo de todos os parceiros envolvidos neste empreendimento divulgar as lições aprendidas com os trabalhos realizados na Casa Eficiente, a fim de que este projeto cumpra de modo efetivo seu papel de instrumento disseminador de conceitos e boas práticas no setor da construção civil.

ISBN 978-85-7426-100-3



LabEEE



Ministério de
Minas e Energia

