

II-596 - USO RACIONAL DE ÁGUA EM UMA ESCOLA PÚBLICA: APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E REUSO DE ÁGUAS CINZA

Moema Felske Leuck ⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS. Engenheira Civil do Departamento de Água e Esgotos de Porto Alegre – DMAE/POA. Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional – PROPUR/UFRGS.

Rafael Newton Zaneti

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. Mestre e Doutor em Tecnologia Ambiental pelo Laboratório de Tecnologia Mineral e Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais – LTM/PPGEM/UFRGS. Engenheiro Civil do Departamento de Água e Esgotos de Porto Alegre – DMAE/POA.

Endereço ⁽¹⁾: e-mail: moema@dmae.prefpoa.com.br.

RESUMO

São apresentados dados de projeto de sistemas de aproveitamento de água da chuva e reuso de águas cinza leve em uma escola de Porto Alegre. As diretrizes do projeto são: alta segurança sanitária, mínima necessidade de operação e viabilidade econômica. Neste contexto, tecnologias são especificadas e dimensionadas e é realizada a pré-avaliação econômica. O presente trabalho aborda o processo de construção de um convênio entre o DMAE/POA e a ANA, o qual está em fase final para contratação das obras de instalação dos sistemas projetados. Nas próximas edições do congresso da ABES serão abordados os temas subsequentes ao programa e apresentação dos seus resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Uso racional da água, aproveitamento de água da chuva, reuso de água cinza, dimensionamento de reservatórios

INTRODUÇÃO

Por uso racional de água, entende-se a realização de ações tecnológicas e mudanças culturais, implicando diminuição da demanda por água e redução na carga poluidora emitida aos mananciais. Alguns municípios brasileiros possuem legislação instituindo e regulamentando o uso racional de águas, por exemplo, São Paulo – Lei nº 14.018/2005 e Decreto 44.128/2006 e Porto Alegre – Lei nº 10.506/2008 e Decreto Nº 16.305/2009. Estas políticas justificam-se, no mínimo, pela situação entre demanda e disponibilidade de recursos hídricos em muitas regiões do país. Segundo a Agência Nacional de Água (ANA, 2005), entre outras, as bacias hidrográficas, ou trechos de rios que abastecem, em parte ou na totalidade, as regiões metropolitanas de Fortaleza - CE, São Paulo - SP, Curitiba - PR, Goiânia - GO, Brasília - DF, Porto Alegre - RS, Rio de Janeiro - RJ, Salvador - BA, Belo Horizonte - BH, Recife - PE, Maceió - AL e Natal - RN apresentam relação entre demanda e disponibilidade crítica ou muito-crítica, ou seja, um cenário de escassez física de água. Os dados de 2005 pareceriam duvidosos, não fosse à crise hídrica enfrentada pela região sudeste do país desde o ano de 2013, que corrobora os dados da ANA.

Uma ação tecnológica bastante difundida para o uso racional de água é o aproveitamento de água da chuva de coberturas (telhados) em áreas urbanas. No Brasil, os requisitos para este aproveitamento são normatizados pela NBR 15.527/2007. O escopo da norma inclui instalações hidrossanitárias, tratamento e usos indicados, dimensionamento de reservatórios, qualidade desejada para água, assim como necessidades de manutenção e monitoramento da qualidade. Muitos estudos apresentam e modelam dados sobre o aproveitamento de água de chuva, tanto em residências quanto em edificações comerciais (Gonçalves, 2009; Ghisi, 2007; Fasola et al., 2005; Hagemann, 2009; Domènech e Saurí, 2011; Leuck, 2008).

Por sua vez, o reuso de água, outra ação tecnológica que possibilita o uso racional de água, encontra as maiores dificuldades de implementação. O reuso de água constitui-se na utilização de água residuária, sendo água residuária conceituada como esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias e agroindústrias, tratados ou não. A necessidade, ou não, de tratamento da água residuária para transformá-la em

água de reuso, remete ao padrão exigido para a modalidade (uso) pretendida (CNRH, 54/2005). A NBR 13.969/1997 discute este tema e apresenta o grau de tratamento necessário para diferentes modalidades (usos). Ocorre que esta normatização não trata o problema com a devida profundidade, sendo excessivamente restritiva em alguns aspectos e extremamente displicente em outros – por exemplo, indicando o uso da água de enxágue das máquinas de lavar roupa, após desinfecção, para uso na descarga dos vasos sanitários.

Os sistemas de reuso de água, principalmente em edificações domésticas ou comerciais, devem ser altamente seguros do ponto de vista sanitário, assim como de fácil operação/manutenção (Winward, 2007). Da mesma forma, devem prezar pela viabilidade econômica (Zaneti et al., 2012;). A U.S. EPA atualizou em 2012 suas diretrizes para reuso de água. Uma novidade nesta nova versão do *Guidelines for Water Reuse* da agência é a inclusão de mais de 100 estudos de caso, justamente para discutir como o reuso de água tem acontecido ao redor do mundo.

O presente trabalho tem por objetivo geral apresentar a concepção e o projeto de um sistema dedicado ao uso racional de água em uma escola pública municipal. As diretrizes do projeto são – alta segurança sanitária, mínima necessidade de operação e viabilidade econômica. Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Dimensionar e especificar um sistema de **aproveitamento de água da chuva** com respectiva coleta, tratamento e reservação;
- Dimensionar e especificar um sistema **de reuso de água cinza leve** (proveniente de lavatórios, chuveiros, banheiras e lavanderias), com respectiva coleta, tratamento (via ultrafiltração e ozônio) e reservação;
- Realizar pré-avaliação econômica.

O projeto é apoiado pela Agência Nacional de Água – ANA, a partir de convênio via Programa de Conservação e Uso Racional da água – Edital de Chamada Pública – ANA Nº 001/2012. Em publicações futuras serão apresentados os resultados deste convênio DMAE/ANA.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 1 ilustra os dois lotes ocupados pela escola onde será realizado o estudo, observa-se que estes se localizam em quadras diferentes.



Figura 1. Localização da escola Gov. Ildo Meneghetti – Porto Alegre/RS.

Os dados sobre consumo de água não potável em edificações ainda são escassos e devem ser estimados. Fasola et al. (2011) realizou estudos em duas escolas em Florianópolis - SC. Segundo os pesquisadores, aproximadamente 28% do consumo de água em uma escola que dispõe de refeitório é em usos não potáveis –

descarga de vasos sanitários, mictório e limpezas em geral. Por outro lado, aproximadamente 9% da demanda por água nestas escolas ocorrem nos lavatórios de banheiro e chuveiro.

A escola objeto do projeto foi dividida em 3 “sistemas” – Sistemas 1, 2 e 3, devido as características de localização e ocupação do terreno, ilustradas na Figura 1 – diversos prédios, com arruamento entre eles e dos processos de tratamento. A Figura 2 ilustra a divisão da escola nestes 3 sistemas.

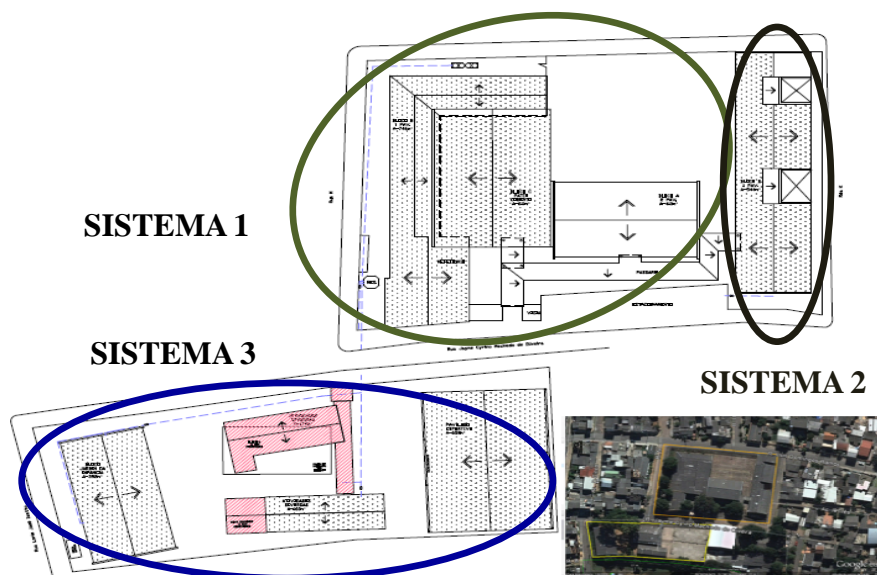


Figura 2. Divisão da escola municipal Gov. Ildo Meneghetti em sistemas de aproveitamento/reuso e opções tecnológicas para cada sistema.

As características da escola e dos futuros 3 sistemas de aproveitamento/reuso de água na escola são apresentadas abaixo:

Escola (Sistemas 1, 2 e 3)

- Alunos a serem atendidos: 2.211 alunos em 2013;
- Consumo total da edificação de 15,4 m³/dia;
- Área de captação em cobertura disponível: 3.272 m²;
- Área de captação em piso disponível – Cancha poliesportiva: 675 m²;

Sistema 1

- Turmas a serem atendidas: primeiro grau nos turnos manhã e tarde;
- Alunos a serem atendidos: 1.427 alunos;
- Área de captação disponível: 1.357 m²;

Sistema 2

- Turmas a serem atendidas: EJA noturno;
- Alunos a serem atendidos: 238 alunos;

Sistema 3

- Turmas a serem atendidas: jardim de infância, nos turnos manhã e tarde;
- Alunos a serem atendidos: 546 alunos;

Aproveitamento de água de chuva

Para atender a NBR 15.527/2007, deve-se adequar as instalações hidráulico-sanitárias da edificação para a coleta e a reservação da água da chuva. A adequação dos dispositivos de coleta de água da chuva – calhas e tubos de queda, juntamente com a instalação de outros equipamentos específicos – descarte do chamado *first-flush*, assim como equipagem dos reservatórios com extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, minimização de turbilhonamento na entrada, dispositivo para retirada da água de aproveitamento abaixo da lâmina d'água e dispositivo de realimentação/suprimento com água potável. Ainda, a norma indica desinfecção da água de aproveitamento, por exemplo, com cloro, com garantia do residual de cloro livre entre 0,5 e 3,0 mg/L.

Um item crítico do projeto é o dimensionamento dos reservatórios. Segundo a NBR 15.527/2007, entre outros, o método da simulação pode ser utilizado para dimensionamento de reservatórios. Neste método, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

$$Q(t) = C \cdot \text{precipitação da chuva}(t) \cdot \text{área de captação}$$

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$

Em que:

$S(t)$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S(t-1)$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$Q(t)$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D(t)$ é o consumo ou demanda de água não potável no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial (runoff) – arbitrado em 90% neste trabalho.

No presente trabalho, são consideradas as chuvas diárias de 2009 em Porto Alegre. Segundo Ghisi et al. (2012), o uso de séries curtas diárias de chuva não impacta negativamente o cálculo do reservatório de aproveitamento de água da chuva. Assim, aplicando o método da simulação com $t = 1$ dia, pode-se estimar o atendimento da demanda/consumo por água não potável diariamente. A média desse atendimento diário ao longo do ano é considerada o % de atendimento da demanda por água não potável, o qual será apresentado em função do sistema (conforme Figura 2) e do volume do reservatório/cisterna fixado.

Reuso de água cinza

As águas cinza podem ser definidas como as águas residuárias originadas de banheiros, chuveiros, lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupas e pias de cozinha (Winward, 2007). No caso deste projeto serão utilizadas as águas oriundas de lavatórios da escola, da lavagem dos pisos e do escoamento da chuva na área de piso externo, situada entre os três prédios, sendo aqui denominadas de águas cinza leve.

Conforme diretrizes adotadas para o projeto - alta segurança sanitária, mínima necessidade de operação e viabilidade econômica, o reuso de água cinza será complementar ao aproveitamento de água da chuva, ou seja, nos sistemas em que a demanda por água não potável for atendida pelo aproveitamento de água da chuva, não será especificado o reuso de água cinza leve. Um processo que possibilita o tratamento para reuso de águas cinza é a associação da tecnologia de separação por membranas ao processo convencional de lodos ativados, que é denominado de Biorreator com Membranas (MBR) – Metcalf & Eddy (2006).

A opção pelo uso das membranas de ultrafiltração, juntamente com a aeração em tanque (tratamento secundário aeróbico), é devido à segurança sanitária e operacional. As membranas de ultrafiltração tem poro de $0,04\mu\text{m}$ – Metcalf & Eddy (2006), funcionando como uma barreira física para partículas e bactérias, diferentemente de processos secundários (biorreatores de leito fixo, etc.), ou mesmo de processos primários avançados (floculação e separação sólido/líquido), que são suscetíveis à diminuição de eficiência devido a

diversos fatores, principalmente operacionais. A Figura 3 traz um esquema de tratamento de água cinza com tecnologia MBR.

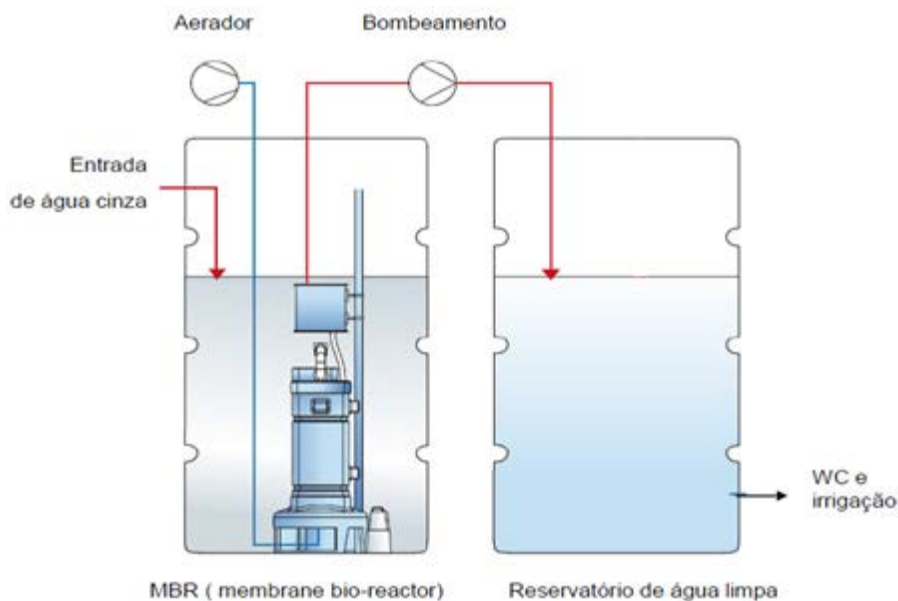


Figura 3. Esquema da tecnologia de tratamento por MBR. Adaptado de Spinflow (2015).

Pré-avaliação econômica

São considerados os principais custos de investimento para instalação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e de reuso de água cinza – instalações prediais de água fria, água pluvial, esgotamento sanitários, obras civis necessárias, compra e instalação de equipamentos. Estes custos são os disponibilizados no SINAPI ou os praticados no mercado (quando não citados no SINAPI). A avaliação de viabilidade econômica se dá a partir da diminuição da demanda pelos serviços de água e esgoto, considerando a tarifa empregada pelo DMAE em 2015. Abaixo são apresentadas as equações pertinentes à avaliação econômica:

$$a = \frac{\ln}{e}$$

$$e = x - (y + z)$$

$$TA = \left[PB * 0,2711 * \left(\frac{C}{E} \right) \right]^{1,43577} * E$$

$$TE = PB * C * 0,8$$

Onde,

a = Tempo de amortização dos investimentos (meses);

ln = Estimativa de investimentos (R\$);

e = Economia com a conta de água (R\$.mês⁻¹);

x = Conta de água e esgoto da escola sem aproveitamento/reuso de água (TA+TE - R\$.mês⁻¹);

y = Estimativa de custo operacional dos sistemas de aproveitamento/reuso de água (R\$.mês⁻¹);

z = Conta de água e esgoto da escola com aproveitamento/reuso de água (TA+TE - R\$.mês⁻¹).

RESULTADOS

Estimativa da demanda por água não potável e da geração de água cinza leve

A partir dos dados disponibilizados por Fasola et al. (2011), do número de alunos e do consumo de água atual da escola, é possível estimar a demanda por água não potável:

Escola e Sistemas 1, 2 e 3

- Alunos a serem atendidos: 2.211 alunos;
- Consumo total da escola (dados médios obtidos junto ao DMAE/POA): 15,4 m³/dia;
- Demanda de água não potável total na escola, considerando 28% da demanda total: 4,4 m³/dia;
- Demanda de água não potável por aluno: 2 L/dia;
- Demanda de água não potável no Sistema 1: 2,85 m³/dia;
- Demanda de água não potável no Sistema 2: 0,48 m³/dia;
- Demanda de água não potável no Sistema 3: 1,09 m³/dia;

A geração de água cinza leve, da mesma forma, pode ser estimada a partir dos dados levantados por Fasola et al. (2011). Assim, considerando o consumo de água nos lavatórios e no chuveiro em 9% do consumo total e a taxa de retorno em 80%, pode-se estimar a geração de água cinza leve na escola em 1,2 m³/dia.

Aproveitamento de água da chuva e reuso de água cinza leve

De forma geral, a especificação dos sistemas é no sentido de equipá-los com todos os dispositivos indicados pela NBR 15.527/2011. Todos os sistemas serão operados de forma semiautomática, com uso de chaves-bóia de nível, as quais vão acionar moto bombas e sistemas de realimentação (água da concessionária), quando necessário.

Para desinfecção da água de aproveitamento de chuva, é especificada a dosagem de hipoclorito de sódio, em uma concentração de 5 mg/L de cloro livre. No caso do reuso de água cinza leve, é especificado o tratamento com ozônio para a remoção de eventuais odores e resíduos de surfactante (sabão).

Sistema 1

Conforme a Figura 4, a demanda de água não potável neste sistema pode ser atendida caso seja instalada uma cisterna de 140 m³. Na prática esta solução é inviável, por motivos econômicos e técnicos (valor da cisterna e dificuldade de instalação – grande volume de escavação). Um volume de reservatório viável para instalação seria o de 20 m³. Entretanto, neste caso, somente 50% da demanda de água não potável seria atendida com aproveitamento de água da chuva dos telhados.

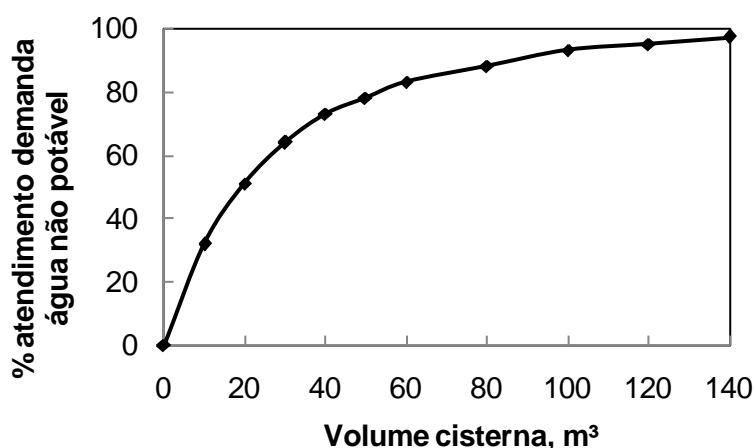


Figura 4. Atendimento da demanda de água não potável em função do volume da cisterna no Sistema 1
– Considerando a demanda de água não potável de 2,85 m³/dia.

A solução encontrada é suprir parte da demanda de água não potável deste sistema com aproveitamento de água de chuva em área de piso, assim como reuso de águas cinza leve. Neste caso, tanto a água de aproveitamento (recolhida no piso da cancha poliesportiva), quanto à água cinza leve, seriam tratadas no sistema de reuso de água cinza leve, para garantir a qualidade da água. Os números relacionados ao aproveitamento de água de chuva e reuso de água cinza leve seriam os que seguem:

- Geração de água cinza leve (lavatórios dos banheiros e no chuveiro) a ser encaminhada para o sistema de tratamento de águas cinza leve: 1,2 m³/dia;
- Aproveitamento de água de chuva na área da cancha poliesportiva, que possui 675 m², a ser encaminhada para o sistema de tratamento de águas cinza leve: 0,6 m³/dia (ver Figura 5 abaixo, onde é mostrado que 88,8% destes 0,6 m³/dia podem ser disponibilizados por um sistema de reservação com volume total de 10 m³ e captação de água da chuva);
- Aproveitamento de água de chuva nos telhados e no pátio coberto, com área total de 1.357 m²: 1,05 m³/dia (ver Figura 5 abaixo, onde é mostrado que 86,8% destes 1,05 m³/dia podem ser atendidos, quando da instalação de volume de reservação de 15 m³).

A configuração de tratamento, incluindo os reservatórios e os equipamentos para tratamento da água da chuva coletada nos telhados e no pátio coberto é mostrada na Figura 8. O sistema de coleta de água da cancha poliesportiva e o tratamento de água cinza leve são mostrados na Figura 9. Na Tabela 1, são apresentadas informações sobre o sistema de tratamento escolhido para tratar a água cinza.

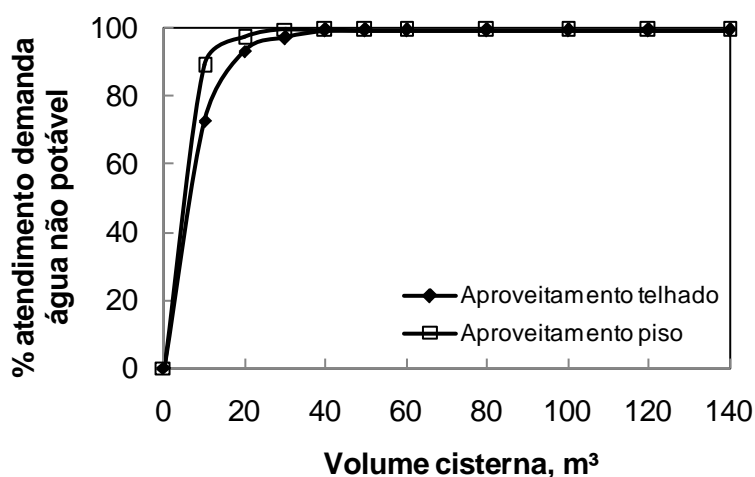


Figura 5. Atendimento da demanda de água não potável em função do volume da cisterna no Sistema 1 – Considerando a demanda de água não potável de 1,05 m³/dia para aproveitamento de água da chuva dos telhados e de 0,6 m³/dia para aproveitamento de água da chuva do piso.

Sistema 2

Considerando-se as chuvas diárias de Porto Alegre em 2009; uma área de captação de 580 m²; uma demanda por água não potável de 0,48 m³/dia; coeficiente de runoff de 90% pode-se avaliar o aproveitamento de água da chuva frente ao tamanho de reservatório.

Como pode ser observado na Figura 6, a economia de água não potável que pode ser atingida com aproveitamento de água da chuva neste sistema é de 79,8% da demanda, ou seja, 0,43 m³/dia. Esta economia é possível com instalação de duas cisternas de 2,8 m³. Na prática esta solução é bastante viável, uma vez que entrega elevada economia da demanda, sendo técnica e economicamente viável. A configuração de tratamento, incluindo os reservatórios e os equipamentos para tratamento da água da chuva coletada nos telhados é mostrada na Figura 10.

Sistema 3

Considerando-se as chuvas diárias de Porto Alegre em 2009; uma área de captação de 1.335 m²; uma demanda por água não potável de 1,09 m³/dia; coeficiente de runoff de 90% pode-se avaliar o aproveitamento de água da chuva frente ao tamanho de reservatório.

Como pode ser observado na Figura 7, a economia de água não potável que pode ser atingida com aproveitamento de água da chuva neste sistema é de 85,5% da demanda, ou seja, 0,93 m³/dia. Esta economia é possível com instalação de volume de reservação de 15 m³. Na prática esta solução é bastante viável, uma vez que traz elevada economia da demanda. A configuração de tratamento, incluindo os reservatórios e os equipamentos para tratamento da água da chuva coletada nos telhados é mostrada na Figura 11.

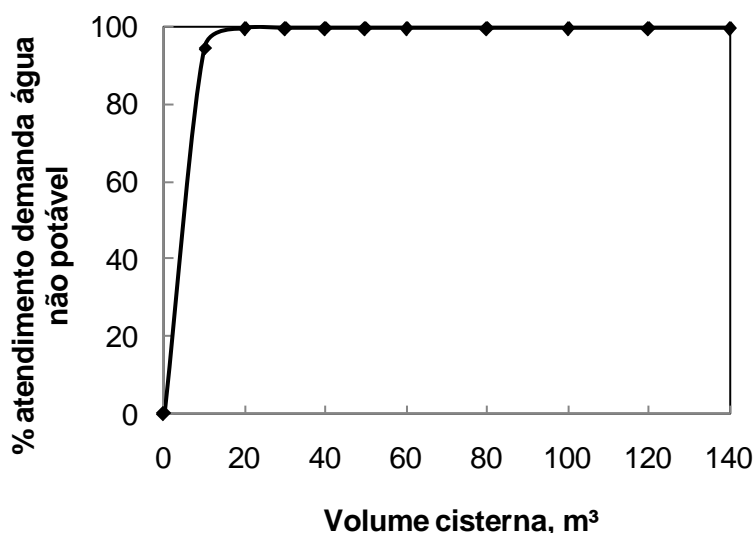


Figura 6. Atendimento da demanda de água não potável em função do volume da cisterna no Sistema 2 – Considerando a demanda de água não potável de 0,48 m³/dia.

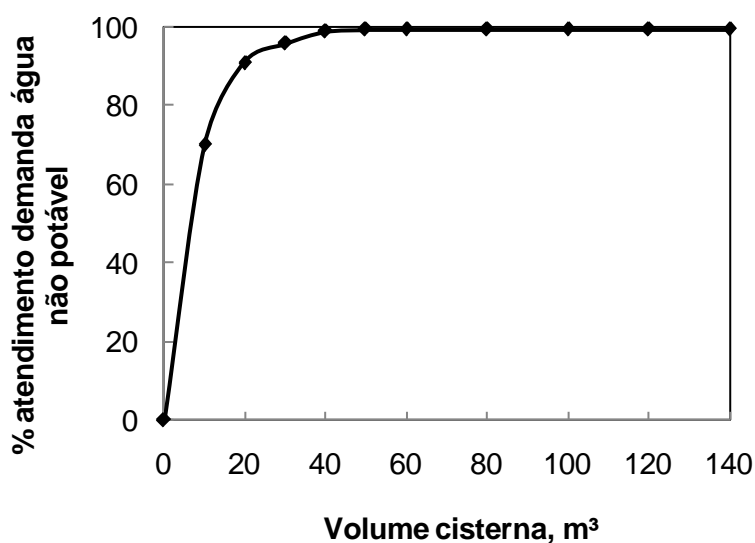
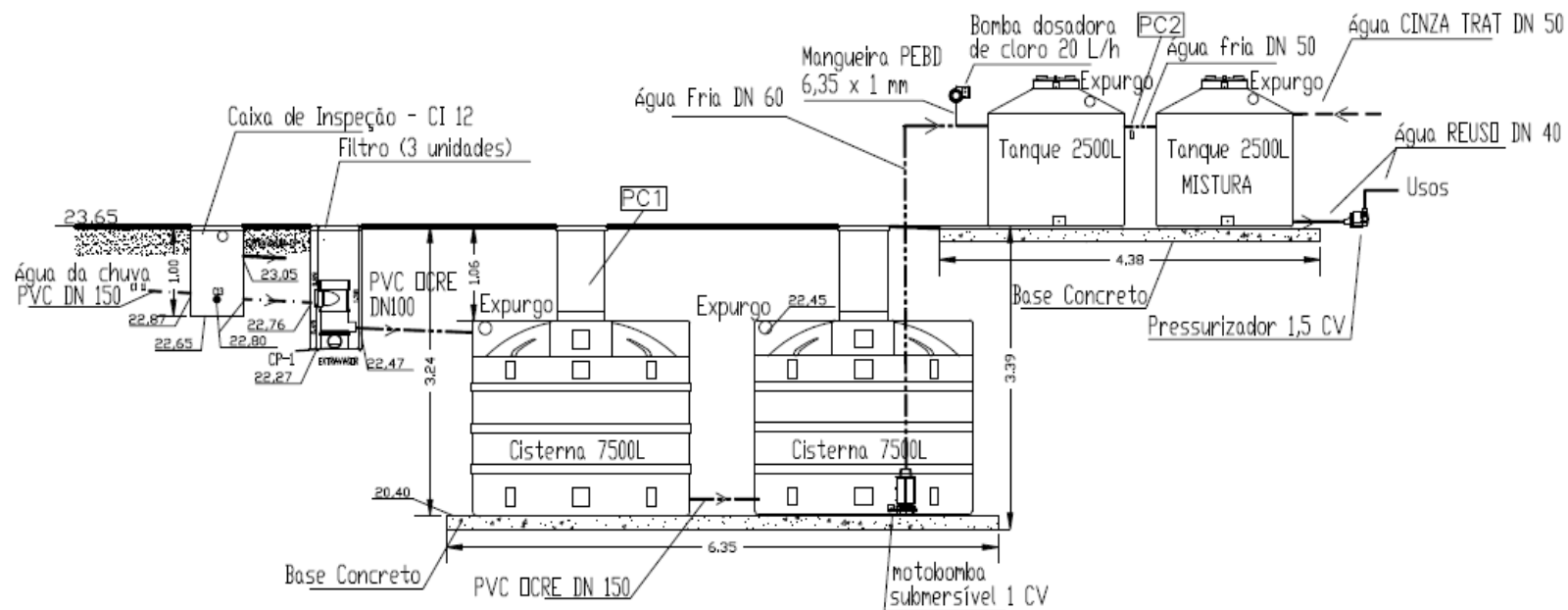


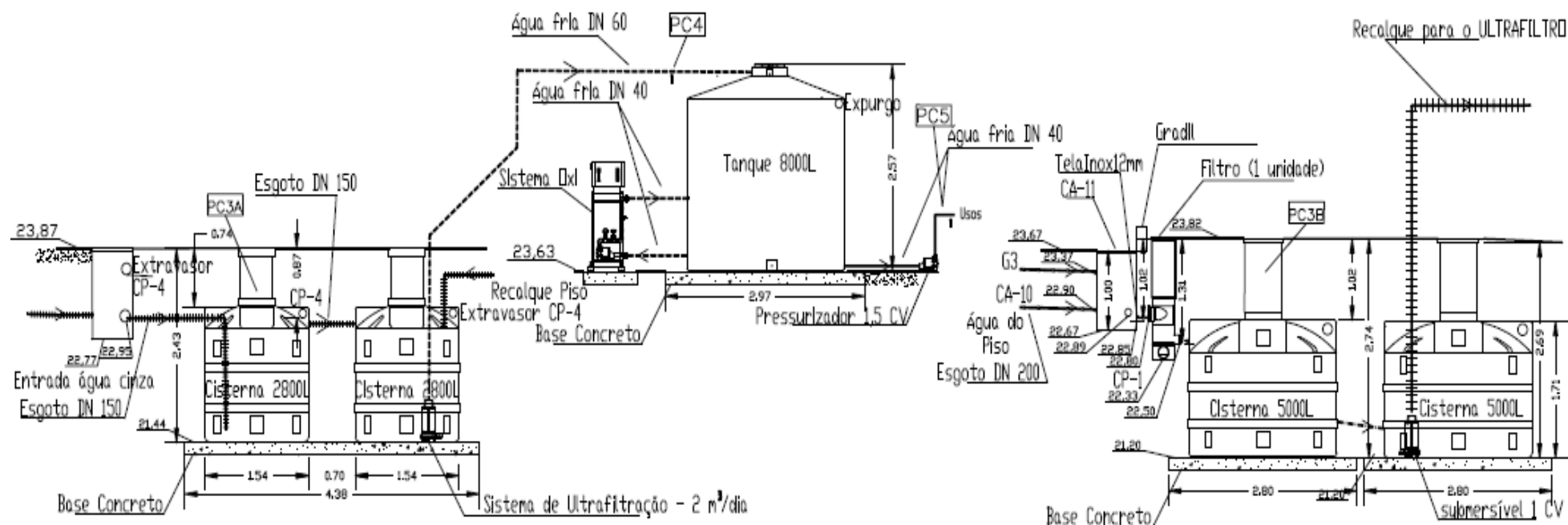
Figura 7. Atendimento da demanda de água não potável em função do volume da cisterna no Sistema 3 – Considerando a demanda de água não potável de 1,09 m³/dia.



LEGENDA:

- REDE DE DRENAGEM/EXPURGO PROJETADA
- REDE/FLUXO ÁGUA CHUVA BRUTA
- REDE/FLUXO ÁGUA CHUVA TRATADA
- +++++ REDE/FLUXO ÁGUA CINZA BRUTA
- REDE/FLUXO ÁGUA CINZA TRATADA
- ===== REDE/FLUXO ÁGUA REUSO
- ⊗ MEDIDOR DE VAZÃO
- PC PUNTO DE COLETA

Figura 8. Detalhe das instalações para o aproveitamento de água de chuva dos telhados e do pátio coberto no Sistema 1.



LEGENDA:

- REDE DE DRENAGEM/EXPURGO PROJETADA
- - - - - REDE/FLUXO ÁGUA CHUVA BRUTA
- - - - - REDE/FLUXO ÁGUA CHUVA TRATADA
- ===== REDE/FLUXO ÁGUA CINZA BRUTA
- - - - - REDE/FLUXO ÁGUA CINZA TRATADA
- REDE/FLUXO ÁGUA REÚSO
- ⊙ MEDIDOR DE VAZÃO
- PC PUNTO DE COLETA

Figura 9. Detalhe das instalações para o aproveitamento de água de chuva da cancha poliesportiva e do reuso de água cinza leve no Sistema 1.

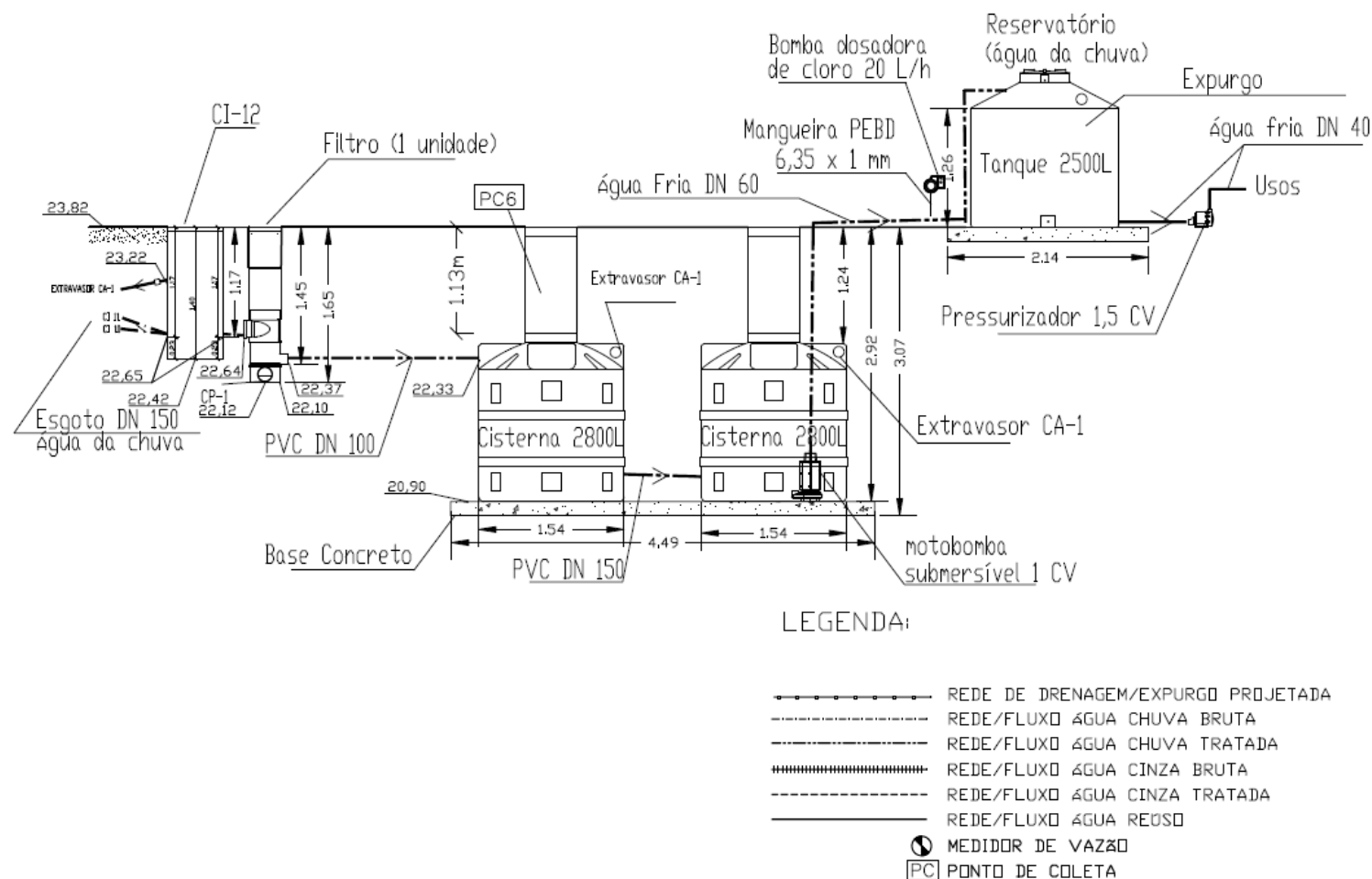
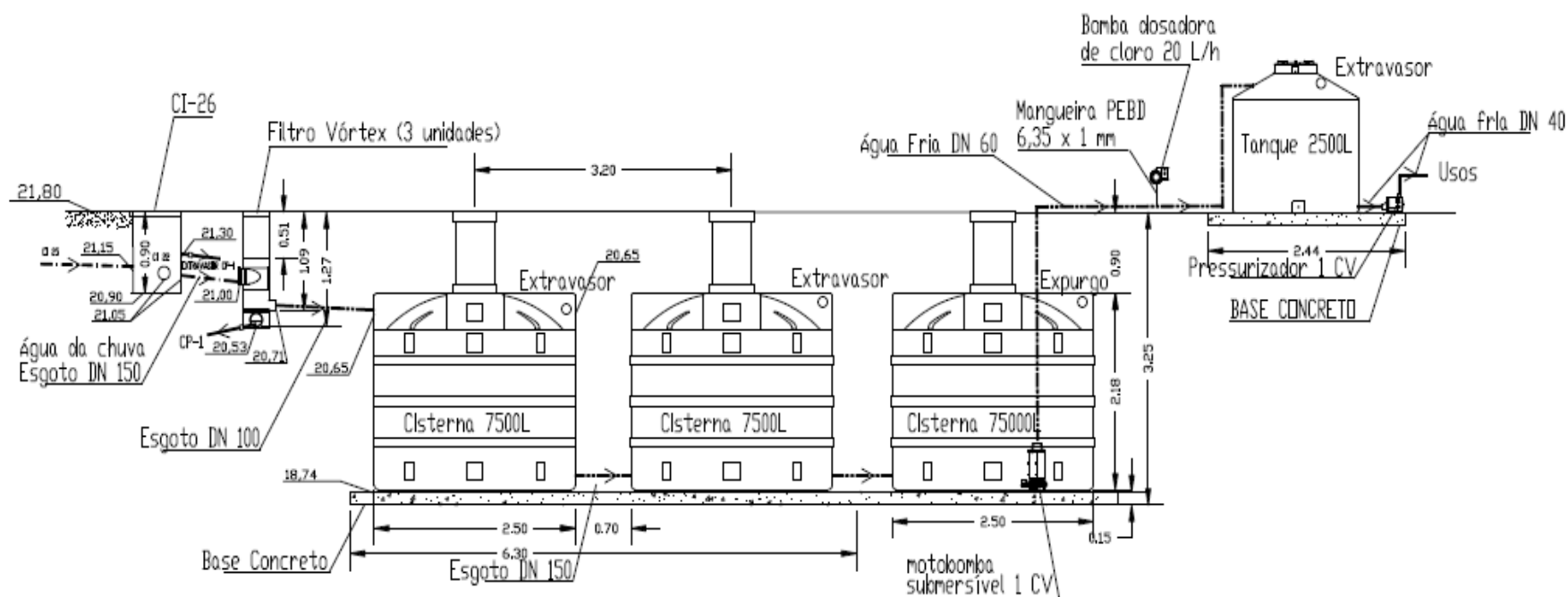


Figura 10. Detalhe das instalações para aproveitamento de água de chuva no Sistema 2.



LEGENDA:

- REDE DE DRENAGEM/EXPURGO PROJETADA
- — — — — REDE/FLUXO ÁGUA CHUVA BRUTA
- — — — — REDE/FLUXO ÁGUA CHUVA TRATADA
- +++++ REDE/FLUXO ÁGUA CINZA BRUTA
- — — — — REDE/FLUXO ÁGUA CINZA TRATADA
- — — — — REDE/FLUXO ÁGUA REUSO
- ⊗ MEDIDOR DE VAZÃO
- PC PUNTO DE COLETA

Figura 11. Detalhe das instalações para aproveitamento de água de chuva no Sistema 3.

Tabela 1. Características desejadas para o sistema de tratamento de água cinza.

Modelo sugerido de sistema de filtração	MA03-XL2* ou similar
Dimensões do módulo das membranas (m)	4,3 x 3,5 x 1,13
Área de filtração (m ²)	14
Taxa de filtração média com uma limpeza anual (L/m ² .h)	15
Taxa de filtração média com duas limpezas anuais (L/m ² .h)	30
Vazão de tratamento diário com duas limpezas anuais (m ³ /dia)	10
Vazão de tratamento diário com uma limpeza anual (m ³ /dia)	2
Consumo de energia (kWh/dia)	3

*Marca Microclear (<http://www.microclear.de>)

Pré-avaliação econômica

As Tabelas de 2 a 4 apresentam a pré-avaliação econômica dos sistemas de aproveitamento e reuso de água, incluindo os custos operacionais. Aos custos operacionais (y) mostrados nas Tabela 2 e 3, deve-se acrescentar o valor de substituição das membranas de ultrafiltração de sistema de reuso de águas cinza leve, estimado em R\$ 104/mês, quando considera a substituição das membranas com uma frequência de 10 anos (conforme fabricante).

A Tabela 4 mostra que a amortização dos sistemas ocorre em um prazo superior a 13 (treze) anos, mas existe amortização dos investimentos – foram considerados 23 (vinte e três) dias letivos por mês. Chama atenção a relação de custos entre esgoto e água na escola, aproximadamente 20%. Isso ocorre devido as diferentes equações empregadas pelo DMAE na composição das tarifas.

Tabela 2. Potência instalada demanda e custo energético dos sistemas de aproveitamento e reuso de água na escola.

	Potência (kw)	Vazão Bomba (m ³ /h)	Demanda (m ³ /dia)	kwh/dia	R\$/kwh	R\$/dia
Sistema 1	-	-	2,85	-	-	-
Bomba cisterna 1	0,73	2,50	1,05	0,31	0,75	0,23
Bomba cisterna 2	0,73	2,50	0,60	0,18	0,75	0,13
MBR	3,00	2,00	1,70	2,55	0,75	1,91
Pressurizador	1,10	4,00	2,75	0,75	0,75	0,56
Ozônio*	1,10	2,50	-	4,38	0,75	3,29
Total						6,12
Sistema 2	-	-	0,48	-	-	-
Bomba cisterna	0,73	2,50	0,43	0,13	0,75	0,09
Pressurizador	1,10	4,00	0,43	0,12	0,75	0,09
Total						0,18
Sistema 2	-	-	1,09		-	-
Bomba cisterna	0,73	2,50	0,93	0,27	0,75	0,20
Pressurizador	1,10	4,00	0,93	0,25	0,75	0,19
Total						0,39
Total geral - R\$/mês						201,02

Tabela 3. Demanda e custo de hipoclorito de sódio na desinfecção da água dos sistemas de aproveitamento/reuso de água na escola.

	Demanda (g/mês)	R\$/g	R\$/mês
Sistema 1	396,61	0,04	16,53
Sistema 2	57,44	0,04	2,39
Sistema 3	139,80	0,04	5,82
Total - R\$/mês			24,74

Tabela 4. Amortização econômica dos sistemas de aproveitamento e reuso de água na escola – Considerando as tarifas de Porto Alegre.

	Com sistema	Sem sistema
TA	R\$ 4.410,73	R\$ 6.792,74
TE	R\$ 1.149,48	R\$ 1.485,30
Z	R\$ 329,76	-
e	R\$ 2.388,06	-
In	R\$ 378.057,68	-
a, mês	158,3	-
a, ano	13,19	-

CONCLUSÃO

Os sistemas de aproveitamento de água de chuva e reuso de água cinza leve foram dimensionados e especificados na Escola Gov. Ildo Meneghetti. Devido às características físicas das instalações da escola – 7 edificações separadas por um logradouro, dividiu-se a escola em 3 (três) sistemas diferentes de aproveitamento/reuso de água. A partir de dados bibliográficos, estimou-se a demanda por água não potável para uso em descarga de vasos sanitários e mictórios – 2,85 m³/dia, 0,48 m³/dia e 1,09 m³/dia, para os Sistemas 1, 2 e 3 respectivamente. Devido a maior demanda por água não potável no Sistema 1, o aproveitamento de água de chuva não é suficiente para atendimento, portanto, neste sistema, foi especificado o reuso de água cinza leve – será possível economizar 2,75 m³/dia neste sistema. Nos sistemas 2 e 3, o aproveitamento de água de chuva possibilita atendimento próximo a 80% da demanda de água não potável, economizando em torno de 1,25 m³/dia de água potável nos dois sistemas. A pré-avaliação econômica dos sistemas mostrou uma amortização superior a 13 anos, sendo este um limitante para a instalação deste tipo de sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA. Caderno de Recursos Hídricos, Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil, 2005.
2. CNRH. Resolução N° 54 - Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, 2005.
3. Domènech, L., Saurí, D., 2011. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multifamily buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. Journal of Cleaner Production 19, 2011.
4. Fasola, G. B., Ghisi, E., Marinoski, A. K., Borinelli, J. B., 2011. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. Ambiente Construído 11 (4), 2011.
5. Ghisi, E., Oliveira, S.M. Potential for potable water savings combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. Building and Environment 42, 2007.
6. Gonçalves, R. F. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água, 2009.
7. Hagemann, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS, 2009.
8. Metcalf and Eddy. Water Reuse: Issues Technologies, and Applications (New York, USA), 2006.
9. Winward, P. G. Disinfection of grey water. Cranfield University, PhD Thesis, 2007.
10. Zaneti, R. N., Etchepare, R., Rubio, J. More environmentally friendly vehicles washes: water reclamation. Journal of Cleaner Production 37, 2012.
11. Leuck, M. F., Avaliação econômica do impacto de medidas individualizadas de conservação de água em Porto Alegre. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.