



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ESTUDO DE TÉCNICAS SUSTENTÁVEIS PARA UTILIZAÇÃO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL EM EDIFÍCIOS

Luiz Eduardo Dias Bezerra Filho¹; Marcelo De Julio²

RESUMO

Este trabalho aborda soluções para o crítico cenário mundial de escassez de água, destacando as estratégias de reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais. São apresentados conceitos e definições referentes a essas práticas, as classificações dos tipos de reúso de acordo com normas e legislações brasileiras e, sobretudo, os parâmetros de qualidade nacionais e internacionais para o reúso. Procedeu-se uma extensa busca de diferentes Valores Máximos Permitidos (VMP's) no mundo para a qualidade da água de reúso, buscando estabelecer um comparativo entre os VMP's brasileiros e os países como Estados Unidos (destacando-se a Califórnia, estado norte americano de regulações mais restritivas), Reino Unido, Alemanha, Portugal, Austrália, Japão, Israel e os da própria Organização Mundial da Saúde. A conclusão a que se chega é que, entre os critérios divulgados, as normas brasileiras compactuam bem e são aceitáveis. Este estudo inclui também o projeto e dimensionamento de um sistema de reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais para um edifício residencial. Constatou-se que, alimentando apenas bacias sanitárias e torneiras no térreo, esse sistema é capaz de reduzir em 26,5% o consumo diário de água potável no edifício estudado.

Palavras chave: reúso de água, águas cinzas, aproveitamento de águas pluviais, VMP, construções sustentáveis.

STUDY OF TECHNIQUES FOR SUSTAINABLE USE OF NO DRINKABLE WATER IN BUILDINGS

ABSTRACT

This paper addresses solutions to the critical global scenario of water scarcity, highlighting strategies for greywater reusing and rainwater harvesting. Concepts and definitions related to these practices, classifications of reuse according to the Brazilian law and, mainly, the parameters of national and international quality standards for reuse are here presented. There has been an extensive search of various Maximum Values Allowed (VMP 's) in the world for the quality of reclaimed water, trying to establish a comparison between the Brazilian VMP's and countries like the United States (with emphasis on California, where regulations are more restrictive), UK, Germany, Portugal, Australia, Japan, Israel and the World Health Organization. The conclusion achieved is that among the criteria disclosed, Brazilian standards condone well and are acceptable. This study also includes the design and sizing of a system for greywater reusing and rainwater harvesting for a residential building. It found that, providing reused water only to toilets and taps on the ground, this system is able to reduce by 26.5 % the daily consumption of drinking water in the studied building.

Keywords: water reuse, greywater, rainwater harvesting, VMP, sustainable constructions.

¹Graduando em Engenharia Civil-Aeronáutica pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, SP. E-mail: luizeduardo@aluno.ita.br.

²Doutor em Hidráulica e Saneamento. Professor no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Infraestrutura Aeronáutica (PG/EIA). E-mail: dejulio@ita.br.

1. INTRODUÇÃO

À primeira vista, é absurdo que haja falta de água num planeta como o nosso. Considera-se que a quantidade de água na Terra seja de 1.386 milhões de km³, volume que tem permanecido constante nos últimos 500 milhões de anos. Desse total, apenas 2,5% corresponde a água doce, dos quais somente 0,3% encontram-se em rios e lagos (Rebouças, 1999). Ainda assim, trata-se de cerca de 200 mil km³ de água doce, mais que o suficiente para os seres vivos que dependem dela (Costa, 2010).

A dificuldade para o aproveitamento de toda essa água está na combinação de dois fatores: demanda demográfica e distribuição geográfica dos mananciais. Há

regiões com água em extrema abundância (florestas equatoriais e temperadas), porém pouco povoadas, enquanto há outras sob grande escassez (regiões áridas e semiáridas), agravada quando há ainda alta demanda de grandes centros urbanos.

Mancuso e Santos (2003) exemplificam a interferência humana com a situação do Parque Nacional de Everglades, na Flórida, EUA. Devido à poluição e às tomadas de água que têm sido feitas com fins agrícolas e urbanos, a região pode sofrer falência ecológica até o ano de 2025. Ainda, dados históricos apontam que, nas últimas décadas, a disponibilidade de água potável por habitante decresce em todas as regiões do mundo, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Disponibilidade de água por habitante e por região em 1000 m³.

Região	1950	1960	1970	1980	2000
África	20,6	16,5	12,7	9,4	5,1
Ásia	9,6	7,9	6,1	5,1	3,3
América Latina	105,0	80,2	61,7	48,8	28,3
Europa	5,9	5,4	4,9	4,4	4,1
América do Norte	37,2	30,2	25,2	21,3	17,5
Total	178,3	140,2	110,6	89	58,3

Fonte: Ayibotele (1992).

No Brasil, a situação hídrica é, teoricamente, favorável. Estima-se que pelo menos 8% da reserva mundial de água doce está no território brasileiro (Mancuso e Santos, 2003). O país se destaca no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção

hídrica é de 177.900 m³/s. O contraponto é que 72% desse total concentram-se na Região Amazônica, sendo que os 28% restantes encontram-se nas regiões onde vivem 95% da população brasileira (Costa, 2010). Portanto, mesmo possuindo grandes bacias hidrográficas, o Brasil sofre com

escassez de água devido à má distribuição da densidade populacional dominante, que

crece exageradamente, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2: Densidade de população dominante, considerando as regiões das principais bacias hidrográficas brasileiras.

Região	Habitantes por km ²	Descarga dos rios (% do total brasileiro)
Amazonas	menor que 2,00	72,0
Tocantins	de 2,00 a 5,00	6,0
Atlântico Norte-Nordeste	de 5,01 a 25,00 e de 25,01 a 100,00	2,3
São Francisco	menor que 2,00 e de 5,01 a 25,00	1,7
Atlântico Leste	de 5,01 a 25,00 e de 25,01 a 100,00	1,0
Paraná	de 25,01 a 100,00 e maior que 100,00	6,5
Uruguai	de 5,01 a 25,00 e de 25,01 a 100,00	2,2
Atlântico Sudeste	de 25,01 a 100,00 e maior que 100,00	2,5

Fonte: adaptado de IBGE (1996).

Ainda no Brasil, verificam-se problemas diversos, como o desperdício, a ineficiente coleta e tratamento de águas residuais, o conseqüente lançamento de esgotos não tratados nos corpos de água, a destinação inadequada dos resíduos sólidos, o sistema de drenagem muitas vezes despreparado, a falta de conscientização ambiental da população, empresários e governantes, entre outros. A imprudência da sociedade brasileira gera impactos ambientais que se refletem na degradação dos recursos hídricos nacionais. Tal deficiência poderia ser minimizada com um gerenciamento mais racional desses recursos, o que motiva o estudo e o desenvolvimento de estratégias como o reúso de águas cinza e o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.

1.1. Reúso de água: conceitos, ressalvas e aplicações

Segundo Metcalf e Eddy (2003), o reúso da água consiste na recuperação de efluentes de modo a reutilizá-los em aplicações menos exigentes, que possam prescindir da potabilidade da água. O conceito de “substituição de fontes” mostra-se aqui como alternativa plausível para satisfazer as demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres (ANA, FIESP e Sinduscon-SP, 2005).

A escolha de fontes alternativas de abastecimento de água (como o esgoto doméstico e as águas pluviais) deve consi-

derar a necessidade de se ter garantida a qualidade necessária a cada uso específico, resguardando a saúde pública dos usuários internos e externos (Costa, 2010). O uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor, pelo uso inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados. Justamente com o propósito de evitar contaminações e preservar a saúde dos usuários, a rede de tubulações de reúso deve ser independente e devidamente identificada.

De modo geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas e para fins potáveis ou não potáveis. Classificam-se os tipos de reúso de acordo com seus usos e finalidades:

- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- Reúso direto: é o uso planejado de esgotos tratados para certas finalidades, sobretudo irrigação e atividades industriais. São encaminhados diretamente para seu local de reúso, não sendo descarregados no meio ambiente em momento algum;

- Reúso potável direto: ocorre quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável. É praticamente inviável devido ao baixo custo de água nas cidades brasileiras, ao elevado custo do tratamento e ao alto risco sanitário associado;
- Reúso potável indireto: é quando o esgoto, após tratamento, é disposto em corpos de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação a jusante, com tratamento e utilização como água potável. Caso particular do reúso indireto.

Essas quatro categorias abrangem as mais diversas aplicações para a água de reúso: irrigação paisagística, irrigação de culturas, recarga de aquíferos, usos industriais e usos urbanos não potáveis (combate ao fogo, descarga de bacias sanitárias, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, entre outros). Em todos eles, para estimar o volume de oferta de água reaproveitada é importante levar em conta aspectos climáticos (chuvas), econômicos (irrigação, atividade industrial) e culturais (tempo de banho, volume de descarga de bacias sanitárias, dentre outros).

1.2. Definição de parâmetros para avaliar a qualidade da água

Dada a necessidade de planejar de forma confiável e segura os sistemas de reúso de água, existem parâmetros de qualidade característicos da água que são levados em conta nos projetos. De acordo com a atividade a que se destinam, tais parâmetros, medidos nas águas servidas em questão, devem obedecer a concentrações máximas específicas. A Tabela 3 defi-

ne os principais parâmetros físicos, enquanto a Tabela 4 define os principais parâmetros químicos. Quanto aos parâmetros biológicos, é usual investigar a presença de coliformes (inclusive termotolerantes, como as bactérias do gênero *Escherichia*), algas diversas e outras bactérias de interesse sanitário (Von Sperling, 2005).

Tabela 3: Principais parâmetros físicos da qualidade dos efluentes do esgoto doméstico.

Parâmetro	Descrição
Cor	Esgoto fresco: ligeiramente cinza. Esgoto séptico: de cinza-escuro ao preto.
Odor	Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável. Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido a gases como o gás sulfídrico.
Turbidez	Influência de materiais em suspensão na transparência do meio, medida em NTU (unidade nefelométrica de turbidez). Esgotos mais frescos ou concentrados: geralmente têm maior turbidez.

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

Tabela 4: Principais parâmetros químicos da qualidade dos efluentes do esgoto doméstico.

Parâmetro	Descrição
Sólidos totais suspensos (SST)	Orgânicos ou inorgânicos (minerais), fixos ou voláteis, de diferentes dimensões (incluem-se coliformes fecais).
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio. É uma medida do oxigênio consumido pelos microrganismos na estabilização bioquímica da matéria orgânica. Está associada à fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos.
DQO	Demanda Química de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Utiliza fortes agentes oxidantes em condições ácidas.
pH	Indicador das características ácidas ou básicas do esgoto. Uma solução é neutra em pH 7. Os processos de oxidação biológica normalmente tendem a reduzir o pH (acidificar o meio).
Cloretos	Provenientes de água de abastecimento e dos dejetos humanos.

Fonte: Adaptado de Von Sperling (2005).

1.3. Fontes alternativas de água para reúso e composição: águas cinza

Consideram-se fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso ou, ainda, que fornecem

água com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias (ANA, FIESP, SindusCon-SP, 2005). O aproveitamento de água não oriunda da rede de distribuição pode visar à economia e, sobretudo quando se trata do reúso, à utilização racional e sustentável da água.

Nesse contexto, a água cinza é o efluente doméstico que não vem da bacia sanitária nem, na maioria dos casos, da pia de cozinha. Ou seja, os efluentes gerados vêm predominantemente do uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, tanque e máquinas de lavar roupas. A parte hídrica descartada especificamente através do sanitário e da pia de cozinha, com bastante conteúdo orgânico, é denominada água negra. O reúso é direcionado para aproveitamento das águas cinza, cuja carga orgânica não requer tratamento tão rigoroso ou caro quanto o das águas negras.

Segundo ANA, FIESP e SindusCon-SP (2005), os principais critérios que direcionam um programa de reúso de água cinza são a preservação da saúde dos usuários, a preservação do meio ambiente e o atendimento aos parâmetros de qualidade. Para satisfazer a tais diretrizes, é evidente a necessidade de se submeter as águas cinza a tratamento de purificação. Os componentes a serem neutralizados, presentes na água, variam segundo a fonte selecionada e o uso pretendido, daí a

importância de o sistema de reúso projetado considerar todos os usos possíveis a montante e a jusante.

1.4. Fontes alternativas de água para reúso e composição: águas pluviais

No Brasil, não há cultura ampla em armazenar água de chuva. Apesar do potencial pluviométrico nacional, que varia de 3.000 mm na Amazônia a 1.300 mm no centro do país, é no semiárido nordestino (com chuvas variando de 250 mm a 600 mm) que a água da chuva é mais aproveitada (Costa, 2010). Além dessa predisposição natural para a coleta de água de chuva no país, há cidades brasileiras que, por lei, estimulam a instalação de sistemas de aproveitamento pluvial: segundo Silveira (2008), é o caso de São Paulo (lei estadual 12526/2007), de Curitiba (lei municipal 10785/2003) e de Porto Alegre (lei municipal 10506/2008).

Nesse processo, deve-se ter atenção com a qualidade da água da chuva. Dependendo do local de precipitação, a água pode incorporar impurezas presentes na atmosfera e nas superfícies de escoamento (telhados). Segundo Costa (2010), quando a precipitação ocorre em locais poluídos, a qualidade desta água é equiparada pela legislação brasileira à qualidade do esgoto, exigindo os mesmos cuidados e podendo necessitar de tratamentos como sedimentação, filtração e

cloração. Para garantir a melhor qualidade da água, sugere-se também que se faça o descarte das primeiras águas, ou “first flush”. Assume-se essa água de lavagem em torno de 40 litros para cada 100 m² de área de telhado (Corson, 1993). Em todo caso, ressalta-se a importância de estudar o devido descarte conforme cada localidade e sistema de coleta.

1.5. Classes de reúso

O grau de tratamento para uso múltiplo de esgotos é definido, regra geral, pelo uso mais restritivo quanto à qualidade de efluente tratado. A fim de nortear esse nível de tratamento, é essencial considerar a que uso se destinam as águas de reúso. A ABNT, em sua NBR 13969/97, e a ANA/FIESP/SindusCon-SP (2005), definem as seguintes classes e respectivos valores de parâmetros para o esgoto, conforme o reúso:

- Classe 1: lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.
- Classe 2: lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.

- Classe 3: reúso nas descargas dos vasos sanitários; normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a esse padrão, sendo necessária apenas uma cloração.
- Classe 4: reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistemas de irrigação pontual. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

Definidas as diferentes classes de reúso, os principais parâmetros de qualidade dessas águas evidenciada a importância das práticas de uso racional e sustentável da água, procede-se à parte de discussão dos métodos e materiais de pesquisa e ao desenvolvimento de questões pertinentes ao tema.

Os objetivos deste trabalho são comparar os critérios de qualidade brasileiros para a água de reúso aos critérios praticados em países onde esses sistemas são mais avançados (EUA, Alemanha, Austrália, entre outros) e expor as conclusões a respeito do projeto e dimensionamento feito para um sistema de reaproveitamento em edifício residencial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Apesar de recentes, as práticas de reúso de água já existem em todo o mundo, principalmente em países desenvolvidos. Nos países subdesenvolvidos, plantas de reutilização de água para fins urbanos não potáveis ou para a agricultura são encontradas no Oriente Médio (Israel, Jordânia e Líbano), na Namíbia, na África do Sul, no México e no Brasil. Em nações em desenvolvimento, devido à falta de regulação e de amparo dos governos ao reúso, prática comum para se definir padrões de qualidade é comparar os Valores Máximos Permitidos (VMP's) definidos pelas nações desenvolvidas. Esse é o caso também do Brasil, apesar de o país já ter pesquisas, diretrizes e critérios próprios na área.

Foi realizada uma extensa busca de padrões, critérios e VMP's internacionais em reúso urbano não potável, os quais pudessem servir de base comparativa para a análise das diretrizes brasileiras. As buscas foram feitas em documentos de diversos países.

Também realizou-se o projeto e dimensionamento de um edifício residencial (seis pavimentos, dois apartamentos por pavimento) com a inclusão de um sistema de reúso de águas cinza e de aproveitamento de águas pluviais. As instalações hidráulicas do edifício incluem água fria, água quente,

esgoto sanitário, águas pluviais, combate a incêndio e água de reúso (que engloba o sistema de captação de águas pluviais e de reutilização de águas cinza). As águas de reúso são direcionadas para abastecer as bacias sanitárias no interior dos apartamentos, para abastecer algumas torneiras do térreo do edifício e para compor a reserva contra incêndio no reservatório superior do prédio.

Cabe ressaltar que, para não haver interrupção na alimentação dos vasos sanitários, previu-se um alimentador independente partindo do reservatório de água potável até o reservatório de água de reúso (tomando-se o devido cuidado para evitar a contaminação cruzada). O tratamento e adequação das águas servidas aos VMP's relacionados ocorrem *in loco*, no térreo do próprio edifício (há um espaço para tratar as águas cinza e pluviais). Com esse projeto, pretende-se analisar a economia nas reservas hídricas atingida no edifício (sobretudo com a instalação de aparelhos poupadores de água, como arejadores de torneira e bacia sanitária de acionamento dual) e os impactos sobre o sistema de rede dupla de tubulações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Projeto e dimensionamento de sistema de reúso de água em edifício residencial

O aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinza foram baseados na coleta correta com rede dupla de esgotos (uma para transporte de águas cinza, sem considerar a pia da cozinha, e outra para transporte de águas negras) e no tratamento biológico, físico e químico adequado dos efluentes domésticos e água pluvial captada, para atenderem aos VMP's de um abastecimento sanitário inofensivo à saúde. Ambas as medidas atuam no sentido de evitar riscos aos usuários e de ampliar a oferta de água de modo seguro. O sistema de tratamento consta de três partes básicas:

- 1ª etapa: tratamento biológico. Aplica-se um tratamento aeróbio (biodiscos) para retirar a matéria orgânica tanto da água cinza quanto da água pluvial, com a redução da DBO para níveis aceitáveis de VMP's;
- 2ª etapa: tratamento físico. Aplicam-se cartuchos de dupla filtração para remover partículas grosseiras e em suspensão na água de reúso (controlando a turbidez) e

para adequar outros parâmetros aos VMP's;

- 3ª etapa: tratamento químico. Utiliza-se a aplicação de cloro para promover a desinfecção da água de reúso. Com isso, espera-se reduzir a ocorrência de microrganismos potencialmente nocivos, como a *E. coli*.

Em termos de economia no consumo de água potável, com a implantação do sistema de água de reúso, a análise é feita comparando os Consumos Diários com e sem o sistema de reúso. Segundo a forma tradicional, o Consumo Diário será dimensionado considerando uso de lavatório, chuveiro, bacia sanitária, ducha higiênica, máquina de lavar, tanque, pia da cozinha e filtro. O Consumo Diário é calculado pela Equação 01 (consideram-se os apartamentos com apenas um dormitório). O consumo per capita diário em apartamentos residenciais é estimado segundo Tomaz (2000), que assume o valor conservador de 200 L/pessoa.dia

$$CD_{\text{trad}} = \text{população} \times \text{consumo per capita} \quad (01)$$

$$CD_{\text{trad}} = 6 \text{ pavimentos} \times \frac{2 \text{ apartamentos}}{\text{pavimento}} \times \frac{2 \text{ pessoas}}{\text{apartamento}} \times \frac{200 \text{ L}}{\text{pessoa.dia}}$$

$$CD_{\text{trad}} = 4800 \text{ L/dia}$$

Utilizando-se a água de reúso, o Consumo Diário de água fria será dimensionado da seguinte forma: lavatório, chuveiro, ducha higiênica, máquina de lavar, tanque, pia da cozinha e filtro continuam sendo alimentados com água potável, sendo a bacia sanitária deixada para o Consumo Diário de água reutilizada. Os aparelhos economizadores também

interferem no consumo médio de lavatórios (água potável) e de bacias sanitárias (água reutilizada). Uma vez que, em média, 80% da utilização do sanitário residencial é para remoção de dejetos líquidos, e considerando-se 5 acionamentos diários da descarga por pessoa, tem-se que o consumo per capita de água da bacia sanitária dual é de:

$$(1 \text{ acionamento} \times 6 \text{ L}) + (4 \text{ acionamentos} \times 3 \text{ L}) = 18 \text{ L}$$

Enquanto que o da bacia sanitária convencional é de:

$$5 \text{ acionamentos} \times 6 \text{ L} = 30 \text{ L}.$$

Desse modo, o uso de bacia sanitária dual pode proporcionar uma economia de $(30 - 18) = 12 \text{ L}$ no Consumo Diário per capita. Segundo Franci (2006), o gasto de água com pia da cozinha representa 17% do consumo diário de água, enquanto que o gasto com lavatório representa 7% em residências localizadas em São Paulo. Como a utilização de arejador em torneiras proporciona uma economia de água de

50%, a sua utilização na pia da cozinha e no lavatório proporciona uma economia de:

$$0,5 \times (0,07 + 0,17) \times \frac{200 \text{ L}}{\text{pessoa.dia}} = 23 \text{ L}.$$

Desse modo, o emprego de aparelhos economizadores de bacia sanitária dual e de arejador podem proporcionar uma economia direta de até $12 + 23 = 35 \text{ L}$ (17,5% de 200 L) por pessoa por dia. Unindo esta à economia proporcionada pelo uso de água reutilizada na bacia dual, o consumo diário per capita final do edifício em estudo seria de 147 L e o Consumo Diário total será de:

$$CD_{\text{inov}} = 6 \text{ pavimentos} \times \frac{2 \text{ apartamentos}}{\text{pavimento}} \times \frac{2 \text{ pessoas}}{\text{apartamento}} \times \frac{147 \text{ L}}{\text{pessoa.dia}}$$

$$CD_{\text{inov}} = 3528 \text{ L/dia}$$

Isso representa uma economia final de 26,5% em relação ao consumo

tradicional, uma redução significativa. Cabe mencionar que, desse percentual, boa parte é devido à presença dos aparelhos poupadores (economizam 35L por pessoa

por dia, ou 17,5%). A economia devido à água de reúso é mais diminuta neste caso (18L por pessoa por dia, ou 9%) pelo fato de o sistema de reúso alimentar poucos aparelhos no edifício residencial: em cada apartamento, há apenas uma bacia sanitária abastecida. Esse percentual pode ganhar mais expressão caso na medida em que as águas de reúso sejam empregadas em mais aparelhos, além da bacia sanitária. Por outro lado, isso acarretaria maiores investimentos com o sistema de tratamento (de acordo com os novos usos) e com as instalações das redes duplas, porém a premissa sustentável é cumprida.

Quanto ao investimento inicial para a instalação da rede de distribuição de água de reúso no edifício e da rede para coleta segregada de efluentes, constatou-se que os custos com tubulação praticamente duplicarão. Como se trata de um edifício residencial de pequeno porte, o dimensionamento tradicional de tubos de esgoto e água fria aponta que, por se transportarem vazões pequenas, as solicitações são as mínimas e, portanto, normalmente as dimensões das tubulações são as mínimas (DN 20 é o diâmetro mais comum para água fria, por exemplo). Logo, mesmo com a redução de vazão na tubulação de água fria (devido à segregação do abastecimento das bacias sanitárias nas novas tubulações de água reaproveitada), embora se espere uma

consequente diminuição geral de diâmetros nessa rede, as dimensões dos tubos de água fria continuarão como antes: com DN 20 sendo o diâmetro mais comum. O mesmo ocorreria na rede de tubulação para a água de reúso. Isso desfavorece a economia do projeto, apesar do ganho em sustentabilidade. A Tabela 5 apresenta os diâmetros e dimensões principais para os sistemas de abastecimento em cada caso: o tradicional, com tubulações de água fria, e o inovador, com sistema de água de reúso acoplado ao de água fria.

Constata-se que devido ao pequeno porte das instalações de água de reúso, praticamente não houve ganho em escala com a consequente diminuição de diâmetros nas tubulações. Em verdade, o ganho de escala só é visível (Tabela 5) quando são analisados os reservatórios inferiores e superiores. Entretanto, em empreendimentos de maior porte espera-se que os diâmetros das tubulações possam decrescer com a segregação do transporte de água potável e água de reúso, marcando um ganho de escala tanto maior quanto forem as vazões originais e, conseqüentemente, veiculadas pelas instalações de água de reúso. Fica evidente que o conjunto de tubulações sempre aumentará (reduzindo a viabilidade financeira), mas nem sempre duplicará, por causa das reduções de diâmetro.

Tabela 5: Diâmetros e dimensões principais dos sistemas de distribuição de água fria e de reúso em edifício projetado.

Elemento do sistema	Sistema de água fria (tradicional)	Sistema de água fria / água de reúso (inovador)
Ramal predial	DN 20	DN 20 / DN 20
Alimentador predial	DN 20	DN 20 / DN 20
Extravasores (Reserv. inf.)	DN 25	DN 25 / DN 25
Volume (Reserv. inf.)	7,2 m ³	5,3 m ³ / 0,65 m ³
Dimensões (Reserv. inf.)	4,0 x 1,5 x 1,4 m	4,0 x 1,3 x 1,25 m / 1,4 x 0,9 x 0,75 m
Dreno (Reserv. inf.)	DN 25	DN 25 / DN 20
Extravasores (Reserv. sup.)	DN 40	DN 40 / DN 40
Volume (Reserv. sup.)	12,8 m ³	3,6 m ³ / 8,5 m ³
Dimensões (Reserv. sup.)	4,0 x 2,0 x 1,8 m	3,0 x 1,5 x 1,0 m / 2,4 x 2,4 x 1,7 m
Dreno (Reserv. sup.)	DN 32	DN 20 / DN 20
Bomba	Vazão = 0,22 L/s Alt. Manom. = 28,9 mca	Vazão = 0,16 L/s / Vazão = 0,02 L/s Alt. Manom. = 28,7 mca / Alt. Manom. = 29,1 mca
Coluna de distribuição	Varia de DN 40 a DN 25	Varia de DN 40 a DN 25 / DN 20
Barrilete	DN 40	DN 40 / DN 40
Ramal	DN 20 e DN 25	DN 20 e DN 25 / DN 20
Sub-ramais	DN 20 e DN 25	DN 20 e DN 25 / DN 20

Fonte: Elaborado pelo autor.

3. 2. Padrões, critério e VMP's nacionais e internacionais para reúso de água

3. 2.1. Padrões de reúso no Brasil

Para a classe 1 de reúso, a ABNT (NBR 13.969/97) define os seguintes VMP's:

- Turbidez – inferior a 5 NTU (comparável à água das redes de distribuição);
- Coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100mL (Número Mais Provável);

- Sólidos dissolvidos totais – inferiores a 200 mg/L;
- pH entre 6,0 e 8,0;
- Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

A mesma ABNT elaborou, em 2007, outra norma que aborda o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. Trata-se da NBR 15527/07. Ela propõe VMP's para a água pluvial e apresenta alguns padrões de qualidade:

- Turbidez – inferior a 2 NTU (ou a 5 NTU, para uso menos nobres)

- pH – de 6,0 a 8,0;
- Cloro residual – entre 0,5 e 3,0 mg /L;
- Coliformes totais – ausentes em 100 mL.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece alguns VMP's na resolução 357 (março de 2005), complementando-os e atualizando-os na resolução 430 (maio de 2011). Esses valores, mesmo que não abordem a qualidade das águas de reúso (e sim de águas doces superficiais), servem para situar a análise de seus VMP's:

- Turbidez – inferior a 100 NTU;
- SDT – inferior a 500 mg/L;
- pH – de 6,0 a 9,0;
- Cloro residual – menor que 0,01 mg /L;
- DBO – menor que 5,0 mg/L.

Também, em dezembro de 2011, o Ministério da Saúde decretou a Portaria MS nº 2914, na qual estabelece

procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano. Os VMP's da portaria (mostrados a seguir) são atualizações dos que constavam na MS nº 518, de março de 2004:

- Turbidez – inferior a 5 NTU (nas redes de distribuição);
- SDT – inferior a 1000 mg/L;
- pH – de 6,0 a 9,5;
- Cloro residual – entre 0,2 e 5,0 mg /L;
- Coliformes totais – ausentes em 100 mL;
- *Escherichia coli* – ausente em 100 mL.

Ainda sobre as mesmas classes de água de reúso definidas pela ABNT, o FIESP/ANA/SindusCon-SP (2005) apresenta parâmetros diferenciados, em boa parte mais atuais e abrangentes aos previstos pela ABNT na NBR 13969/97. Alguns são também mais restritivos; outros, nem tanto. Esses critérios são todos apresentados na Tabela6.

Tabela 6: Parâmetros característicos para água de reúso classe 1 (permite reúso urbano com contato direto do usuário).

Coliformes fecais	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Turbidez (NTU)	≤ 2 NTU
Odor e aparência	Não desagradáveis
DBO (mg/L)	≤ 10 mg/L
Sólidos suspensos totais (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólidos dissolvidos totais (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

Fonte: Adaptado de FIESP/ANA/SindusCon-SP (2005)

3.2.2. Padrões de reúso nos EUA

A prática de reúso nos EUA é uma das mais antigas do mundo. Tem-se notícia de que a primeira utilização de reúso de água no país, embora pequena, ocorreu em 1912, com a irrigação do Golden Gate Park em São Francisco, CA. Nos anos 60, a irrigação paisagística com água de reúso ganhou espaço em outras localidades do país e, em 1977, a cidade de São Petersburgo, FL, construiu o primeiro sistema de reúso em escala municipal dos EUA. Arizona, Califórnia, Flórida e Texas realizam 90% do reaproveitamento de água no país, que corresponde de 5% a 6% dos 132,1 bilhões de litros diários, totalizando 6,6 bilhões de litros de esgoto.

No país, cada estado possui legislação própria para o reúso de água. A Califórnia é o estado norte americano que tem as regulações mais bem elaboradas e mais restritivas. A Agência de Proteção Ambiental estadunidense (USEPA) responde ambientalmente pelos 50 estados da federação. Em setembro de 2012, a USEPA publicou o *Guidelines for Water Reuse* (USEPA, 2012), que reúne informações técnicas, regulatórias e de implementação de sistemas de reúso de todo o país. Na Tabela 4-4 deste documento, define-se alguns VMP's para o reúso urbano restrito (acesso público controlado, restrito ou advertido por sinalização) e irrestrito (acesso público não controlado e irrestrito) (Tabela 7).

Tabela 7: Critérios, diretrizes e VMP's da USEPA (EUA) para reúso urbano não potável.

Tipo de reúso	Tratamento	Qualidade da água recuperada ¹	Monitoramento da água recuperada	Distância mínima de proteção
Reúso Urbano Irrestrito: O uso de água não potável em aplicações onde o acesso ao público não é restrito (campos de golfe, parques, jardins, e lavagem de veículos, descarga sanitária, sistemas de incêndio e usos de mesma exposição à água).	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário; • Desinfecção; • Filtração. 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 < pH < 9; • ≤ 10 mg/L DBO • ≤ 2 NTU • Coliformes fecais não detectáveis em 100 mL • 1 mg/L Cl₂ residual (mínimo). 	<ul style="list-style-type: none"> • pH semanal; • DBO semanal; • Cl₂ residual contínuo; • Coliformes fecais diário; • Turbidez contínua. 	15 metros de fontes provedoras de água potável.
Reúso Urbano Restrito: O uso de água não potável em aplicações municipais onde o acesso ao público é restrito.	<ul style="list-style-type: none"> • Secundário; • Desinfecção; 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 < pH < 9; • ≤ 30 mg/L DBO • ≤ 30 mg/L SST • ≤ 200 coliformes fecais/100mL • 1 mg/L Cl₂ residual (mínimo) 	<ul style="list-style-type: none"> • pH semanal; • DBO semanal; • Cl₂ residual contínuo; • Coliformes diário; • SST diário. 	90 metros de fontes provedoras de água potável e 30 metros de locais de acesso público

Fonte: Adaptado de USEPA 618/R-12 (2012)

3.2.3. Padrões de reúso no Reino Unido

As técnicas envolvendo água de reúso ainda estão sob desenvolvimento no Reino Unido. As regulações, definidas pelo BSI (*British Standard Institute*) em seus Guias de Uso Doméstico, demonstram preocupação em prover a água de:

- Qualidade física: limpeza (relacionada à turbidez), sólidos suspensos totais e temperatura da água;
- Qualidade química: considera o pH da água, a quantidade de desinfetante (cloro) residual, o total de oxigênio dissolvido e a presença de matéria orgânica (DBO);

- Qualidade biológica: presença de bactérias e vírus, correlacionando a presença de bactérias presentes nas fezes humanas e animais (como a *Escherichia coli*) com a contaminação do meio (normalmente fecal).

Pautado por essas diretrizes, o BSI publicou, em 2010, a BSI 8515 (aproveitamento de águas pluviais) e a BSI 8525 (reúso de águas cinza), em que discorre sobre critérios e medidas para empregar água de reúso em atividades humanas com segurança. Tais VMP's são apresentados na Tabela 8 (parâmetros biológicos) e na Tabela 9 (parâmetros físico-químicos).

Tabela 8: Critérios, diretrizes e VMP's bacteriológicos para reúso urbano não potável (BSI, Reino Unido).

Parâmetro	Uso com aspersão Lavagem de carros, regadores, sprinklers	Uso sem aspersão			Tipo de sistema
		Descarga de vaso sanitário	Rega de jardim	Máquinas de lavar	
<i>Escherichia coli</i> (número/100mL)	1	250	250	Não detectado	Sistemas domésticos comuns
<i>Intestinal enterococci</i> (número/100mL)	1	100	100	Não detectado	Sistemas domésticos comuns
<i>Legionellapneumophila</i> (número/100mL)	10	-	-	-	Onde a análise for necessária
Coliformes totais (número/100mL)	10	1000	1000	10	Sistemas domésticos comuns

Fonte: Adaptado de BSI 8515 e BSI 8525 (BSI, 2010)

Tabela 9: Critérios, diretrizes e VMP's físico-químicos para reúso urbano não potável (BSI, Reino Unido).

Parâmetro	Uso com aspersão	Uso sem aspersão			Tipo de sistema
	Lavagem de carros, regadores, sprinklers	Descarga de vaso sanitário	Rega de jardim	Máquinas de lavar	
Turbidez (NTU)	< 10	< 10	N/A	< 10	Em qualquer sistema de reúso
pH	5 – 9	5 – 9	5 – 9	5 – 9	Sistemas domésticos comuns
Cl ₂ residual (mg/L)	< 2,0	< 2,0	< 0,5	< 2,0	Em qualquer sistema de reúso
Br ₂ residual (mg/L)	0,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	Em qualquer sistema de reúso

Fonte: Adaptado de BSI 8515 e BSI 8525 (BSI, 2010)

3.2.4. Padrões de reúso na Alemanha

A Alemanha é um dos países em que o aproveitamento das águas de chuva foi melhor implantado. Em referência a este país, a *EnvironmentAgency* britânica afirma tratar-se do líder nessa tecnologia, com 35% dos novos edifícios alemães equipados com sistemas de coleta de águas pluviais, um mercado que vale 340 milhões de euros e que cria uma oferta massiva de empregos (EnvironmentAgency, 2011).

Além da crescente preocupação ambiental, contribuiu para esse cenário o alto valor cobrado pelo tratamento e

abastecimento de água potável. Desse modo, desde 1989, quando foi implantado o primeiro projeto de água de reúso em Berlim, tem-se notado grande aceitação pública por sistemas desse tipo. Estima-se que, até 2005, já existiam cerca de 400 plantas de reúso operando na Alemanha (Nolde, 2005). Desse modo, a regulação sobre o uso desses sistemas é bem madura e consolidada. Praticam-se, na Alemanha, VMP's que remontam a 1995, conforme definidos pela *Berlin Senate Department for Building and Housing* (SenBauWohnapudNolde, 2005). Eles são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Valores de critérios e VMP's físico-químicos para reúso urbano não potável (Alemanha).

Parâmetro	<i>Escherichia coli</i> (número/100mL)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (número/100mL)	Turbidez(NTU)	pH	DBO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Coliformes totais (número/100mL)
VMP's praticados	< 1000	< 1	1 – 2	6 – 9	< 20	< 5	< 30	< 100

Fonte: Adaptado de Nolde (2005) e Franci e Cassini (2006)

3.2.5. Padrões de reúso em Portugal

Portugal pauta o reúso em seu território pelas normas de águas balneares vigentes na União Europeia e na própria legislação nacional. A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), órgão normativo português, estabelece na ETA (Especificação Técnica ANQIP) 0701 de 2009 que a utilização de água reutilizada só pode ser admitida “quando a água respeitar, pelo menos, as normas de qualidade de águas balneares,

nos termos da legislação nacional e das Directivas europeias aplicáveis (Decreto-Lei nº 236/98)”. As aplicações previstas na norma são apenas para uso em aparelhos sanitários, lavagem de roupas, lavagem de automóveis e pavimentos, rega de zonas verdes, redes de incêndio e uso para processos industriais.

A legislação portuguesa, portanto, assume os VMP's da Tabela 11 para sistemas de reúso em seu território.

Tabela 11: Valores de critérios e VMP's físico-químicos para reúso urbano não potável (Portugal).

Parâmetros	Expressão dos resultados	VMP's	Frequência mínima de amostragem
Coliformes totais	/100mL	500	Quinzenal
Coliformes fecais	/100mL	100	Quinzenal
Estreptococos fecais	/100mL	100	Caso a água deteriorar-se ou houver detecção prévia
Cor (UH)	-	Sem alteração	-
pH	Escala de Sorensen	6 – 9	-
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg/L	60	-

Fonte: Decreto-Lei nº 236/98(1998)

3.2.6. Padrões de reúso na Austrália

Os últimos critérios de qualidade australianos divulgados constam no

Australian Guidelines for Water Recycling, documento elaborado em 2009 por três conselhos sanitário-ambientais do país: o *Natural Resource Management Ministerial*

Council (NRMHC), o *Environment Protection and Heritage Council* (EPHC) e o *National Health and Medical Research Council* (NHMRC). No documento, há uma grande preocupação em descrever como proceder para elaborar um projeto de água de reúso, havendo

inclusive descrição das amostragens para a qualidade de água e como proceder na escolha do tratamento mais adequado. Muita atenção também é dedicada aos riscos patológicos (vírus e bactérias). A Tabela 12 apresenta os principais VMP's extraídos da análise desse guia australiano.

Tabela 12: Valores de critérios e VMP's físico-químicos para reúso urbano não potável (Austrália).

Parâmetro	Vírus e bactérias	Protozoários	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Rota-vírus (NMP /L)	<i>Cryptosporidium</i> (NMP /L)	<i>Campylobacter jejuni</i> (NMP/L)	DBO ₅ (mg/L)	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Coliformes totais (NMP/100mL)	Cl ₂ residual (mg/L)
VMP's praticados	Redução de 96%	Redução de 82%	< 10	< 1	< 1,8	< 15	10 – 20	10 – 20	< 1	0,5 – 2,0

Fonte: NRMHC, EPHC e NHMRC(2009)

3.2.7. Padrões de reúso no Japão

A média pluviométrica japonesa é alta, em torno de 1.700 mm anuais, o dobro da média mundial. Porém, a regularidade com que a água está disponível é preocupante no Japão: além de ter pouca área continental, a demanda por água é enorme devido ao grande contingente populacional. Assim, em 1980, o Japão começou a empregar práticas de reúso de água na cidade de Fukuoka, a princípio para abastecer aparelhos sanitários (Tajima et al., 2007).

Porém, até 2003, apenas 200 milhões de m³ anuais do efluente de 246 Estações de Tratamento de Esgotos eram direcionados para o reúso. Isso representa

apenas 2% dos 1,4 bilhão de m³ produzidos no país (Japan Sewage Work Association, 2005). Parte disso é explicado pela ocorrência de vários incidentes na época com a saúde de usuários de sistemas de reúso, voltando a preferência dos japoneses à água potável, patogenicamente segura (Tajima et al., 2007).

Para reverter esse quadro, o governo japonês instituiu o Comitê de Critérios de Qualidade de Águas Residuais, com o objetivo de estabelecer novo guia para incentivar o reúso de água. Isso resultou na publicação do *Guidelines for the Reuse of Treated Wastewater*. (MLIT, 2005). Os VMP's definidos nesse documento são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Critérios e VMP's físico-químicos para reúso urbano não potável (Japão).

Parâmetro	Água para vaso sanitário	VMP's praticados		
		Água para sprinklers	Água para irrigação paisagística	Água para uso recreacional
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	Ausente	Ausente	< 1000 UFC	Ausente
Aparência	Agradável	Agradável	Agradável	Agradável
Turbidez (NTU)	< 2	< 2	< 2	< 2
Cor (UH)	-	-	< 40	< 10
Odor	Agradável	Agradável	Agradável	Agradável
pH	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6
Cl ₂ residual (mg/L)	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4	0,1 – 0,4
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	Ausente	< 1000 UFC	Ausente

Fonte: Tajima et al.(2007)

3.2.8. Padrões de reúso em Israel

Israel é conhecido pelas suas pioneiras e eficazes práticas de reúso na agricultura. Isso é devido a uma combinação de fatores: escassez severa de água, corpos d'água constantemente ameaçados de contaminação e uma população urbana bastante concentrada, com altos níveis de produção de esgoto. De fato, Israel é o lugar no mundo em que mais se reutiliza água na agricultura e onde há a maior taxa de reúso per capita do planeta (MedawaterProgram, 2005). Apesar disso, não há em Israel um projeto de reúso urbano em escala municipal, embora haja grande aceitação entre os israelitas.

Pesquisas no país (Friedler et al., 2006) apontam uma proporção elevada de pessoas a favor da implantação do reúso de água urbano não potável em atividades como lavagem de calçadas (95%), uso doméstico em aparelhos sanitários (85%) e sistemas contra incêndio (96%). Por isso, acredita-se que as opções de reúso ganharão maior espaço nos próximos anos.

Dessa forma, Israel ainda não possui VMP's estabelecidos para a prática de reúso urbano não potável. Porém, há VMP's bem consolidados para o reúso de água na agricultura (conforme Tabela 14), que devem servir como base para estabelecer os próximos critérios.

Tabela 14: Valores de critérios e VMP's para reúso de água na agricultura (Israel).

Parâmetro	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	DQO (mg/L)	pH	Coliformes fecais (NMP/mL)	Cl ₂ residual (mg/L)	Turbidez (NTU)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)
VMP's	10	10	100	6,5 – 8,5	10	1	10	100

Fonte: Ministério do Ambiente de Israel *apud* Medawater Program(2005)

3.2.9. Padrões de reúso segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS)

A primeira publicação da OMS relacionada à água e à sua qualidade para consumo foi em 1958, intitulada como Padrões Internacionais para Água Potável, a qual sofreu ainda duas revisões (em 1963 e em 1971). Outro documento

foi produzido na década de 80, o *Guidelines for Drinking Water Quality*, recebendo novas diretrizes em 1993, 1996, 1997 e 2006. Porém, a publicação mais importante para as águas de reúso é a 3ª edição dessas *Guidelines*, que data de 2004 e, em 2008 foi atualizada para a sua versão mais recente. É nela que foram definidos os VMP's apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Valores de critérios e VMP's adotados para o consumo humano de água (OMS).

Parâmetro	SDT (mg/L)	Cor (uH)	Turbidez (NTU)	pH	Cl ₂ residual (mg/L)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)
VMP's praticados	< 1000	< 15	< 5,0	6,5 – 8,5	< 5,0	Ausentes	Ausentes

Fonte: OMS(2008)

3.2.10. Comparativos entre os padrões de reúso internacionais

Pasin (2013) verificou a coerência dos VMP's brasileiros (NBR 13.696/07 e Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP) relativos à *Escherichia coli*. Feito cálculo próprio desses VMP's, baseado em modelos probabilísticos para fazer a análise de risco, Pasin concluiu que os valores regulatórios brasileiros são mais

restritivos que os calculados na análise. Isso é um fato que requer atenção, dado que o estabelecimento de valores inatingíveis pode induzir a práticas descompromissadas ou desestimular o reúso não potável de águas (Tabela 16). Todos os critérios internacionais citados anteriormente foram reunidos na Tabela 17, para fins comparativos.

Tabela 16: Comparação entre os VMP's de *E. coli* obtidos por Pasin e os da NBR 13.696/07 e do Manual da ANA, FIESP e Sinduscon-SP.

Finalidade do reúso	<i>E. coli</i> (NMP/100mL) para risco de 10 ⁻³		<i>E. coli</i> (NMP/100mL) para risco de 10 ⁻⁶		NBR 13.696/07	Manual da ANA, FIESP e SindusCon-SP
	Risco alto	Risco baixo	Risco alto	Risco baixo		
Irrigação de jardim	52,5	10.500	0,05	10,5	< 500	< 200
Irrigação de áreas públicas	26,3	2.620	0,03	2,62	< 500	-
Vaso sanitário	21,6	1.080	0,02	1,08	< 500	Ausente
Máquina de lavar roupas	210	10.500	0,21	10,5	-	Ausente
Lavagem de veículos	164	32.900	0,16	0,33	< 200	Ausente
Lavagem de pisos	715	143.000	0,71	143	< 500	Ausente

Fonte: Pasin (2013)

Tabela 17: Comparativo entre os padrões, critérios e VMP's relativos ao reúso urbano não potável irrestrito e com possível contato direto.

País	Brasil (Classe 1)				EUA (2012)	Reino Unido (2010)	Alemanha (1995)	Portugal (1998)	Austrália (2009)	Japão (2005)	Israel (2005)	OMS (2008)
	NBR 13969/97	CONAMA n° 357/ 05 e CONAMA n° 430/ 11	MS n° 2914/ 2011	ANA, FIESP, Sinduscon-SP/ 2005								
Turbidez (NTU)	< 5 <2 (<5 p/ usos não nobres)	< 100	< 5	< 2	< 2	< 10	< 2	-	-	< 2	-	< 10
pH	6 a 8 6 a 8	6 a 9	6 a 9,5	6 a 9	6 a 9	5 a 9	6 a 9	6 a 9	-	5,8 a 8,6	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
DBO (mg/L)	- -	< 5	-	< 10	< 10	-	< 20	-	10 a 20	-	< 10	-
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	< 200 -	-	-	< 5	-	-	< 30	< 60	10 a 20	-	< 10	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	- -	< 500	-	< 500	-	-	-	-	-	-	-	< 1000
<i>Coliformes totais</i> (NMP/100mL)	- Ausentes	-	Ausen-tes	-	Ausen-tes	10	100	100	1	Ausen-tes	10	-
Cl ₂ residual (mg/L)	Entre 0,5 e 1,5 Entre 0,5 e 3,0	-	< 5,0	-	< 1,0	< 0,5	-	< 0,2	0,5 a 2,0	0,1 a 0,4	< 1,0	< 5,0
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	< 500	-	Ausente	Ausente	-	250	1000	-	10	Ausente	100	Ausente

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os parâmetros brasileiros encontrados são equiparáveis aos mundiais, inserindo-se bem entre a média de tais padrões internacionais. Nota-se que, mesmo havendo indefinições quanto a alguns parâmetros (não contemplados nos documentos analisados), já há certo embasamento para a implantação de sistemas de reúso. Pelos resultados atingidos na redução no consumo de água no edifício projetado (26,5%), ratifica-se o valor dessa implantação, ainda pouco difundida na sociedade brasileira, sobretudo junto ao uso simultâneo de aparelhos poupadores.

Como recomendação, menciona-se a necessidade de verificar tais VMP's e checar se não são restritivos ou rigorosos demais. Tornar real a prática de reúso no Brasil envolve mais que prever sua existência em manuais técnicos, é preciso haver envolvimento entre ciência, tecnologia e a realidade brasileira. E essa realidade, apesar da abundância aparente, é carente sim de recursos hídricos e clama por ações concretas, principalmente nos grandes centros urbanos.

5. AGRADECIMENTOS

São prestados agradecimentos à minha família, em especial a meus pais, Luiz Eduardo e Lorena Bezerra, cujo apoio inabalável é a razão de tudo. A Samantha Shara, minha namorada, companheira diária, de perto ou de longe. Ao orientador, Prof. Dr. Marcelo De Julio, por suas observações e sugestões de como encaminhar os passos desta pesquisa. Por fim, ao CNPq, cujo suporte financeiro permitiu o desenvolvimento desta pesquisa e o acesso à bibliografia utilizada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP), SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). *Conservação e Reúso da Água em Edificações*. São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 13969/97. Tanques Sépticos: Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes*

- Líquidos, item 5.6, Reúso Local*. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527/07: Água de Chuva: Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins Não Potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA A QUALIDADE NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS (ANQIP). **ETA 0701: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)**. Lisboa, Portugal, 2009.
- AYIBOTELE, N. B. **The World's Water: Assessing the Resource**. Dublin, Irlanda, 1992. 165 p.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE (BSI). **BS 8515: Rainwater Harvesting Systems – Code of Practice**. Londres, Reino Unido, 2010.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE (BSI). **BS 8525: Greywater Systems – Code of Practice**. Londres, Reino Unido, 2010.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357 de 03/2005**. Brasília, 2005.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 430 de 05/2011**. Brasília, 2011.
- COSTA, R. P. Água: matéria-prima primordial à vida. In: TELLES, D. D.; COSTA, R. P. (coord.). **Reúso de água: conceitos, teorias e práticas**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, pp. 1 – 11, 2010.
- COSTA, R. P. Reúso In: TELLES, D. D.; COSTA, R. P. (coord.). **Reúso de água: conceitos, teorias e práticas**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, pp. 153 – 207, 2010.
- CORSON, H.W. **Manual Global de Ecologia: o Que Você Pode Fazer a Respeito da Crise do Meio Ambiente**. São Paulo: Augustus, 1993. 413 p.
- ENVIRONMENTAL AGENCY. **Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide**. Bristol, Reino Unido, 2011.
- ENVIRONMENTAL AGENCY. **Greywater for domestic uses: an information guide**. Bristol, Reino Unido, 2011.
- FRANCI, R (Coord.). **Uso Racional de Água em Edificações**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.
- FRANCI, R.; CASSINI, S. T. **Water Quality and Greywater Reuse**. Vitória, 2006. Disponível em: http://www.hmw-berlin.de/fileadmin/i41_hmw/20_S.Tulio_-_Apres_HMW3_-

- [Servio Tulio.pdf](#). Acesso em 05 de agosto de 2013.
- FRIEDLER, E.; LAHAV, O.; JIZHAKI, H.; LAHAV, T. Study of urban population attitudes towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. *Journal of Environmental Management*. Haifa, Israel, n. 81, pp. 360 – 370, 2006.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *O Brasil em Números*. Rio de Janeiro, 1996.
- JAPAN SEWAGE WORKS ASSOCIATION (JSWA). *Statistics on Sewage Works, fiscal 2003 edition*. Tóquio, Japão, 2005.
- MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H.F. (Eds.). *Reúso de Água*. São Paulo, 2003.
- MEDAWARE PROGRAM. *Development of Tools and Guidelines for the Promotion of the Sustainable Urban Wastewater Treatment and Reuse in the Agricultural Production in the Mediterranean Countries*. Atenas, Grécia, 2005.
- METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4ª ed. Nova York, EUA: McGraw-Hill Professional, 2003. 1819 p.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE DE PORTUGAL. *Decreto-Lei nº 236/98 de 01/08*. Lisboa, Portugal, 1998.
- MINISTRY OF LAND, INFRASTRUCTURE AND TRANSPORT (MLIT). *Guidelines for the Reuse of Treated Wastewater*. Tóquio, Japão, 2005.
- NOLDE, E. Greywater recycling systems in Germany – results, experiences and guidelines. *Water, Science & Technology*. Berlim, Alemanha, v. 51 n. 10, pp. 203 – 210, 2005.
- NATURAL RESOURCE MANAGEMENT MINISTERIAL COUNCIL (NRMCM), ENVIRONMENT PROTECTION AND HERITAGE COUNCIL (EPCH), NATIONAL HEALTH AND MEDICAL RESEARCH COUNCIL (NHMRC). *Australian Guidelines for Water Recycling: Managing Health and Environmental Risks (Stormwater Harvesting and Reuse)*. Camberra, Austrália, 2009.
- Pasin, D. 2013. *Avaliação Quantitativa de Riscos Microbiológicos Associados a E. coli em Águas Cinza*. 2013. 61 f. **Tese (Mestrado em Saneamento)** – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2013.

REBOUÇAS, A.C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI J. (Org). ***Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação.*** 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 1999. 717 p.

SILVEIRA, B. Q. *Reúso da água pluvial em edificações residenciais.* **Monografia** – 44 f. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.

TAJIMA, A; YOSHIZAWA, M.; SAKURAI, K.; MINAMIYAMA, M. ***Establishment of Guidelines for the Reuse of Treated Wastewater.*** Okinawa, Japão, 2007.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). ***Guidelines for Water Reuse.*** Washington, EUA, 2012.

VON SPERLING, M. ***Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto.*** 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). ***Guidelines for Drinking Water.*** Genebra, Suíça. 2008.