

II-487 - REÚSO DE ÁGUA PARA FINS URBANOS NÃO POTÁVEIS: REGULAÇÃO NACIONAL E INTERNACIONAL, E CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA.

Amanda Teixeira de Rezende⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Renata de Oliveira Pereira⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Civil pela UFV. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (ESA) da UFJF - ESA/UFJF.

Ana Silvia Pereira Santos⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Doutora em Engenharia Civil pela UFRJ. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - DESMA/UERJ.

Jonathas Batista Gonçalves Silva⁽⁴⁾

Engenheiro Agrícola e Ambiental pela UFV. Mestre em Engenharia Agrícola pela UFV. Doutor em Engenharia Agrícola pela UFV. Professor Adjunto do Departamento ESA/UFJF.

Endereço⁽¹⁾: Rua Dona Ana Salles, 144 - Benfica – Juiz de Fora - MG - CEP: 3090-580 - Brasil - Tel: +55 (32) 99817-9611 - e-mail: amanda.tr@gmail.com

RESUMO

O crescimento populacional e as consequentes mudanças no uso e ocupação do solo, associados à fenômenos climáticos, tem exacerbado os desafios do abastecimento de água pelo mundo, principalmente nos grandes centros urbanos. O reúso da água tem se tornado mais importante e, cada vez mais, os efluentes de estações de tratamento de esgotos vêm se destacando como uma fonte alternativa de água para fins que não necessitam de água potável. No entanto, a falta de regulamentação nacional sobre o assunto pode trazer consequências indesejáveis como riscos à saúde pública e ao meio ambiente, o uso de práticas inadequadas, conflitos de competências e de interesses, levando ao descrédito da prática do reúso. Este trabalho faz um levantamento das legislações e normas sobre reúso urbano no Brasil e no mundo, e propõe critérios de qualidade de água de reúso urbano para usos irrestritos e restritos, com base em padrões já consolidados internacionalmente e em recomendações na literatura.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de água, Reúso urbano, Reúso não potável, Critérios para reúso de água.

INTRODUÇÃO

O reúso de água não é um conceito recente, existem relatos de sua prática desde a Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação (CETESB, 2015). Já é praticado amplamente para diversas finalidades em países como Estados Unidos, Austrália, Chipre, Israel, Japão, México entre outros.

O crescimento populacional e as consequentes mudanças no uso e ocupação do solo, associados à fenômenos climáticos tem exacerbado os desafios do abastecimento de água pelo mundo. Cada vez mais os efluentes de estações de tratamento de esgotos vêm sendo considerados como uma fonte alternativa de água, em vez de simplesmente algo a ser descartado. Neste contexto, o reúso da água tem se tornado mais importante em diversos países que sofrem com secas, disponibilidade de água doce em quantidade e qualidade, e ainda elevadas demandas nos grandes centros urbanos.

A tendência é que a prática do reúso aumente a medida que a população mundial continue se urbanizando e se concentrando onde fontes de água potável são limitadas ou demande alto investimento para captação (USEPA, 2012).

Este contexto mostra o quanto os grandes centros urbanos são vulneráveis em relação à escassez hídrica. Dessa forma, a utilização de águas de qualidade inferior para fins que não necessitam de água potável, pode

contribuir significativamente para aliviar as pressões sobre os já escassos mananciais de água doce, melhorando assim a gestão dos recursos hídricos.

O Brasil ainda não dispõe de normatização técnica específica para os sistemas de reúso da água, em geral são adotados padrões referenciais internacionais ou orientações técnicas produzidas por instituições privadas. Este é um fator que tem dificultado a aplicação desta prática no país, pois a falta de legislação e normatização específica dificulta o trabalho dos profissionais e pode colocar em risco a saúde da população devido à falta de orientação técnica para a implantação dos sistemas de reúso das águas servidas e a respectiva fiscalização de tais sistemas.

OBJETIVO

Objetivou-se com este trabalho fazer um estudo a respeito de critérios nacionais e internacionais de qualidade da água de reúso urbano para fins não potáveis e propor critérios a serem praticados no Brasil.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de legislações, normas e orientações sobre reúso de água para fins urbanos não potável disponíveis na literatura. Foram abordados os critérios definidos nos Estados Unidos, Austrália, México, Espanha, Portugal, Grécia, Chipre, Israel, Arábia Saudita, Japão, Organização Mundial de Saúde (OMS) e Região do Mediterrâneo. No Brasil, estudou-se as recomendações da NBR 13969/1997, da cidade de Niterói, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP), Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - PROSAB, proposta de Resolução Conjunta das Secretarias de Estado da Saúde (SES), de Meio Ambiente (SMA) e de Saneamento e Recursos Hídricos (SSRH) de São Paulo e critérios praticados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP).

O trabalho foi realizado nas seguintes etapas:

- i) Levantamento das legislações nacionais que abordam o tema 'reúso de água'.
- ii) Levantamento de critérios de qualidade da água de reúso para fins urbanos não potável adotados ou sugeridos no Brasil e demais países.
- iii) Elaboração de tabelas agrupando os critérios de qualidade da água de reúso de acordo com os níveis de exposição semelhante: acesso irrestrito, acesso restrito e uso em residências.
- iv) Comparação entre os critérios estabelecidos no Brasil e em outros países de acordo com as categorias de uso.
- v) Sugestão de critérios de qualidade para água de reúso urbano levando em consideração os principais usos pretendidos, os critérios já praticados mundialmente, os riscos à saúde pública e ao meio ambiente, as legislações vigentes no país e recomendações na literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

REGULAÇÃO INTERNACIONAL

Embora no Brasil o reúso da água seja uma prática relativamente recente, no exterior já vem sendo praticado desde o início do século XIX (CUNHA, 2008). Inicialmente o reúso agrícola era predominante, no entanto com a expansão dos grandes centros e o aumento da escassez hídrica, o reúso urbano vem recebendo cada vez mais atenção, se tornando comum em diversos países como Israel, Tunísia, Chipre, Jordânia, Arábia Saudita, México, entre outros (CUNHA, 2008).

As publicações da Agência Americana de Proteção Ambiental (USEPA) e da Organização Mundial de Saúde (OMS) são frequentemente utilizadas como referência na elaboração de implantação de sistemas de reúso.

Nos Estados Unidos da América cada estado possui seus próprios regulamentos, e publicam padrões para a qualidade das águas de reúso em suas diversas modalidades e os mínimos tratamentos específicos requeridos necessários à sua utilização. A USEPA compila estes padrões e propõe valores gerais a serem adotados como referência. Sua mais recente publicação é intitulada "Guidelines for Water Reuse" de 2012 (Orientações para o

reúso de água). A USEPA adota a classificação de reúso urbano para áreas restritas (onde o acesso ao público é controlado) e irrestritas (onde o acesso é livre).

De forma semelhante à USEPA, o Departamento de Saúde da Austrália Ocidental (Department of Health of Western Australia - DHWA) também sugere critérios de qualidade para água de reúso na publicação intitulada “Guidelines for the Non-potable Uses of Recycled Water in Western Australia” de 2011 (Orientações para usos não potáveis de água reciclada na Austrália Ocidental). Na Austrália os usos urbanos são subdivididos em 3 categorias, a seguir (DHWA, 2011):

- Uso 1: Uso interno em habitações multi-familiares, e irrigação de superfícies externas, irrigação urbana em local com acesso irrestrito, descarga de vasos sanitários e máquinas de lavar.
- Uso 2: Irrigação urbana em local com alguma restrição de acesso, combate à incêndios, chafarizes e espelhos d’água, usos industriais com potencial exposição humana e controle de poeira.
- Uso 3: Irrigação urbana com total restrição ao acesso, irrigação sub-superficial e irrigação de agricultura não consumível.

As diretrizes da OMS, predominantemente voltadas para a agricultura, pouco se dedicam aos usos urbanos, referindo-se apenas à irrigação de parques e jardins, para os quais sugerem um padrão para coliformes termotolerantes de < 200 NMP/100mL e ovos de helmintos < 1 ovo/L (WHO, 1989).

A Comunidade Europeia ainda não possui regulação específica sobre reúso de água, no entanto, o tópico vem sendo tratado como prioridade pela Comissão Europeia. Nos últimos anos uma série de relatórios foram produzidos, com o objetivo de fornecer suporte às discussões e elaboração de uma política sobre reúso de água na Comunidade Europeia como um todo.

Apesar da falta de regulação, vários países europeus estabeleceram legislação e orientações próprias para a prática segura de reúso de água, como por exemplo: Espanha, Grécia, Chipre e Portugal. Adicionalmente, o United Nations Environmental Programme (UNEP) publicou, em 2005, um documento intitulado “Guidelines For Municipal Water Reuse In the Mediterranean Region” onde sugere critérios de qualidade da água de reúso para diversas aplicações, incluindo fins urbanos não potáveis com acesso irrestrito e restrito.

REGULAÇÃO NACIONAL

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) N°. 54, de 28 de novembro de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso de água, e dá outras providências, em seu Artigo 3º define reúso para fins urbanos como “utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana”. A Resolução também delega aos órgãos competentes a responsabilidade de estabelecer as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através NBR 13969/1997 classifica as águas de reúso segundo seus usos preponderantes e ainda estabelece alguns critérios de qualidade da água para reúso de acordo com seus usos pretendidos. As classes são:

- 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: Lavagem de pisos, calçadas e irrigação dos jardins;
- Classe 4: Manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.

Nos âmbitos Estadual e Municipal, o Estado de São Paulo e a cidade de Curitiba – PR foram pioneiros na abordagem do reúso de água como uma fonte de água alternativa e um importante instrumento na gestão e conservação dos recursos hídricos.

Em 18 de setembro de 2003, Curitiba promulgou criou a lei nº 10.785, que instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Esta lei tem como objetivo instituir medidas que induza à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, e também a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

Pouco depois, o Estado de São Paulo publicou o Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003, que instituiu medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no estado. Nesse ano, a Região Metropolitana de São Paulo foi atingida por uma grande estiagem, com índices pluviométricos abaixo das médias históricas dos últimos 70 anos, tal fato levou o governo a tomar medidas como proibir o uso de água potável para a limpeza das ruas, praças, calçadas, pisos frios e áreas de lazer, sendo as águas de reúso e de chuvas as alternativas propostas.

Após a iniciativa do Estado de São Paulo e de Curitiba, outros estados e municípios seguiram o exemplo e criaram legislações para regular a prática do reúso como mostrado na Figura 1.

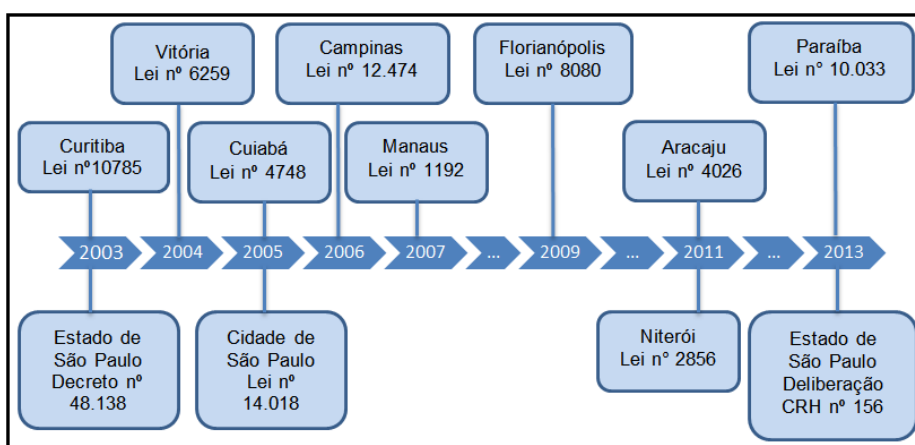


Figura 1: Legislações estaduais e municipais referentes à reúso urbano no Brasil.

A grande maioria das legislações citadas instituiu a prática do reúso de água, porém não define critérios de qualidade da água a serem respeitados, deixando esta responsabilidade para outros órgãos ou sugerindo a NBR 13969:1997; somente Niterói, através da Lei nº 2856/2011 propõe os próprios critérios de qualidade baseados na NBR 13969/1997.

A Secretaria de Estado de Saúde (SES) em conjunto com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SMA) e a Secretaria Estadual de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento (SERHS) do Estado de São Paulo, criaram um grupo de trabalho para a elaboração de uma proposta de resolução conjunta para disciplinar o reúso para fins urbanos de água proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários em âmbito estadual, no entanto o trabalho foi paralisado em 2009.

Os estudos para a proposta de uma nova resolução conjunta entre a SES, SMA e Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos (SSRH) de São Paulo, foram reiniciados em 2010 e uma minuta de resolução passou por consulta pública de março a maio de 2013. Após alterações, a versão final da minuta de resolução foi aprovada na reunião plenária de 15 de agosto de 2013, porém ainda não está em vigor.

Os critérios de qualidade da água de reúso propostos na referida minuta de resolução foram baseados nos critérios adotados por órgãos internacionais como a Organização Mundial de Saúde (OMS), a USEPA e a normas legais vigentes no Brasil. Esta Resolução divide as águas de reúso em duas classes: (A) águas destinadas a irrigação paisagística; (B) águas destinadas a lavagem de logradouros, espaços públicos, construção civil e desobstrução de galerias de água pluvial, rede de esgotos e lavagem de veículos.

Algumas instituições e grupos de pesquisa propõem alguns critérios de qualidade de água para reúso urbano, como o Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo – SINDUSCON-SP (2005) em sua publicação intitulada “Conservação e Reúso da Água em Edificações”. Assim como a NBR 13969/97, as águas de reúso são classificadas segundo seus usos preponderantes:

- Classe 1: Descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos e fins ornamentais (chafarizes, espelhos de água etc.), lavagem de roupas, lavagem de veículos.
- Classe 2: Usos associados a construção civil (lavagem de agregados, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira).
- Classe 3: Irrigação superficial de áreas verdes e rega de jardim.
- Classe 4: Resfriamento de equipamentos de ar-condicionado.

De forma semelhante, o Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, através da publicação chamada “Reúso das Águas de Esgoto Sanitário, Inclusive Desenvolvimento de Tecnologias de Tratamento Para Este Fim” de 2006, propõe diretrizes para reúso urbano de esgotos sanitários. A modalidade é dividida em 3 categorias:

- Usos irrestritos: irrigação (campos de esportes, parques, jardins e cemitérios, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e outros usos com exposição similar.
- Usos restritos: irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais e usos na construção.
- Usos prediais: descarga de toaletes;

A Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP) produz águas de reúso desde 1998, tanto para indústrias quanto para os municípios, para usos não potáveis, como por exemplo, rega de ruas sem calçamento, jateamento do lodo e outros detritos acumulados nas ruas após fortes chuvas, lavagem de ruas após feiras livres, desobstrução de redes coletora de esgoto e galerias de águas pluviais. Na ausência de normatização a companhia desenvolveu seus próprios critérios baseada em práticas internacionais, e ainda mantém o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológico periodicamente (SEMURA *et al.*, 2005; FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006).

CRITÉRIOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO PARA FINS URBANOS NÃO POTÁVEL

As diretrizes da OMS e da USEPA são as grandes norteadoras para a determinação dos critérios de qualidade da água de reúso nos demais países onde tal prática é difundida. No entanto, existem algumas divergências a respeito do quão restritivo esses critérios devem ser de acordo com os usos pretendidos. As Tabelas 1, 2 e 3 relacionam esses critérios de acordo com usos de exposição semelhantes baseados no PROSAB (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006), sendo estes:

- i. Irrestrito: irrigação (campos de esportes, parques, jardins e cemitérios, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso irrestrito ao público, limpeza de ruas e pavimentos, descarga de toaletes (algumas regulações consideram este uso como uma categoria a parte), e outros usos com exposição similar,
- ii. Restrito: irrigação (parques, canteiros de rodovias, etc.) e usos ornamentais e paisagísticos em áreas com acesso controlado ou restrito ao público, abatimento de poeira em estradas vicinais e usos na construção, desobstrução de galerias de água pluvial e combate à incêndios.
- iii. Residencial: principalmente descarga de toaletes.

Embora a grande maioria dos parâmetros contemplados para cada uso apresentem valores próximos ou da mesma ordem de grandeza, observa-se que alguns deles variam consideravelmente. Isto pode ocorrer principalmente devido às diferentes características locais de efluentes e demanda, e às tecnologias de tratamento disponíveis.

Tabela 1: Critérios de qualidade da água de reúso em locais com acesso irrestrito.

Parâmetros	DBO (mg/L)	SST (mg/L)	CTer (NMP/100mL)	Turb. (UT)	pH	Ovos helm. /L	Óleos graxas (mg/L)	Cloro Res. (mg/L)	Cor (uC)
Internacionais									
Espanha ¹	Irrestrito		≤ 20	≤ 200	≤ 10				
Portugal ²	Contato direto	≤ 20	≤ 20	≤ 240	≤ 1		< 15		
México ³	Irrestrito	≤ 10	≤ 20 ¹²	ND	≤ 2	6,0 – 9,0		> 0,1/ 0,3 ¹¹	
Japão ⁴	Recreativo			ND	≤ 2			> 0,1/ 0,4 ¹¹	≤ 10
Grécia ⁵	Irrestrito		≤ 20	≤ 100	≤ 1				
Chipre ⁶	Irrestrito	≤ 15	≤ 15	≤ 100			AU		
Israel ⁷	Irrestrito	≤ 15	≤ 10	≤ 12/ 2,2 ¹⁰					
Arábia Saudita ⁸	Irrestrito	≤ 10	≤ 10	≤ 2,2		6 – 8,4	≤ 1		
Região Mediterrânea ⁹	Irrestrito		≤ 10	≤ 200			< 0,1		
Austrália	Uso 2	≤ 20	≤ 30	≤ 10	< 5	6,5 – 8,5		0,2 – 2,0	
Estados Unidos	Irrestrito	≤ 10	-	ND	≤ 2	6,0 – 9,0		≥ 1,0	
OMS				≤ 200			≤ 1		
Nacionais									
NBR 13969	Classe 1			< 200	< 5	6,0 – 9,0		0,5 – 1,5	-
Sinduscon-SP	Classe 3	< 20	< 20	< 200	< 5	6,0 – 9,0		≤ 1,0	< 30
PROSAB	Irrestritos			≤ 200			≤ 1		
SES/SMA/SSRH	Classe A/B	≤ 30	≤ 30	≤ 200	≤ 5		≤ 1	0,5 – 1	
SABESP		< 25	< 35	< 200	< 20	6,0 – 9,0	VA	2,0 – 10	
Niterói				AU	< 5	6,0 – 9,0		0,5 – 2,0	≤ 15
1. Real Decreto 1620/2007. 2. Monte e Albuquerque (2010) 3. Normas Oficiais do México NOM-003-SEMARNAT-1997. 4. Tajima <i>et al.</i> (2007). 5. Brissaud (2006). 6. Papaicovou <i>et al.</i> (2012).					7. Citado em USEPA (1992) apud Tosetto (2005). 8. Al-Hajri (2009). 9. UNEP (2005) 10. Em 80% das amostras / em 50% das amostras. 11. Livre / combinado 12. Somente para rega de áreas verdes				
DBO: demanda bioquímica de oxigênio NMP: número mais provável SST: sólidos suspensos totais					CTer: coliformes termotolerantes VA: visualmente ausentes AU: ausentes				

Dentre os 12 critérios internacionais abordados as maiores variações são a respeito da concentração de coliformes termotolerantes (CTer), onde podem ser observados 2 grupos principais, um de critérios mais rigorosos, e outro menos rigorosos. Para reúso irrestrito, metade dos valores (6 normas – n) variam de ‘não detectáveis’ a ≤ 12 NMP/100 mL, já a outra metade adota valores ≤ 240 NMP/100 mL. No caso de reúso restrito tem-se um grupo que adotam valores ≤ 250 NMP/100 mL (4), outro ≤ 10⁴ NMP/100 mL (2), e ainda um grupo intermediário mais representativo (6), que recomenda ≤ 1000 NMP/100 mL.

Tabela 2: Critérios de qualidade da água de reúso em locais com acesso restrito.

Parâmetros		DBO (mg/L)	SST (mg/L)	CTer (NMP/100mL)	Turb. (UT)	pH	Ovos helm. /L	Óleos graxas (mg/L)	Cloro Res. (mg/L)	Cor (uC)
Internacionais										
Espanha ¹	Restrito		≤ 35	≤ 1x10 ⁴						
Portugal ²	Restrito	≤ 45	≤ 45	≤ 100	≤ 2	6,0 – 9,0			> 0,1/ 1,0 ¹⁰	
México ³	Contato indireto	≤ 30	≤ 30	≤ 1000	≤ 5			≤ 15		
Japão ⁴	Paisagístico			≤ 1000	≤ 2					≤ 40
Grécia ⁵	Restrito			≤ 1x10 ⁴						
Chipre ⁶	Restrito	≤ 30	≤ 45	≤ 1000			AU			
Israel ⁷	Restrito	≤ 35	≤ 20	≤ 250						
Arábia Saudita ⁸	Restrito	≤ 40	≤ 40	≤ 1000			ND			
Região Mediterrânea ⁹	Restrito		≤ 20 ≤ 150 ¹¹	≤ 1000			< 0,1			
Austrália	Uso 3	≤ 20	≤ 30	≤ 1000	-	6,5 – 8,5			0,2 - 2,0	
Estados Unidos	Restrito	≤ 30	≤ 30	≤ 200	-	6,0 – 9,0			≥ 1,0	
OMS				≤ 200			< 1			
Nacionais										
NBR 13969	Classe 2			< 500	< 5	-		-	> 0,5	
Sinduscon-SP	Classe 2	≤ 30	≤ 30	≤ 1000	-	6,0 – 9,0		≤ 1		
PROSAB	Restritos			≤ 1x10 ⁴			≤ 1			
1. Real Decreto 1620/2007. 2. Monte e Albuquerque (2010) 3. Normas Oficiais do México NOM-003-SEMARNAT-1997. 4. Tajima <i>et al.</i> (2007). 5. Brissaud (2006).					6. Papaiacovou <i>et al.</i> (2012). 7. Citado em USEPA (1992) apud Tosetto (2005). 8. Al-Hajri (2009). 9. UNEP (2005) 10. Livre/combinado 11. Efluentes de lagoas de estabilização					
DBO: demanda bioquímica de oxigênio SST: sólidos suspensos totais					CTer: coliformes termotolerantes NMP: número mais provável					

No que diz respeito aos valores limites de CTer propostos nacionalmente, para reúso irrestrito todos recomendam concentrações ≤200 NMP/100 mL, com exceção de Niterói que determina a ausência destes microrganismos; já dentre os critérios que abrangem atividades comparáveis à de acesso restrito verifica-se uma falta de consenso entre eles, visto que todos os 3 dados adotam valores bastante distintos: ≤ 500, ≤ 1000 e ≤ 10⁴ NMP/100 mL. O mesmo ocorre para reúso residencial, onde os 3 valores propostos são: ND, ≤ 500, ≤1000 NMP/100 mL.

É possível constatar que os critérios nacionais são menos restritivos que os internacionais, principalmente no que diz respeito às concentrações de DBO, SST, turbidez e CTer, este último ainda apresenta divergências consideráveis na ordem de grandeza das concentrações limites para reúso em residências: os critérios internacionais recomendam valores ≤ 10 NMP/100mL, enquanto os nacionais admitem concentrações de até 1000 NMP/100mL.

Verificou-se, tanto internacional quanto nacionalmente, que parâmetros como nutrientes e sais, importantes para o controle da eutrofização e da qualidade do solo, não são considerados, com exceção dos critérios propostos pelo Sinduscon-SP (2005), que propõe limites de nutrientes para fins ornamentais e paisagísticos, e

de compostos nocivos ao solo e às plantas para irrigação paisagística. Também não são considerados micropoluentes que potencialmente poderiam contaminar o solo e as águas, causar resistência a microrganismos ou mesmo afetar o desenvolvimento da fauna e flora.

Apesar da grande divergência quanto aos valores adotados para os diversos parâmetros, observa-se que alguns apresentam um consenso como, por exemplo, para as três categorias de usos grande parte dos valores recomendados de turbidez são < 2 UT, concentrações de cloro residual < 2,0 mg/L, pH de 6 a 9. Parâmetros como cor e concentração de óleos e graxas apresentam pouco significado sanitário, tendo mais valor estético, influenciando na aceitação da água pela população.

Tabela 3: Critérios de qualidade da água de reúso em residências.

Parâmetros		DBO (mg/L)	SST (mg/L)	CTer (NMP/ 100mL)	Turb. (UT)	pH	Ovos helm. /L	Óleos graxas (mg/L)	Cloro Res. (mg/L)	Cor (uC)
Internacionais										
Espanha	Residencial		≤ 10	AU	< 2		≤ 0,1			
Portugal	Descarga Sanitárias	< 5		< 10	2	5,8 – 8,6			0,1 – 0,5	60
Japão	Residencial			ND	< 2	5,8 – 8,6		0,1/0,4		
Grécia	Residencial		≤ 10	≤ 10	< 2		≤ 0,1			
Austrália	Uso 1	≤ 10	≤ 10	1	< 2	6,5 – 8,5		0,2 - 2,0		
Região Mediterrânea	Residencial		≤ 10	≤ 200			≤ 0,1			
Nacionais										
NBR 13969	Classe 3			< 500	< 10	-		-	-	-
Sinduscon-SP	Classe 1	≤ 10	≤ 5	ND	< 2	6,0 – 9,0		-	≤ 1	≤ 10
PROSAB	Descargas sanitárias			≤ 1000			≤ 1			
DBO: demanda bioquímica de oxigênio SST: sólidos suspensos totais CTer: coliformes termotolerantes				NMP: número mais provável AU: ausentes						

PROPOSTA DE PARÂMETROS E CRITÉRIOS DE QUALIDADE PARA ÁGUA DE REÚSO

Para a sugestão de critérios de qualidade da água de reúso adotou-se a classificação PROSAB (FLORENCIO, BASTOS E AISSE, 2006), porém considerou-se o uso residencial como parte do uso irrestrito.

A escolha dos parâmetros de qualidade da água a serem considerados neste trabalho, baseou-se nas exigências de qualidade para cada uso e nos parâmetros mais relevantes adotados nacional e internacionalmente.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (CTer) E OVOS DE HELMINTOS

Há grande discussão a respeito da concentração de coliformes termotolerantes em águas de reúso utilizadas em descarga sanitária. O SINDUSCON-SP (2005) assim como a USEPA (2012) consideram que estes devem ser não detectáveis, enquanto que a NBR 13969 admite até 500 NMP/100mL. Entretanto, estudos de Gonçalves (2006) verificou que concentração de CTer em bacias sanitárias que utilizam água potável, está entre $1,55 \times 10^2$ e $1,20 \times 10^5$ NMP/100mL, o que levanta o questionamento se os padrões adotados são demasiadamente restritivos ou não.

De acordo com as Resolução CONAMA 357/2005 as águas Classe 1 podem ser utilizadas para recreação de contato primário e irrigação de hortaliças e frutas que são consumidas cruas ou sem remoção de película, admitindo concentrações de coliformes termotolerantes (CTer) ≤ 200 NMP/100mL; as águas Classe 2, CTer ≤ 1000 NMP/100mL, podem ser utilizadas para recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e parques e jardins com os quais o público possa vir a ter contato direto. A respeito da recreação de contato primário, a Resolução CONAMA 274/2000 (padrão de balneabilidade) estabelece que as águas podem apresentar 3 níveis de qualidade: (i) excelente - CTer ≤ 250 NMP/100mL; (ii) muito boa - CTer ≤ 500 NMP/100mL; (iii) satisfatória - CTer ≤ 1000 NMP/100mL.

Considerando que, dentre os padrões internacionais praticados, quase todos os países adotam valores menores que 200 NMP/100mL é razoável sugerir que a concentração de coliformes termotolerantes em águas de reúso irrestrito seja de até 200 NMP/100mL, uma vez que a própria legislação nacional admite águas com esta concentração como apropriadas ao contato primário.

No caso de reúso restrito, assume-se que o contato com água seja ocasional ou de forma indireta. Visando a segurança de trabalhadores e outras pessoas que possam vir a ter contato direto com a água de reúso, e considerando que Resolução CONAMA 357 admite contato primário com águas classe 2 e ainda que Resolução CONAMA 274 classifica como satisfatórias águas com CTer ≤ 1000 NMP/100mL, sugere-se que este deva ser o limite pra águas de reúso restrito.

Os ovos de helmintos possuem dose infectante muito baixa (1 a 10 ovos) (METCALF E EDDY, 2003), desta forma para assegurar a segurança da população e dos trabalhadores, que possam vir a ter contato direto com a água de reúso, e que a aplicação da água de reúso não objetiva irrigação de culturas alimentícias, sugere-se o valor recomendado pela OMS (WHO, 1989) de < 1 ovo/L somente para reúso irrestrito.

SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS E TURBIDEZ

Os sólidos em suspensão totais e a turbidez são variáveis importantes, pois interferem nos processos de desinfecção, podem causar objeção à água de reúso além de problemas na irrigação por aspersão. Os valores praticados atualmente para SST variam de ≤ 10 mg/L a ≤ 35 mg/L para reúso irrestrito, de ≤ 20 mg/L a ≤ 45 mg/L para reúso restrito e ≤ 10 mg/L para residencial.

Associando as concentrações de CTer adotadas como critério de qualidade neste trabalho, com as concentrações mais adotadas mostradas nas Tabelas 1 e 2, sugerem-se limites de ≤ 20 mg/L e ≤ 30 mg/L para reúso irrestrito e restrito, respectivamente.

Os sólidos em suspensão são os constituintes responsáveis pela turbidez na água, logo são diretamente proporcionais. Observando as Tabelas 1 e 2, verifica-se que na sua grande maioria, os limites para SST de ≤ 20 mg/L e ≤ 30 mg/L, estão associados a valores de turbidez de ≤ 2 UNT e ≤ 5 UNT, respectivamente. Desta forma, sugere-se que o limite adotado para usos irrestritos seja de ≤ 2 UNT, e de ≤ 5 UNT para usos restritos.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Nos critérios estudados a variação do parâmetro DBO foi de ≤ 10 a ≤ 30 mg/L (usos irrestritos) e de ≤ 20 a ≤ 40 mg/L (usos restritos). Sendo os valores mais adotados para usos irrestritos e residenciais ≤ 10 mg/L, e para usos restritos ≤ 30 mg/L.

Vale ressaltar que os valores de DBO podem variar de acordo com a fonte da água e da eficiência do tratamento empregado; que segundo Jordão e Pessôa (2011) os tratamentos secundários objetivam atingir uma faixa de 20 a 30 mg/L; e que de acordo com Florencio, Bastos e Aisse (2006), os sistemas de tratamento terciário de esgotos mais eficientes apresentam efluentes com DBO menores que 10 mg/L. Com base no exposto, sugere-se que o limite adotado para usos irrestritos seja de ≤ 10 mg/L, e de ≤ 30 mg/L para usos restritos.

CLORO RESIDUAL TOTAL (CRT)

Para a determinação do limite de cloro residual, a formação de subprodutos da cloração como os trihametanos (THM), como por exemplo o clorofórmio, deve ser considerada. A Resolução CONAMA 430/2011 determina um limite de lançamento de efluentes em corpos receptores para clorofórmio de 1,0 mg/L, enquanto que a Portaria MS 2914/2011 determina que o valor máximo permitido seja de 0,1 mg/L.

Um estudo de Pianowski e Janissek (2003) sobre a formação de THM após a cloração de efluentes secundários com tempo de contato de 21h, mostra que para CRT de 6,0 mg/L a concentração de cloroformio ultrapassa os limites estabelecidos pela legislação.

Ainda, levando em consideração que: (i) ambos os tipos de reúso envolvem irrigação de áreas verdes; (ii) que concentrações de CRT de 0,5 mg/L causam danos somente à culturas mais sensíveis, enquanto que concentrações de 5 mg/L, apesar de inativar grande parte dos vírus, causam danos a maioria das plantas (JORDÃO E PESSÔA, 2011);(iii) e que os limites mais praticados encontrados na literatura são < 2,0 mg/L. Sugere-se que o teor de cloro residual total para todos os tipos de reúso urbano seja de 0,5 a 2,0 mg/L.

COR

Na literatura estudada tem-se valores variando de ≤ 10 uC a < 30 uC para reúso irrestrito, ≤ 10 uC para reúso residencial e ≤ 40 uC para usos restritos. Considerando que Von Sperling (2005) afirma que colorações acima de 15 uC já podem ser identificadas pelo usuário, e que a Portaria MS 2914/2011 estabelece que para a água potável o valor máximo permitido é de 15 uC, sugere-se que este seja o limite adotado para o reúso e locais com acesso irrestrito.

No caso do reúso restrito, a aceitação do público não é um fator muito relevante, exceto para usos ornamentais, além disso, a cor está relacionada com a presença de sólidos orgânicos dissolvidos, que podem originar subprodutos carcinogênicos após a cloração, logo, considerando o limite adotado pelo Japão, onde o reúso já é uma prática consolidada, para usos paisagísticos de ≤ 40 uC, sugere-se o mesmo valor.

ODOR

O odor na água está associado à matéria orgânica em decomposição, microrganismos e gases dissolvidos. O consumidor tende a rejeitar águas com odores fortes e/ou desagradáveis, desta forma faz-se necessário que a água de reúso para qualquer aplicação apresente odor não ofensivo.

ÓLEOS E GRAXAS

Óleos e graxas são fatores importantes pois podem inibir o tratamento biológico, causar obstrução nas redes, objeção do consumidor e dificultar trocas gasosas em meio aquático. Desta forma sugere-se que estes compostos devem ser virtualmente ausentes para ambos os tipos de reúso, restrito e irrestrito.

PH

Considerando que o pH não tem implicações em termos de saúde pública caso permaneçam próximos da neutralidade e que os valores encontrados na literatura indicaram em sua grande maioria a faixa de 6 – 9 como sendo a ideal para águas de reúso, recomenda-se essa faixa como critério de qualidade para todos os usos.

Os critérios de qualidade da água de reúso urbano não potável propostos se encontram na Tabela 4.

Tabela 4: Critérios de qualidade propostos.

Parâmetro	Irrestrito	Restrito
C _{Ter} (NMP/100mL)	≤ 200	≤ 1000
DBO (mg/L)	≤ 10	≤ 30
SST (mg/L)	≤ 20	≤ 30
Turbidez (UNT)	≤ 2	≤ 5
pH	6 - 9	6 - 9
Cor (uC)	≤ 15	≤ 40
Ovos de helmintos /L	< 1	
CRT (mg/L)	0,5 a 2,0	0,5 a 2,0
Odor	Não ofensivo	Não ofensivo
Óleos e graxas	Visualmente ausentes	Visualmente ausentes
C _{Ter} : coliformes termotolerantes; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; SST: sólidos suspensos totais; CRT: cloro residual total.		

CONCLUSÕES

O reúso de água para fins urbanos não potáveis é um importante instrumento para estimular o uso racional e a conservação dos recursos hídricos, além de representar uma fonte alternativa de água em tempos de escassez.

Os critérios de qualidade internacionais são, em geral, mais restritivos do que os adotados no Brasil, refletindo a superioridade das técnicas de tratamento de efluentes empregadas e a vasta experiência na prática do reúso pelos países citados.

O Brasil necessita de uma legislação e normatização mais abrangente, que não só institua a prática do reúso, mas que também estabeleça critérios de qualidade mais adequados com a realidade sociocultural, econômica e ambiental do país, e diretrizes que norteiem a implantação de sistemas de reúso, para que esse possa ser praticado de forma segura.

AGRADECIMENTO

À FAPEMIG pelo auxílio financeiro para participação no evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas: *NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação*, RJ, 1997.
2. AL-HAJRI, M. *Wastewater Reuse Regulations In Saudi Arabia*. Water Arabia. 2009.
3. BRASIL. *Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
4. BRASIL. *Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000*. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras.
5. BRASIL. *Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. > Acesso em: 25 de agosto de 2015.
6. BRASIL. *Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> > Acesso em: 25 de agosto de 2015.
7. BRISSAUD, F. Criteria for water recycling and reuse in the Mediterranean countries. *Desalination*. v. 218, p. 24–33. 2006.

8. CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Reúso de Água*. Disponível em: < <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/informacoes-basicas/8-2/reúso-de-agua/> >. Acesso em: 30 set. 2015.
9. CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. *Resolução CNRH nº 054, de 28 de novembro de 2005*. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.
10. CUNHA, V. D. *Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reúso urbano*. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
11. CURITIBA. *Lei nº10.785, de 29 de março de 2003*. Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional de água nas edificações - PURAE. Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/curitiba/lei-ordinaria/2003/1078/10785/lei-ordinaria-n-10785-2003-cria-no-municipio-de-curitiba-o-programa-de-conservacao-e-uso-racional-da-agua-nas-edificacoes-purae> >. Acesso em: 30 out. 20015.
12. DEPARTMENT OF HEALTH. *Guidelines for the Non-potable Uses of Recycled Water in Western Australia*. Perth, 2011.
13. FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (coordenador). *Tratamento e utilização de esgotos Sanitários*. PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.
14. GONÇALVES, R. F. (Coord.) *Uso Racional da Água em edificações*. PROSAB –Edital IV. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352 p.
15. FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE, M. M. (coordenador). *Tratamento e utilização de esgotos Sanitários*. PROSAB –Edital IV. Recife: ABES, 2006. 427p.
16. JORDÃO, E.P e PESSÔA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 6ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 969 p.
17. METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4 ed. Nova York, USA: McGraw-Hill Higher Education, 2003.
18. MONTE, H. M; ALBUQUERQUE, A. *Reutilização de Águas Residuárias*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Janeiro de 2010. 342 p.
19. NITERÓI. *Lei nº 2856, 26 de julho de 2011*. Instituinto mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. Disponível em: < http://pgm.niteroi.rj.gov.br/legislacao_pmn/2011/LEIS/2856_Dispos_e_sobre_o_Sistema_de_Coleta_e_Reutilizacao_de_Aguas_Servidas_Publicas_e_Privadas.pdf >. Acesso em: 30 out. 20015.
20. NORMAS OFICIALES MEXICANAS. NOM-003-SEMARNAT-1997. *Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en serviciosal público*. Mexico. 1997.
21. PAPAIACOVOU, I; ACHILEOS, C.; IOANNIDOU, I.; PANAYI, A.; KAZNER, C.; HOCHSTRAT, R. *Water Reuse in Cyprus*. Guidelines for Water Reuse. 2012.
22. PIANOWSKI, E. H; JANISSEK, P. R. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. *Sanare. Revista Técnica da Sanepar*, Curitiba, v.20, n.20, p. 6-17, jul./dez. 2003.
23. Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro.
24. REAL DECRETO 1620/2007. *Establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas*. España. 2007.
25. SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Água de Reúso – Modelos de Comercialização*. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/uploads/file/ap_sabesp_div_grand_cons_leste.pdf>. Acesso em 6 de jan. 2016.
26. SÃO PAULO. *Decreto nº 48.138, de 7 de outubro de 2003*. Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo. DiárioOficial [do] Estado de São Paulo, 08 out. 2003. Disponível em: < <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2003/decreto-48138-07.10.2003.html> >. Acesso em: 30 out. 2015.
27. SEMURA, K. A.; RICCITELLI, M.; GONÇALVES, M. C. *Estudo para implantação de reúso e proposição de parâmetros de qualidade para usos urbanos não potáveis a partir das ETEs da RMSP*. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. Campo Grande-MS. Anais. ABES, Rio de Janeiro. 2005.
28. SINDUSCON-SP: *Manual de Conservação e reúso de água em edificações*, FIESP/CIESP/SINDUSCON. São Paulo, SP, 2005.
29. TAJIMA, A.; YOSHIZAWA, M., SAKURAI, K.; MINAMIYAMA, M. *Establishment of guidelines for the reuse of Treated wastewater*. 4th Japan-U.S. Governmental Conference on Drinking Water Quality Management and Wastewater Control. Okinawa. Jan. 2007.

30. TOSETTO, M. S. *Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reúso urbano*. 2005. 250 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Campinas, Campinas.
31. UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME. *Guidelines for municipal water reuse in the Mediterranean Region*. Greece. Athens: UNEP/MAP, 2005.
32. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Guidelines for water reuse*. U. S. Washington, DC: EPA, 2012.
33. VON SPERLING, Marcos. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.
34. WHO – *World Health Organization*. *Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture*. Technical Report series, Genebra: n. 778, 1989.