



Reúso Potável sob a perspectiva da OMS

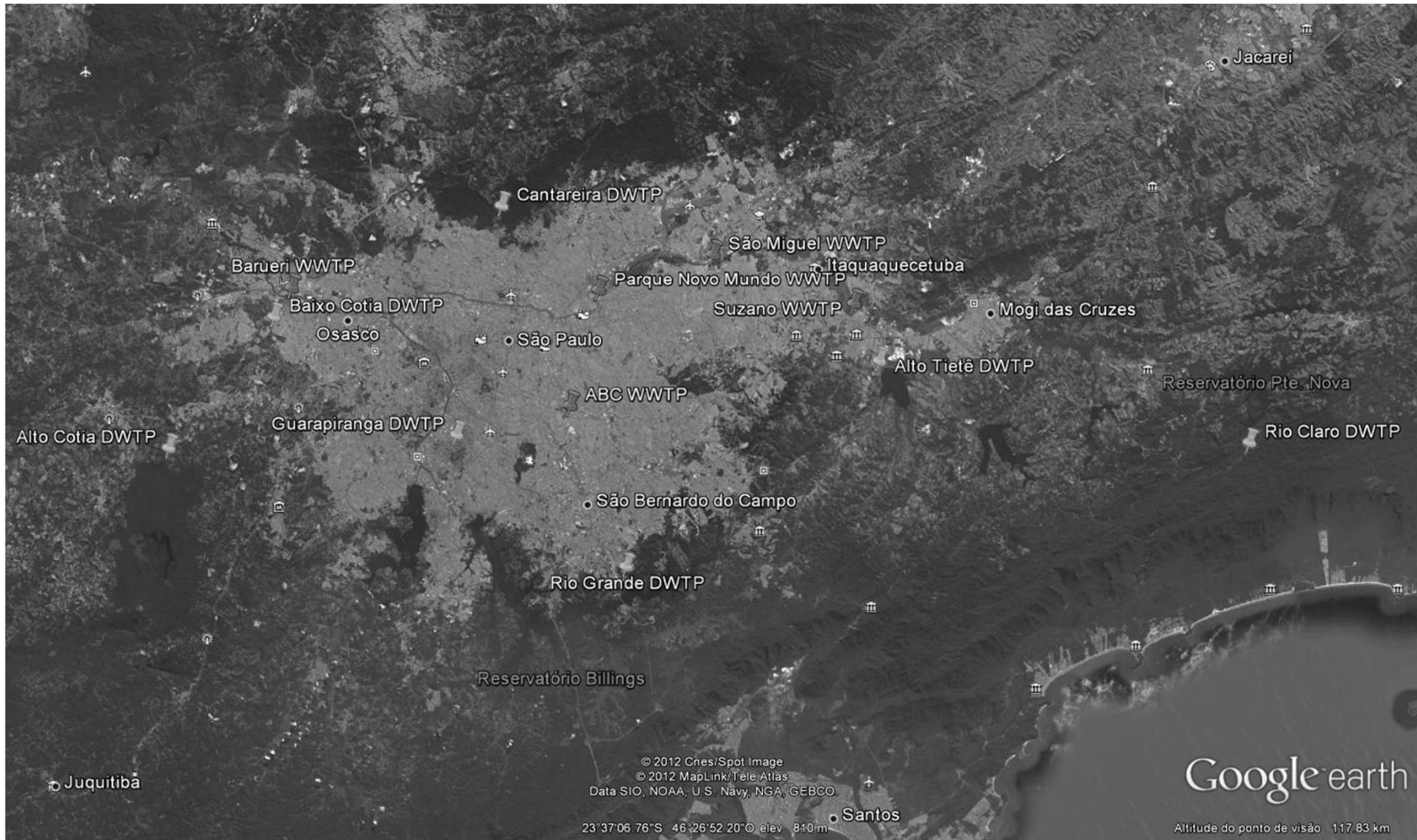
PHA 5749 – Uso Racional e Reúso de Água
Prof. Mierzwa



Questões sobre a prática de reúso de água em áreas urbanas

- É possível implantar um programa de reúso abrangente?
- Que setores econômicos devem ser priorizados?
- O que é necessário para viabilizar a prática de reúso?
 - Potencial para reúso de água (usuários)?
 - Demandas concentradas ou distribuídas.
 - Parâmetros de qualidade para a água de reúso?
 - Tratamento adicional necessário?
 - Sistema de distribuição?
 - Custos?

Reúso não potável, urbano e industrial?





Fatores que limitam o reúso não potável

- Maiores demandas são distribuídas;
- Limitação da abrangência em decorrência do custo das redes de distribuição;
- Problemas relacionados à qualidade dos efluentes tratados disponíveis nas estações;
- Estabelecimento de padrões de qualidade para a água de reúso:
 - Aversão à inovação tecnológica no setor de Saneamento.



Reúso Potável

- O fator limitante para o reúso não potável abrangente de água é o custo da rede de distribuição;
- Atualmente o nível de desenvolvimento tecnológico, fora do país, pode permitir a obtenção de água com elevado grau de qualidade;
- Com a utilização destas tecnologias é possível implantar um programa de reúso potável planejado;
- Isto já vem sendo feito em outros países.

Texas Leads The Way With | September 16, 2014

www.wateronline.com/doc/texas-leads-the-way-with-first-direct-potable-reuse-facilities-in-u-s-0001

Get the best of Water Online delivered straight to your Inbox! Sign Me Up

EFFICIENCY AT EVERY TURN Vaughan Unmatched Reliability

ACE 15 American Water Works Association ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION June 7-10, 2015 Anaheim, California LEARN MORE


Newsletter Signup Get the latest water industry news

From The Editor | September 16, 2014

Texas Leads The Way With Potable Reuse Facilities In

By Laura Martin @LauraOnWater

Severe drought prompts both Big Spring and Wichita Falls to recycle wastewater effluent for drinking water use. Will others follow suit?



When John Grant and his team in Big Spring, Texas, initially decided to build the first-ever direct potable reuse (DPR) facility in the U.S., they weren't trying to make history.

In fact, Grant, the general manager for the Colorado River Municipal Water District (CRMWD), wasn't even aware that there are only a handful of facilities worldwide that utilize DPR—the process of reusing treated wastewater as drinking water without an environmental buffer.

The CRMWD was simply looking to provide clean, safe water for the district, Snyder, and Midland during the region's worst drought in decades.

"When we started our project back in 2002, we didn't even intend for it to be a new water supply in our area," said Grant. "We weren't able to build any more physically had no more room, most of the fresh ground water had already been used."

www.theguardian.com/sustainable-business/2014/oct/13/us-south-africa-australia-wastewater-drinking-water-direct-potable-reuse

theguardian Winner of the Pulitzer prize 2014

UK election world sport football opinion culture business lifestyle fashion environment tech travel browse all sections

home > environment > energy pollution climate change wildlife

Guardian sustainable business water

The US, South Africa and Australia are turning wastewater into drinking water

Water stressed cities are importing water and investing in desalination plants. Could treating sewage plant wastewater offer a local, energy-efficient way of securing water supply?



Water flows through the Southern California desert from the Colorado River to the Los Angeles area. Photograph: Hopd/AP

Sponsored by: **GRUNDFOS**

About this content

Stuart Khan

Monday 13 October 2014 14.21 BST

718 Shares

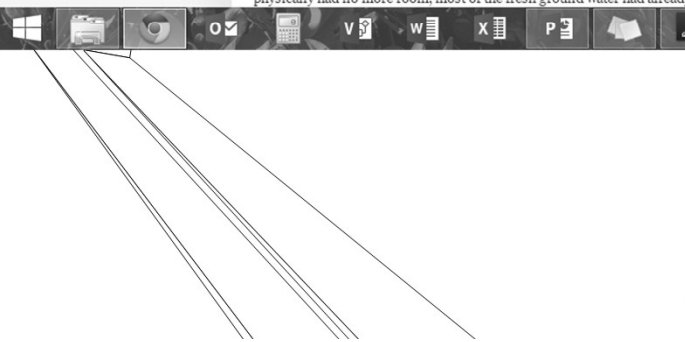
Advertisement

GRUNDFOS NEWS SIGN UP and receive more NEWS from Grundfos

GRUNDFOS

Most popular in US

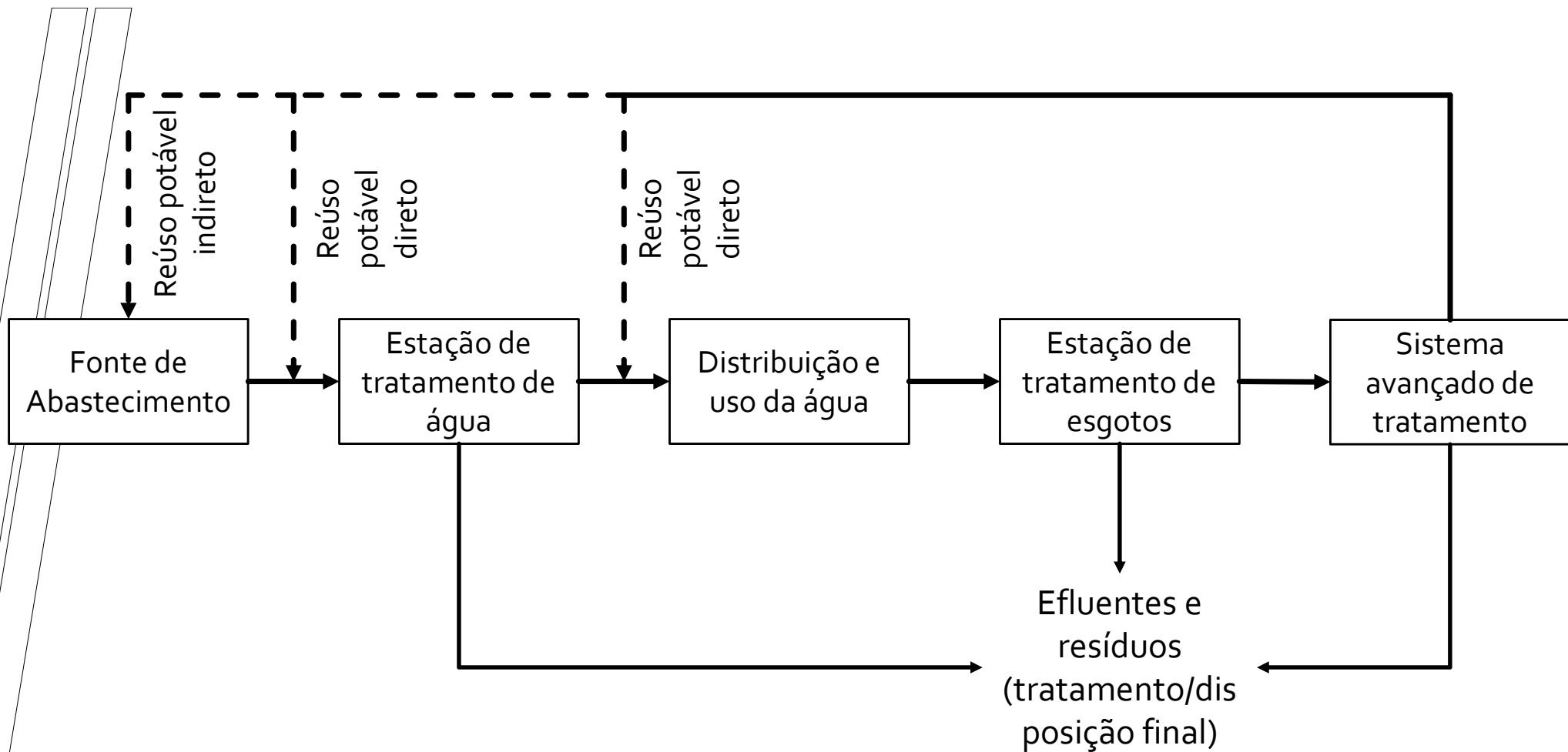
Baltimore officer who chased Freddie Gray had pattern of violence - court filings






Modelos para programas de reúso potável

- Existem dois modelos para programas de reúso potável:
 - Reúso potável indireto (RPI): Efluentes tratados por processos avançados são encaminhados para um reservatório de água superficial ou subterrâneo, utilizado como fonte para abastecimento público;
 - Reúso potável direto (RPD): Efluentes tratados por processos avançados são conduzidos para a adutora de alimentação de uma estação de tratamento de água, ou injetados diretamente na rede de distribuição de água potável.



Exemplos para modelos de reúso potável direto e indireto

Exemplos de Programas de Reúso Potável (OMS, 2017)

Scheme	Type	Environmental buffer (IPR only)	Start date	Treatment process (after secondary wastewater treatment)
Montebello Forebay, Los Angeles County, California, USA	IPR	Groundwater	1962	Media filtration, SAT, Cl ₂
Old Goreangab plant, Windhoek, Namibia	DPR	—	1969–2002 (replaced)	Algae flotation, chemical clarification, media filtration, GAC, Cl ₂
New Goreangab plant, Windhoek, Namibia	DPR	—	2002	O ₃ , DAF, rapid sand filtration, O ₃ , BAC, GAC, UF, Cl ₂
Water Factory 21, Orange County, California, USA (replaced, see below)	IPR	Groundwater	1976–2004 (replaced)	Lime clarification, media filtration, GAC, Cl ₂ , RO added 1977, AOP (UV/H ₂ O ₂) added 2001
Groundwater Replenishment System, Orange County, California, USA	IPR	Groundwater	2008	Cl ₂ , MF, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂)
Upper Occoquan Service Authority, Fairfax County, Virginia, USA	IPR	Surface water	1978	Lime clarification, media filtration, GAC, Cl ₂ , chloramination
Hueco Bolson recharge project, El Paso Water Utilities, Texas, USA	IPR	Groundwater	1985	PAC, lime clarification, media filtration, O ₃ , GAC, O ₃ , Cl ₂
Clayton County Water Authority, Georgia, USA	IPR	Surface water	1985	Land application, UV, Cl ₂
West Basin water recycling plant, California, USA	IPR	Groundwater	1995	MF, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), NH ₂ Cl
Langford Recycling Scheme, Chelmsford, UK	IPR	Surface water	1997	UV
Gwinnett County, Georgia, USA	IPR	Surface water	1999	Chemical phosphorus removal, UF, O ₃ , GAC
Scottsdale Water Campus, Arizona, USA	IPR	Groundwater	1999	Media filtration, MF, RO, Cl ₂

Exemplos de Programas de Reúso Potável (OMS, 2017)

Scheme	Type	Environmental buffer (IPR only)	Start date	Treatment process (after secondary wastewater treatment)
Torrelee, Wulpen, Belgium	IPR	Groundwater	2002	UF, RO, UV
NEWater, Singapore	IPR	Surface water	2003	UF, RO, UV
Los Alimitos, Water Replenishment District of Southern California, USA	IPR	Groundwater	2005	MF, RO, UV
Chino Basin groundwater recharge project, Inland Empire Utility Agency, California, USA	IPR	Groundwater	2007	Media filtration, SAT, Cl ₂
Arapahoe County/Cottonwood, Colorado, USA	IPR	Groundwater	2009	Media filtration, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), Cl ₂
George, South Africa	IPR	Surface water	2009/2010	UF, Cl ₂
Prairie Waters Project, Aurora, Colorado, USA	IPR	Groundwater	2010	Riverbank filtration, AOP (UV/H ₂ O ₂), BAC, GAC, Cl ₂
Beaufort West, South Africa	DPR	—	2010	Media filtration, UF, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), Cl ₂
Permian Basin, Colorado River Municipal Water District, Texas, USA	IPR	Surface water	2012	UF, RO, AOP, Cl ₂
Dominguez Gap Barrier, Los Angeles, California, USA	IPR	Groundwater	2012	MF, RO
Big Spring, Texas, USA	DPR	—	2013	MF, RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), blending, media filtration, Cl ₂
Beenyup groundwater replenishment scheme, Perth, Australia	IPR	Groundwater	2016	UF, RO, UV
Cloudcroft, New Mexico, USA	DPR	—	Being developed	MBR (enhanced secondary treatment), Cl ₂ , RO, AOP (UV/H ₂ O ₂), blending, UF, UV, GAC, Cl ₂

Notes: AOP = advanced oxidation process, BAC = biological activated carbon, BNR = biological nutrient removal, Cl₂ = chlorination, DAF = dissolved air flotation, GAC = granular activated carbon, H₂O₂ = hydrogen peroxide, MBR = membrane bioreactor, MF = microfiltration, NH₂Cl = monochloramine, O₃ = ozonation, PAC = powdered activated carbon, RO = reverse osmosis, SAT = soil-aquifer treatment, UF = ultrafiltration, UV = ultraviolet light.



Questões relevantes para a implantação da prática do reúso potável

- Insegurança com relação à qualidade da água produzida pelas estruturas de tratamento;
- Presença de contaminantes químicos não regulamentados por normas relacionadas ao controle da poluição e qualidade da água para abastecimento;
- Necessidade de uma regulamentação específica para a prática de reúso potável.



Proposição de diretrizes para a prática de reúso potável

- Aumento dos problemas de escassez de água;
- Riscos associados à prática de reúso potável não planejado;
- Experiências de reúso potável bem sucedidas no mundo;
- Proposição pela Organização Mundial de Saúde de diretrizes para reúso potável.



POTABLE REUSE

GUIDANCE FOR PRODUCING
SAFE DRINKING-WATER

Potable reuse: Guidance for producing safe drinking-water

ISBN 978-92-4-151277-0

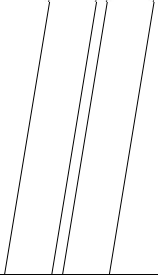
© World Health Organization 2017

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/potable-reuse-guidelines/en/



KEY MESSAGES

- 1 Potable reuse represents a realistic, practical and relatively climate independent source of drinking-water.
- 2 Potable reuse schemes will be complex and proponents will need to have sufficient resources and capabilities for successful implementation.
- 3 Management of potable reuse schemes should be based on the framework for safe drinking-water, including water safety plans (WSPs).
- 4 The first step in developing WSPs is to assemble a dedicated team with appropriate expertise in all aspects of potable reuse from wastewater collection to treatment and delivery of drinking-water to consumers.

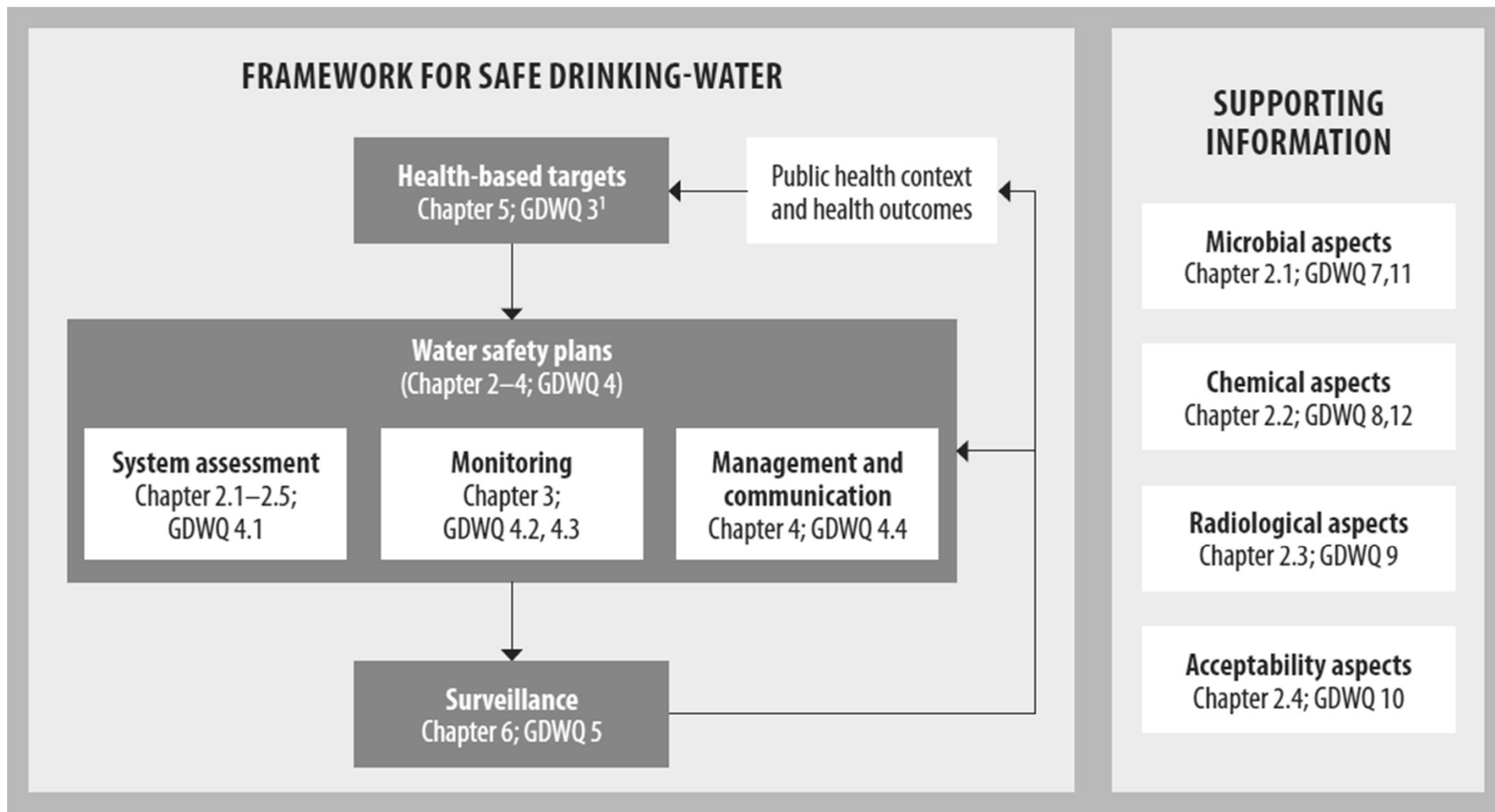


**Pontos relevantes sobre o reúso potável
de acordo com a OMS**



Implantação de programas de reúso potável

- Deve ser aplicada a estrutura proposta para produção de água potável segura, contemplando:
 - Definição de padrões de qualidade baseados no risco para saúde humana;
 - Desenvolvimento de planos de segurança da água;
 - Avaliação do sistema para a identificação, avaliação e gerenciamento dos riscos associados ao sistema de abastecimento (fonte da água de reúso e estruturas de tratamento e distribuição).
 - Monitoramento para verificação da efetividade das medidas de controle implantadas;
 - Gerenciamento e comunicação para assegurar que os sistemas operacional e de gerenciamento estão ativos e asseguram a qualidade da água produzida.
 - Controle independente para assegurar que os planos de segurança da água estão sendo efetivamente implantados.



Proposta da OMS para a estrutura necessária para a produção de água para abastecimento público



Planos de Segurança da Água

- Documento que define princípios e estabelece procedimentos para o controle da qualidade da água de abastecimento;
- Baseado na ferramenta de avaliação e gestão de riscos associados à todos os elementos do sistema de abastecimento:
 - Do manancial ao consumidor, conceito de barreiras múltiplas.



Abordagem para a adoção do conceito de barreiras múltiplas

- Baseada na ferramenta de avaliação de perigos e pontos críticos de controle;
- Definição da estrutura integrante do sistema de abastecimento de água;
- Identificação de perigos associados ao abastecimento de água para consumo humano;
- Definição dos pontos críticos do sistema;
- Definição de ações de controle.

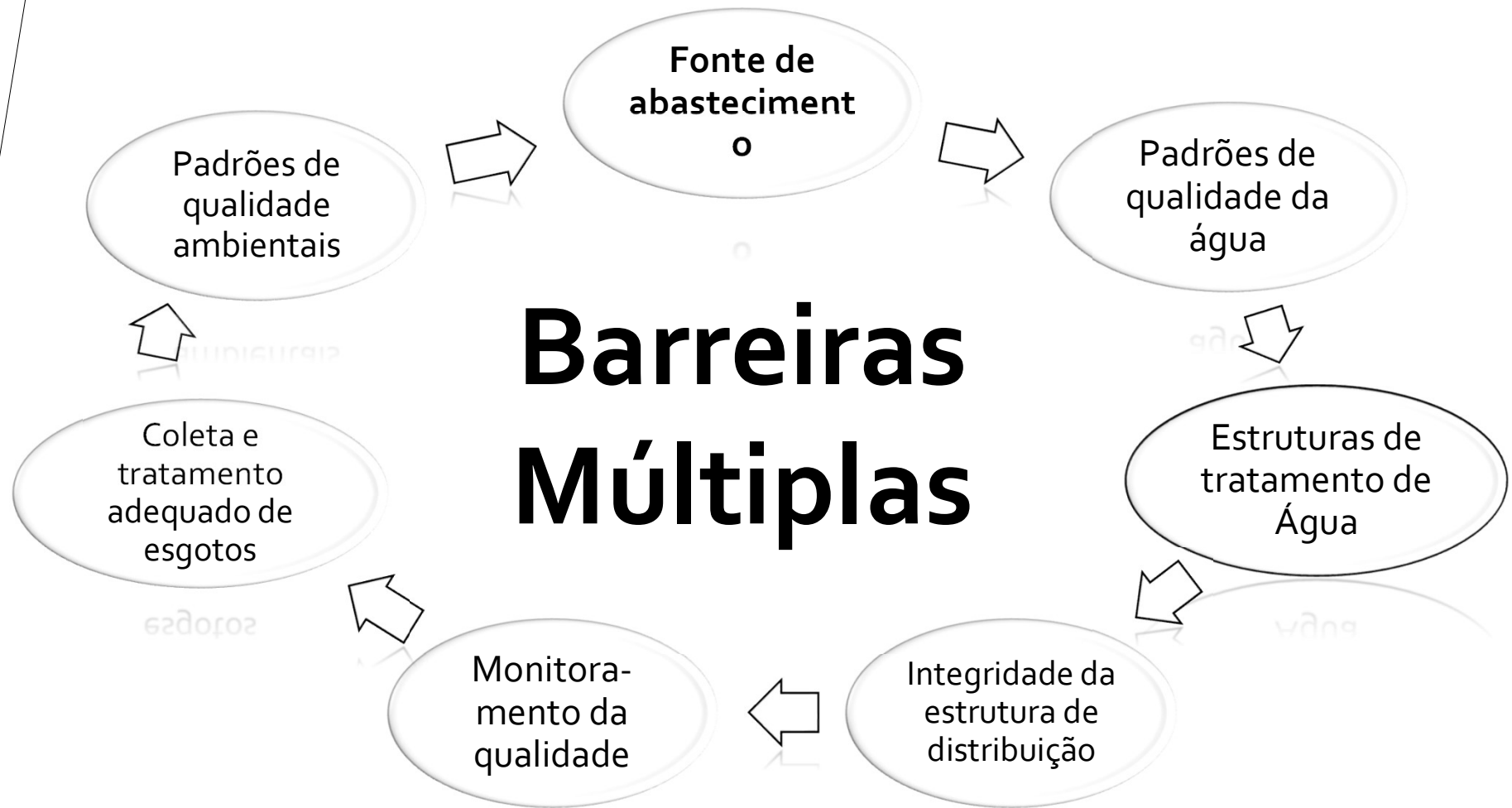


Definição de Perigo e Ponto Crítico de Controle

- **Perigo**: é um agente de natureza biológica, física, química ou condição do sistema de produção de água com o potencial de causar um efeito adverso na saúde do consumidor.
- **Ponto crítico de controle**: é a etapa no processo onde um controle deve ser aplicado, essencial para prevenir, eliminar ou reduzir a um nível aceitável, o risco associado à um perigo.

Referência: NBR 14.900/2002 – Sistemas de gestão da análise de perigos e pontos críticos de controle – Segurança de alimentos.

Barreiras Múltiplas

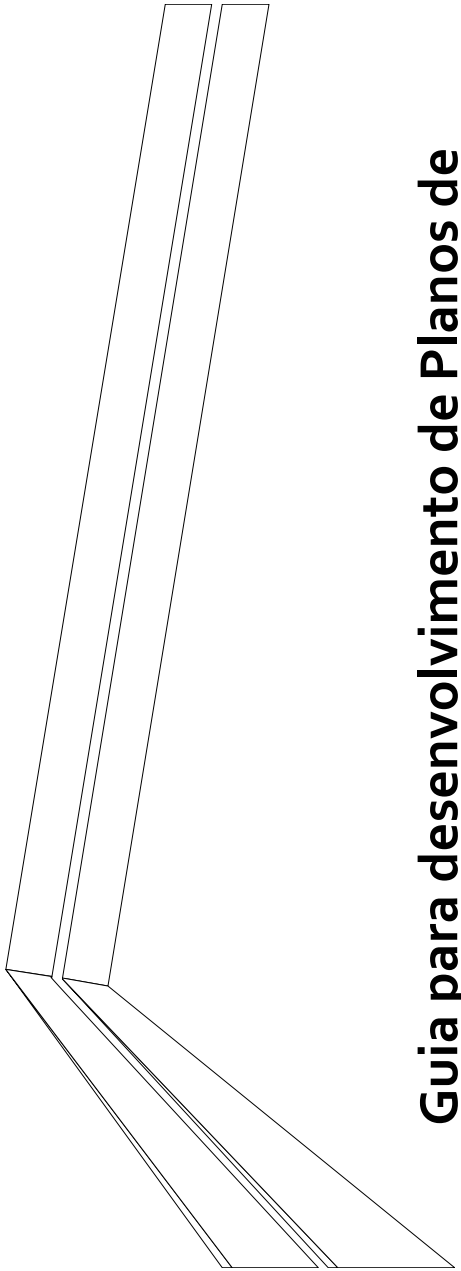


KEY MESSAGES

- 1 Untreated wastewater as a source for potable reuse can contain high concentrations of enteric pathogens. These represent the highest risk to the safety of potable reuse schemes.
- 2 A broad array of chemical hazards can be present in wastewater, including industrial, commercial and domestic.
- 3 Concentrations of chemicals/contaminants of emerging concern (CECs) such as pharmaceuticals and personal care products are generally low (ng to µg per L).
- 4 Control measures should be applied from collection of wastewater to delivery of drinking-water to consumers. Control measures at the source include requirements on industrial discharge quality and changing wastewater collection areas to reduce or eliminate industrial discharges.
- 5 Potable reuse generally requires complex treatment trains with high levels of reliability. Control measures need to be validated.
- 6 Environmental buffers used in IPR can provide time to detect and respond to failures, storage capacity, contaminant removal and dilution. However, they can reduce the purity of highly treated wastewater by the addition of natural organic matter, naturally occurring chemicals (from groundwater) and enteric pathogens.
- 7 Engineered storages can provide time to respond to water concerns, including treatment failures (primarily associated with microbiological quality).
- 8 Issues to be considered when blending DPR water with other sources of drinking-water include the need to stabilize DPR water to reduce impacts on treatment performance, (including disinfection and formation of disinfection by-products – DBPs) and corrosion. Potential impacts of IPR on environmental buffers also need to be considered.

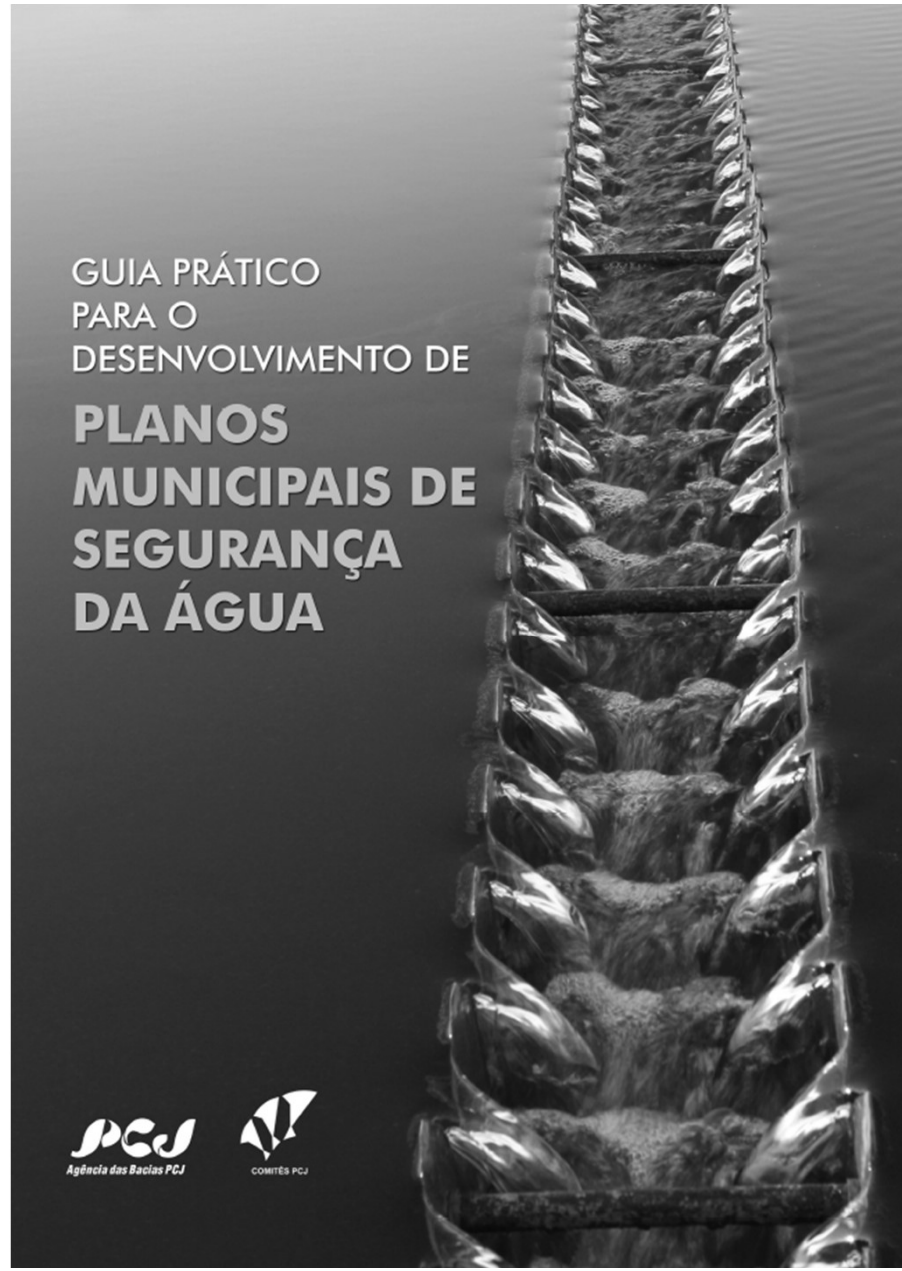


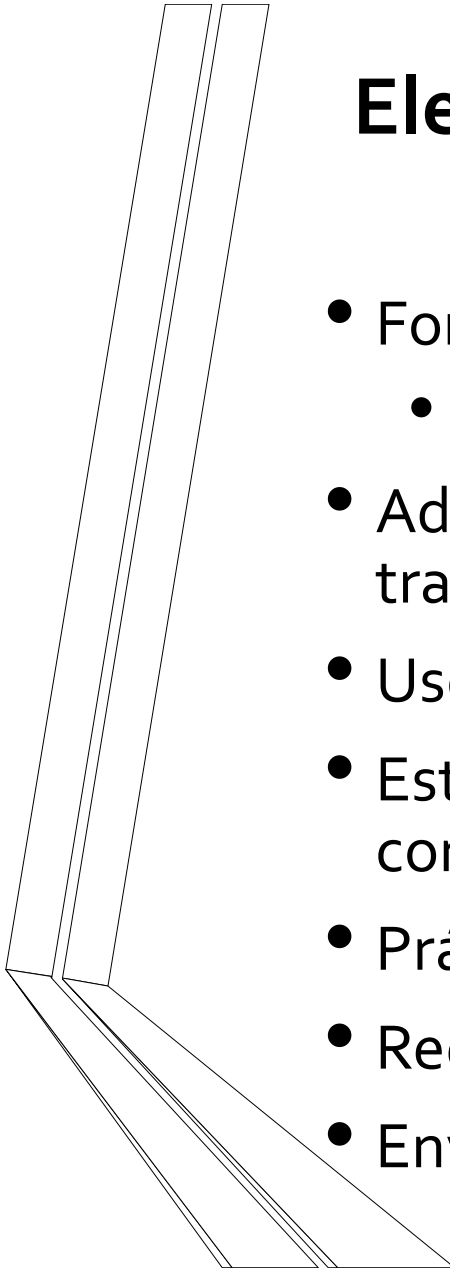
Pontos de atenção na etapa de desenvolvimento de Planos de Segurança da Água para Programas de Reúso Potável



Guia para desenvolvimento de Planos de Segurança da Água

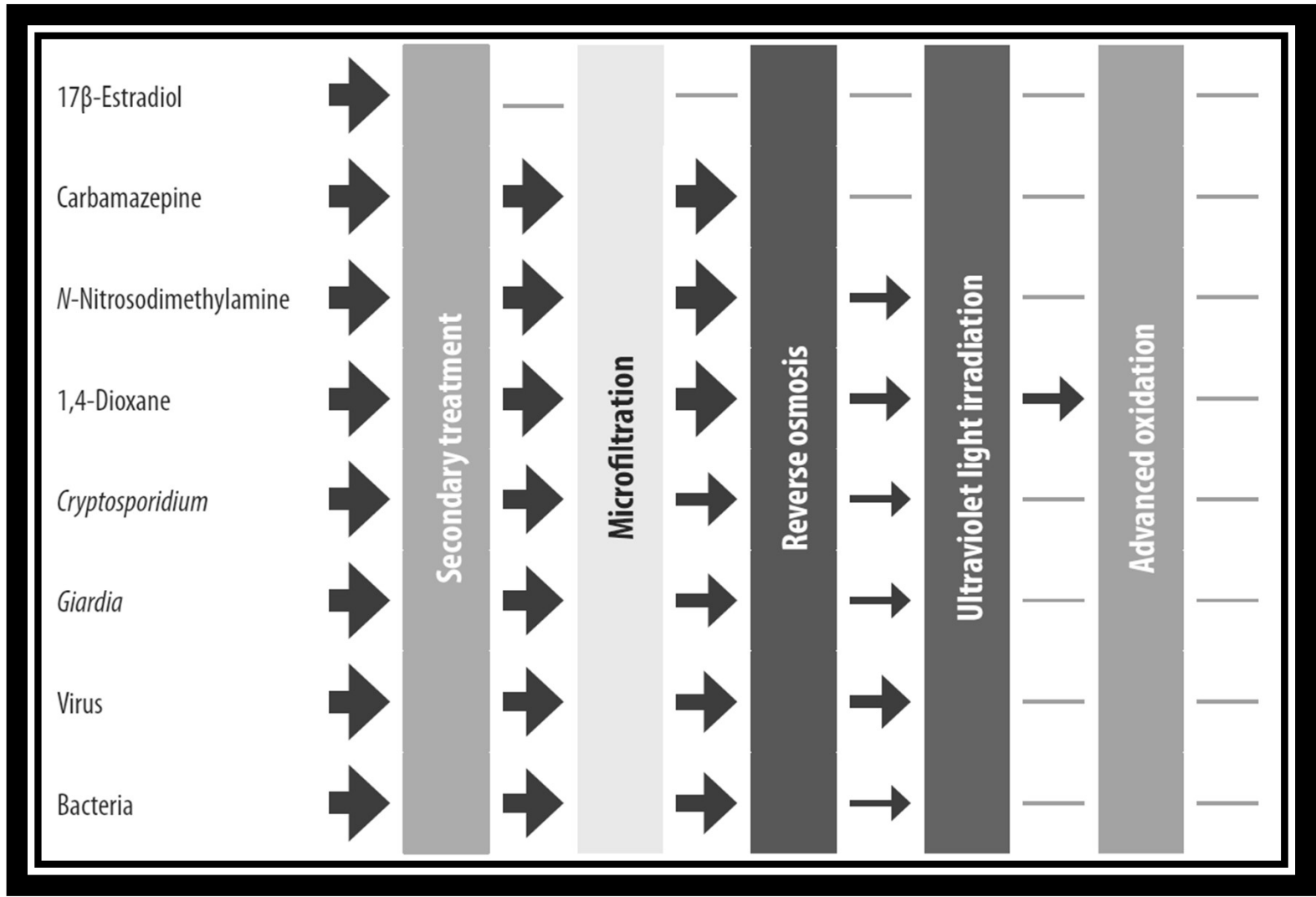
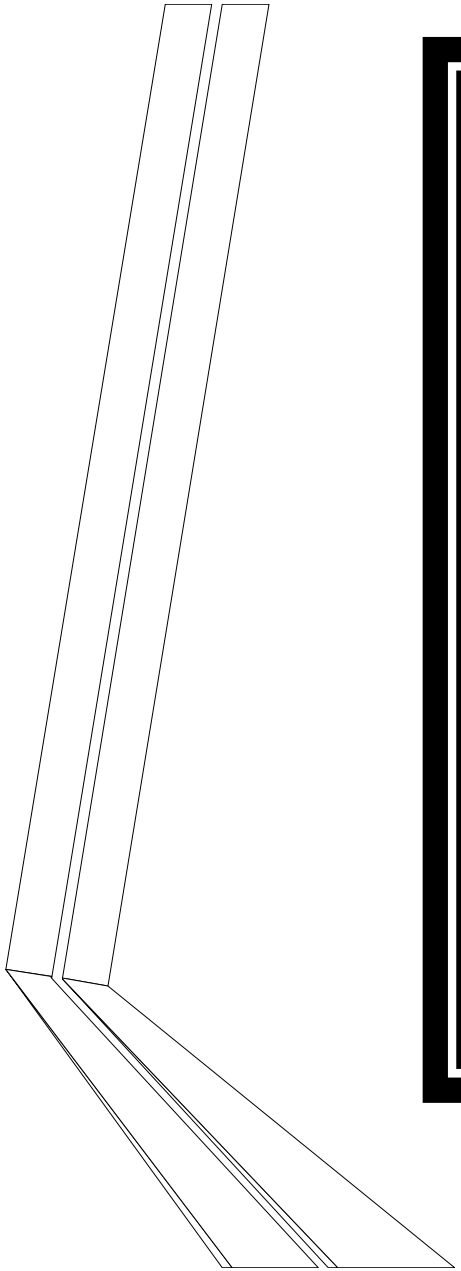
<https://www.agencia.baciaspcj.org.br/wp-content/uploads/2020/11/guia-pmsa.pdf>





Elementos relevantes em um programa de reúso potável

- Fonte de produção da água de reúso:
 - Utilização de esgotos de origem residencial e comercial.
- Adoção de sistema de tratamento de esgotos que permitam o tratamento adequado;
- Uso de uma estrutura de tratamento com múltiplas tecnologias;
- Estabelecimento de programas adequados de monitoramento e controle;
- Práticas de gerenciamento e comunicação de incidentes;
- Regulação e controle independentes;
- Envolvimento da comunidade.



Proposta para a estrutura de tratamento de esgotos para a prática de reuso potável



Estudo para reúso potável direto

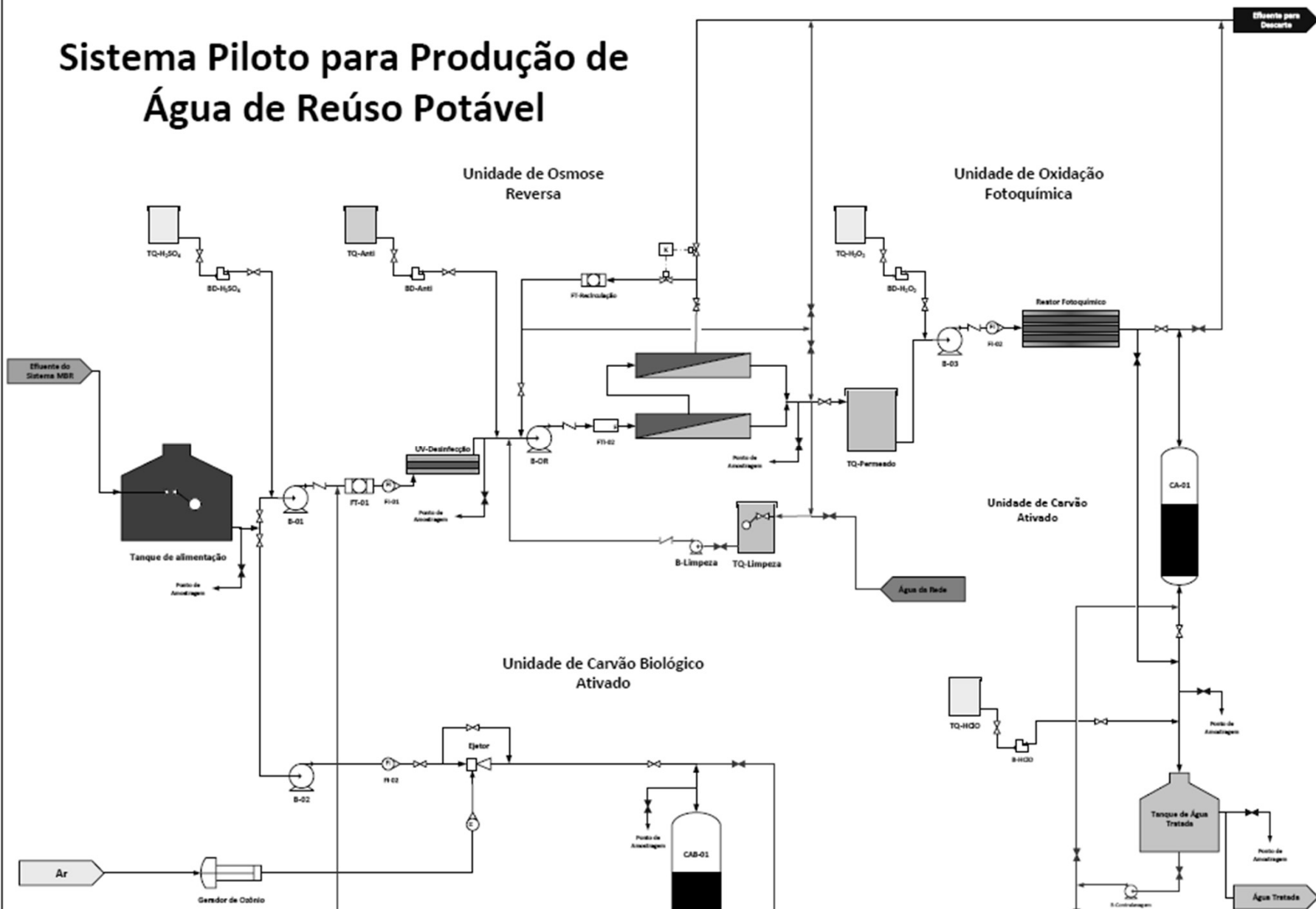
**Projeto
PCJ/SANASA/CIRRA**



Objetivo do Estudo

- Avaliar sistemas de tratamento para produção de água potável à partir do efluente tratado da Estação CAPIVARI-II;
- Utilização de arranjos específicos de tratamento com foco em contaminantes emergentes;
- Possibilidade de combinação de arranjos distintos para tratamento.

Sistema Piloto para Produção de Água de Reúso Potável



Descrição geral:

Esta unidade piloto, com capacidade de produção de 350 L/h, tem por objetivo avaliar diferentes processos de tratamento para produção de água de reúso potável a partir do efluente tratado da ETE Capivari II. O Sistema concebido permite a avaliação das seguintes configurações de tratamento:

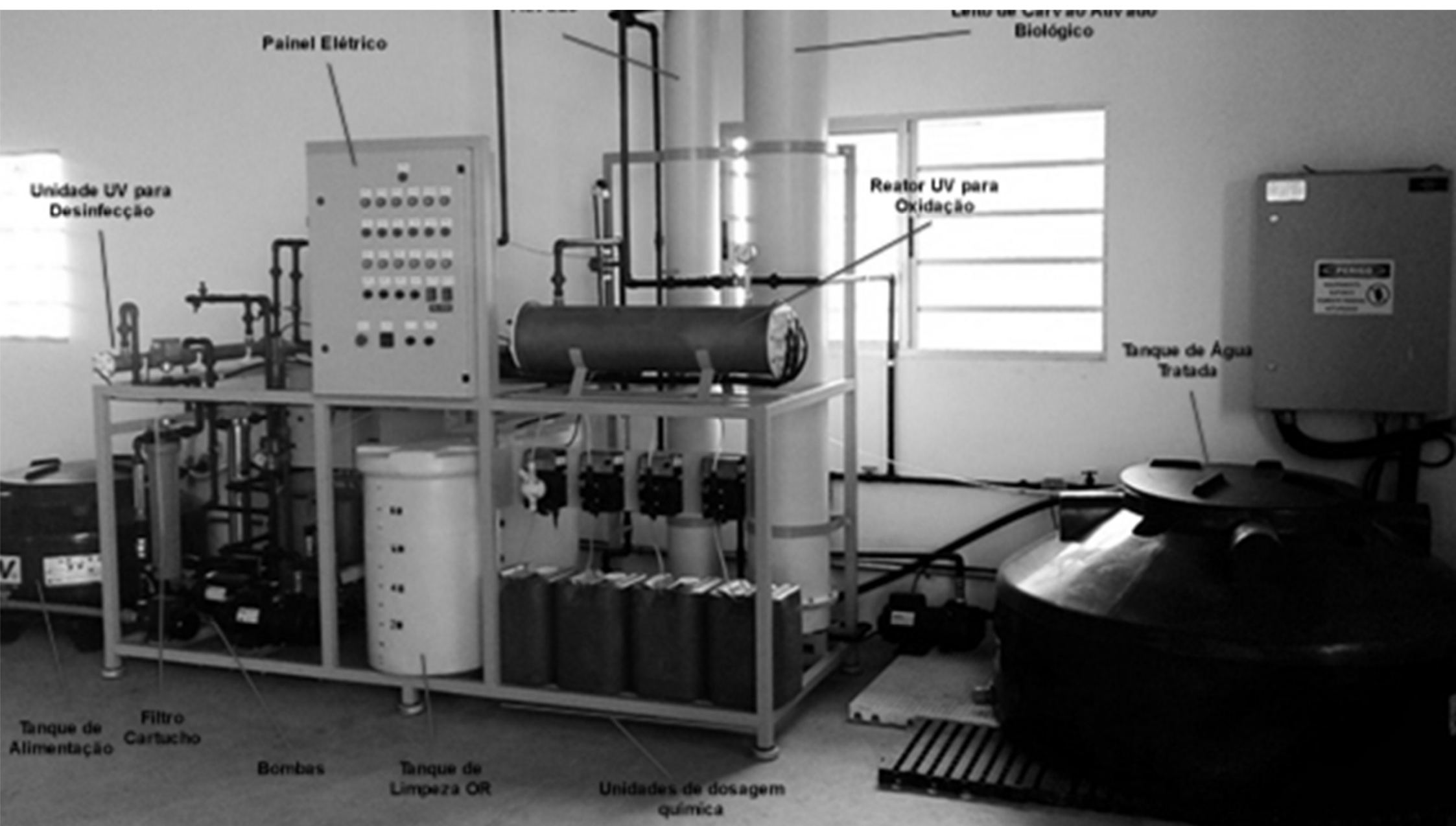
- 1) Osmose reversa;
- 2) Osmose reversa e oxidação fotoquímica avançada;
- 3) Osmose reversa e adsorção em carvão ativado granular;
- 4) Osmose reversa oxidação fotoquímica avançada e adsorção em carvão ativado granular;
- 5) Carvão biológico ativado combinado com as configurações de tratamento indicadas acima.

A Unidade de Osmose Reversa visa promover a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no afluente ao sistema. Consiste de um sistema de dois estágios precedido de um sistema de desinfecção por radiação ultravioleta, que possibilita uma dose de radiação de 60,6 mJ/cm² e tempo de contato de 14,2 segundos. São utilizados dois módulos de membranas fornecidos pela Empresa Dow para uma taxa de recuperação de água de 70%, o que é obtido com a recirculação de concentrado. Também faz parte da unidade o sistema de limpeza química.

A Unidade de Oxidação Fotoquímica tem por finalidade oxidar qualquer contaminante orgânico que não tenha sido retido pela unidade de osmose reversa. Esta unidade é constituída por um tanque de alimentação e pelo reator com 12 lâmpadas ultravioleta de baixa pressão, o que possibilita a obtenção de uma dose de radiação de 1450 mJ/cm² e tempo de contato de 186 segundos. Para viabilizar o processo de oxidação é feita a dosagem de peróxido de hidrogênio na alimentação de reator UV.

A Unidade de Adsorção em Carvão Ativado tem como função remover compostos orgânicos remanescentes no permeado da osmose reversa ou no efluente da unidade de oxidação fotoquímica. Esta unidade é constituída por um leito de carvão ativado granular, dimensionado para um tempo de contato de 10 minutos (leito vazio), e opera com uma taxa de aplicação de 10 m³/h.m².

A Unidade de Carvão Ativado Biológico visa a oxidação biológica de compostos orgânicos presentes no efluente ao sistema, assistida pelo processo de oxidação química com ozônio. Esta unidade é constituída por um sistema de ozonização e um leito de carvão ativado granular, dimensionado para um tempo de contato de 20 minutos (leito vazio), e opera com uma taxa de aplicação de 7 m³/h.m².





Análises de Qualidade por Laboratório Independente

- Portaria 2914 Completa;
- N-NDMA;
- Toxicidade;
- Teste de AMES;
- Avaliação de estrogenicidade/androgenicidade.

Arranjos de tratamento e período de operação

Arranjo	Operação (Período Seco)	Operação (Baixa Pressão)	Operação (Período Chuvoso)	Configuração
1	11/07 a 22/07	20/09 a 27/09	06/10 a 10/10	OR ¹ + Cl ²
2	22/07 a 05/08	---	20/10 a 04/11	OR + CA ³ + Cl
3	05/08 a 25/08	---	05/11 a 17/11	OR + UV ⁴ + Cl
4	26/08 a 09/09	28/09 a 05/10	18/11 a 30/11	OR + UV + CA + Cl
5	---	---	20/10 a 30/11	CAB ⁵

¹ OR = Osmose Reversa

² Cl = Cloração

³ CA = Carvão Ativado ⁴UV = Ultravioleta

⁵ CAB = Carvão Ativado Biológico

**Resultados de qualidade para o
arranjo de tratamento com melhor
desempenho**

			Arranjo 3								
			Osmose + UV+ Cloração								
			10/ago			24/ago		09/nov		17/nov	
Parâmetro	Un.	VMP	A1	A4	A5	A4	A5	A4	A5	A4	A5
Alumínio	mg/L	0,2	0,0122	0,00665	0,00706	< 0.001	< 0.001	0,00648	0,00427	0,00512	0,00532
Bário	mg/L	0,7	0,0567	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Chumbo	mg/L	0,01	< 0.001	< 0.001	0,00138	0,00128	0,00117	0,00183	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Cloraminas Totais	mg/L	4	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0,09	< 0,01	0,05	< 0,01	0,05
Cloreto	mg/L	250	100	1,69	5,29	0,6	4,14	1,12	4,84	0,79	5,29
Cloro Residual Livre	mg/L	5	< 0.01	< 0.01	1,07	< 0.01	1,14	< 0.01	1,19	< 0.01	1,26
Cobre	mg/L	2	0,00191	0,0286	0,0283	0,0233	0,0202	0,017	0,0166	0,0123	0,0124
Coliformes Totais	P/A 100mL	Ausência	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	500	3600	1	1	< 1	< 1	20	<1	37	<1
Cor aparente	UC	15	40	< 5	< 5	<5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Dureza Total	mg/L	500	76,1	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Escherichia coli	P/A 100mL	Ausência	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Ferro	mg/L	0,3	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0,0115	0,00874	0,0914	0,0835	0,0755	0,0873
Fluoreto	mg/L	1,5	0,62	0,24	0,11	< 0.1	< 0.1	<0,1	0,1	0,35	<0,1
Manganês	mg/L	0,1	0,0561	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Níquel	mg/L	0,07	0,00159	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Nitrato (como N)	mg/L	10	< 0.5	0,69	0,71	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0,51	0,51
pH (a 25°C)		6.0 - 9.5	6,99	6,36	6,42	5,47	5,61	5,71	5,81	5,82	6,15
Sódio	mg/L	200	75,2	2,16	4,81	1,27	3,83	2,1	5,16	1,7	5,09
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	1000	366	10	19	13	13	9	47	17	32
Sulfato	mg/L	250	62,4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Turbidez	NTU	5	< 0.1	< 0.1	< 0.1	<0.1	< 0.1	1,11	0,73	<0,1	<0,1
Urânio	mg/L	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Zinco	mg/L	5	0,0214	0,0156	0,0155	< 0.001	< 0.001	0,00814	0,00748	0,00783	0,00824

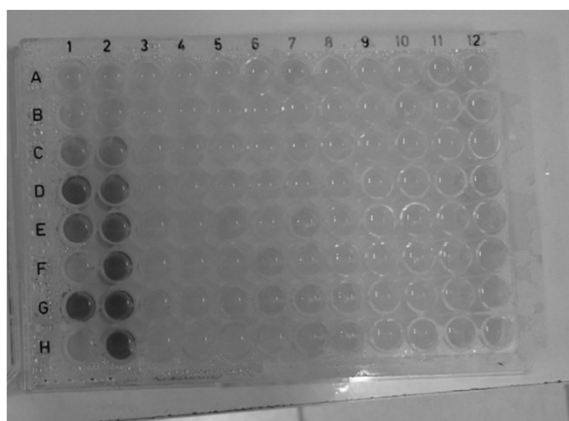
Resultados de toxicidade química das amostras de água no período

	Arranjo 3								
	Osmose + UV + Cloração								
	10/ago			24/ago		09/nov		17/nov	
	A1	A4	A5	A4	A5	A4	A5	A4	A5
CE20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	24,45
CE50	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
UT	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
FT	1	1	1	1	1	1	1	1	4
Salinidade	2	2	2	1	1	0	0	1	1
pH	6,45	4,73	4,77	5,46	5,55	6,19	6,26	5,39	5,58

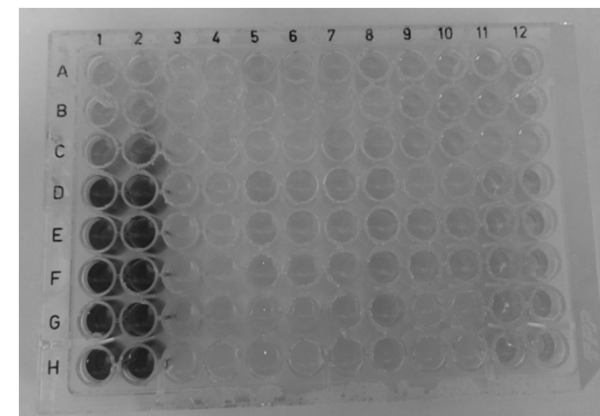
Resultados para avaliação de potencial estrogênico ou androgênico

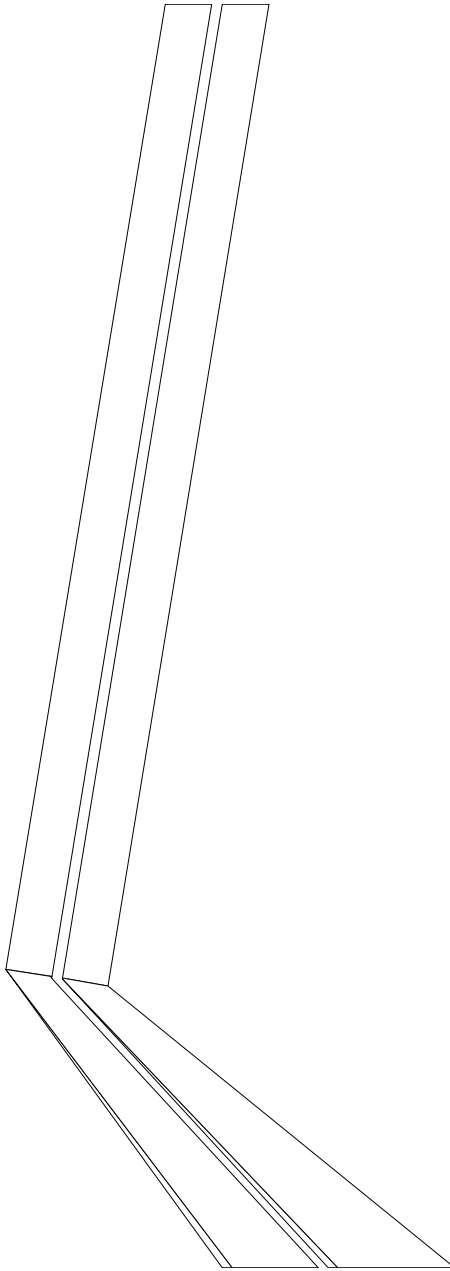
- As análises realizadas em amostras da alimentação e em diversas etapas do tratamento avançado para reúso potável na ETE Capivari II apontam que não há detecção de hormônios naturais e sintéticos na água.

Placa para avaliação
de atividade agonista
YAS



Placa para avaliação
de atividade agonista
YES





Considerações finais sobre a prática de reúso potável

Existência de casos de sucesso no mundo, com a demonstração do potencial da prática de reúso potável direto;

Desenvolvimento de uma diretriz internacional para reúso potável pela Organização Mundial da Saúde;

Existência de tecnologias que asseguram a produção de água potável a partir de esgotos domésticos;

Necessidade de ampliação da discussão da opção do reúso potável considerando-se o problema da escassez hídrica.