

Oficina de Trabalho

RACIONALIZAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NO SETOR INDUSTRIAL

Organização: CTCT/CNRH, IBRAM, CNI

Racionalização e Reúso de água:
antecedentes, definições e requisitos para sua
implantação pelo setor industrial



José Carlos Mierzwa

mierzwa@usp.br

São Paulo, 14 de Agosto de 2014



CIRRA / IRCWR

Sumário da Apresentação

- ▶ Conceituação;
- ▶ Opções para a gestão de recursos hídricos;
 - Racionalização do uso;
 - Reúso de água:
- ▶ Implantação da prática de reúso;
- ▶ Projeto COROADO
- ▶ Conclusões.

Conceituação

- Indicadores de escassez para auxílio no processo de tomada de decisão:

Disponibilidade Hídrica Específica (m ³ .ano ⁻¹ .habitante ⁻¹)	Condição de Estresse
> 1700	Sem estresse
1000 a 1700	Estresse hídrico
500 a 1000	Escassez
< 500	Escassez absoluta

Adaptado de Malin Falkenmark, 1989

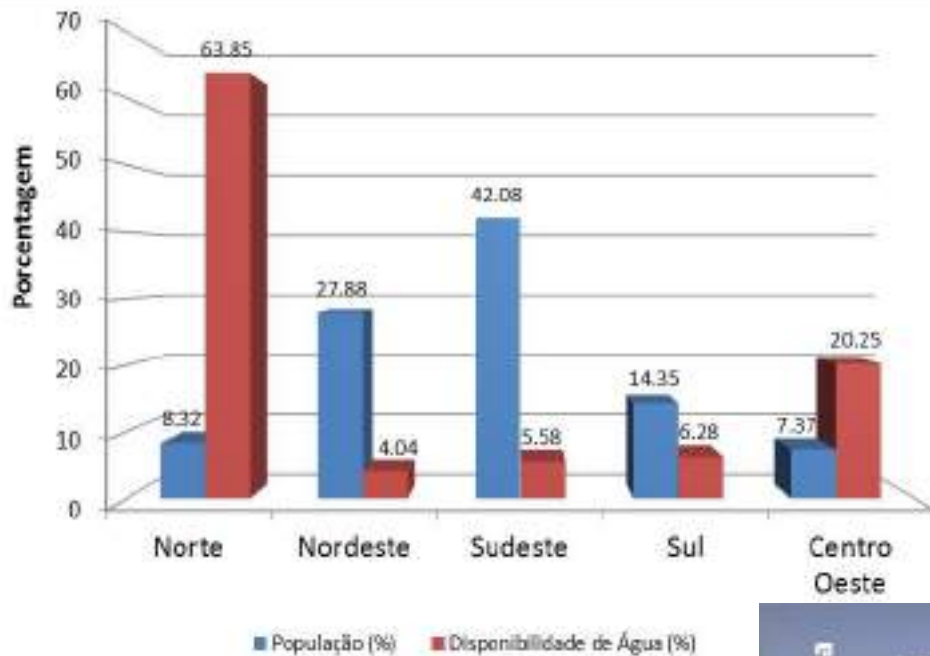
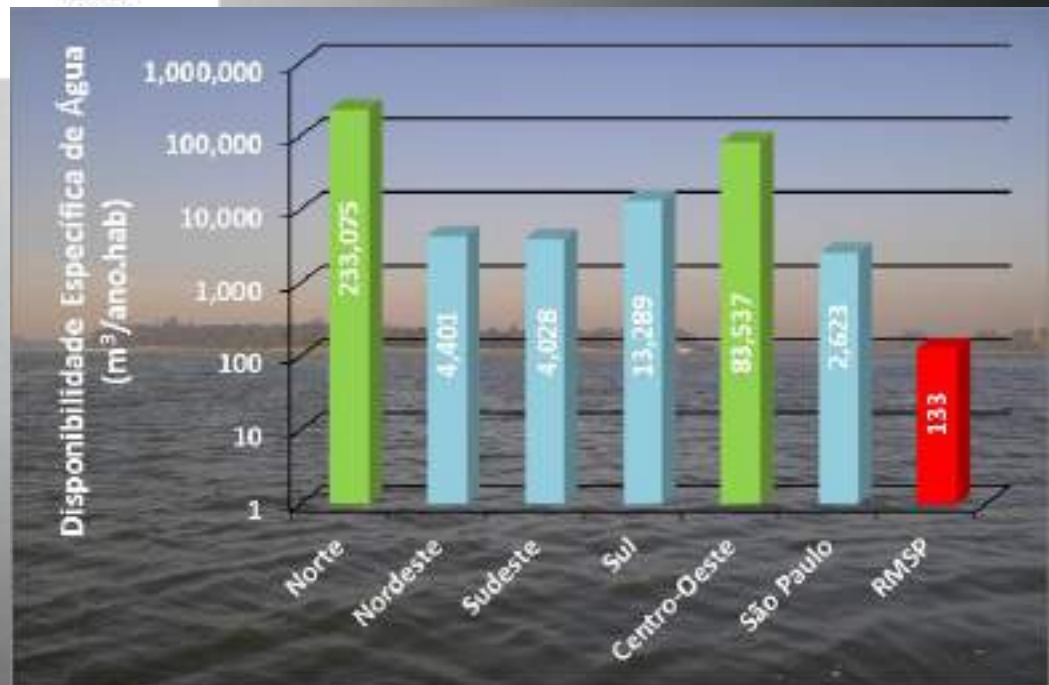


Figura 1 – Distribuição da População e Disponibilidade Hídrica por Região

Figura 2 - Disponibilidade Específica de Água por Região



Opções para Gestão de Recursos Hídricos

► Uso Racional da Água:

- Redução da perdas em sistemas de produção e distribuição;
- Melhoria dos processos produtivos;
- Equipamentos economizadores.

► Aprimoramento dos processos de tratamento de água e efluentes:

- Tecnologias de separação por membranas.

► Reciclagem e reúso da água.

Racionalização do uso da água

- ▶ Primeira pergunta:
 - Qual é a real demanda de água para o processo?
- ▶ Existem oportunidades de redução do consumo?
 - Melhoria dos processos e operações;
 - Equipamentos mais eficientes.

Qual a dificuldade?

O problema é
não saber como
a água é
utilizada!

Água

Matérias-primas
e Insumos

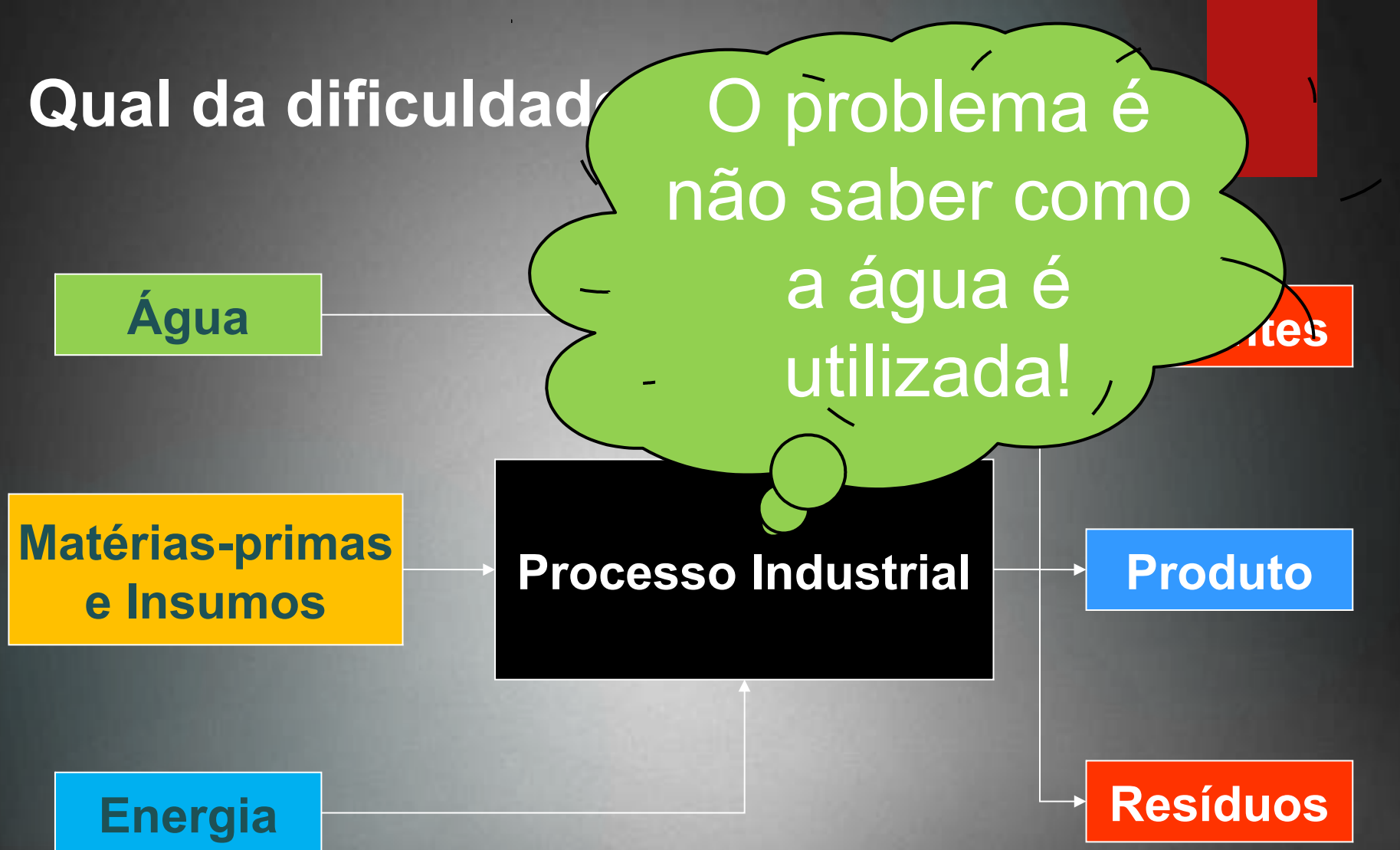
Processo Industrial

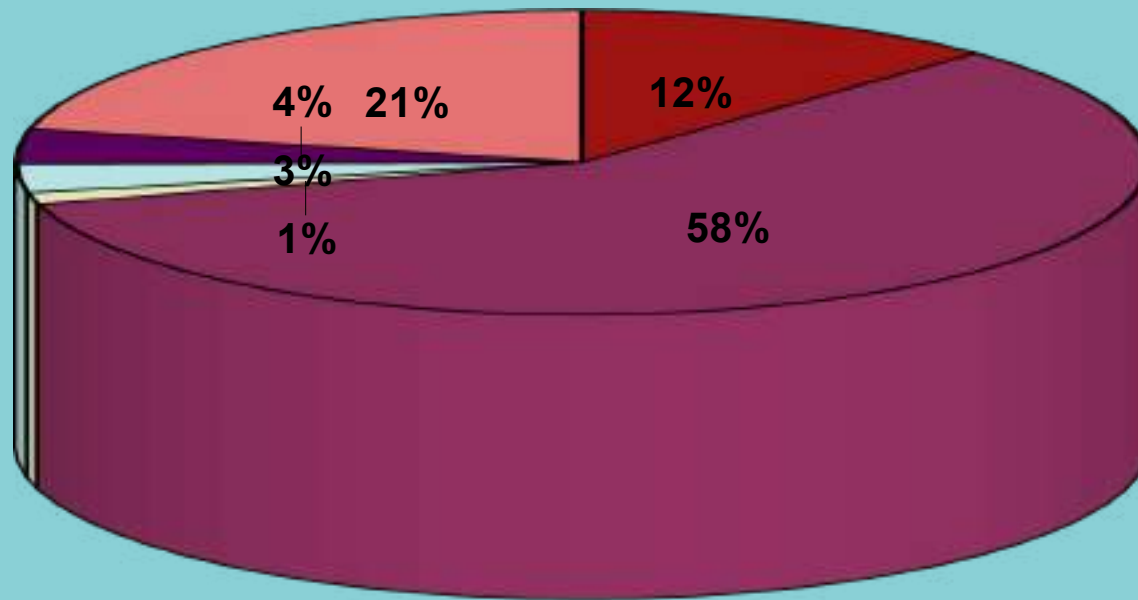
Produto

Energia

Resíduos

Representação Simplificada de um Sistema
Produtivo





■ Matéria-prima ■ Lavagem de Equipamntos ■ Irrigação ■ Uso Doméstico
■ Geração de Vapor ■ Resfriamento

Exemplo de um gráfico de distribuição de consumo de água por categoria de uso.

Estimativas das vazões de água consumida nos setores considerados

Setores consumidores	Demanda de água (m³/dia)
PROCESSOS	
Secagem de emulsões - lavagem dos tanques sprays	76,00
Lavagem dos tanques móveis	11,68
Lavadores de gases	1,50
Laboratório - lavadoras de roupas	0,20
USOS GERAIS	
Irrigação	1,92
Vasos sanitários	7,83
Lavagem de pisos	0,21
TOTAL	99,34

Opções de otimização do uso da água

Local	Equipamento a ser substituído ou implantado	Reduções (%)	Volume diário (m3)
Sanitários	Vasos sanitários com cx acoplada	50	3,92
Áreas irrigáveis	Aspersores ou esguichos	60	1,15
Sistema de secagem de emulsões	<i>Redução do tempo de enxágüe</i>	31	21,68
Reservatório de Emulsão	<i>Spray ball</i>	70	7,00
Tanques de mistura de matérias primas	<i>Spray ball</i>	70	7,00
Tanques móveis (fragrâncias)	Conjunto esguicho bomba	30	6,60
Tanques móveis (aromas)	Conjunto esguicho bomba		1,58
Redução em relação à demanda total		39	48,93

Custos das opções de otimização do uso da água

Local	Equipamento a ser substituído ou implantado	Custo unitário (R\$)	Quant	Custo Total
Sanitários	Vasos sanitários com caixa acoplada	300	51	15.300,00
Áreas Irrigáveis	Aspersores ou esguichos	25	5	125,00
Reservatório de Emulsão	<i>Spray ball</i>	900	2	1.800,00
Tanques de mistura de matérias primas	<i>Spray ball</i>	900	2	1.800,00
CIP da Secagem de Emulsões				
Tanques móveis (fragrâncias)	Conjunto esguicho bomba	3250	1	3.250,00
Tanques móveis (aromas)	Conjunto esguicho bomba	3250	1	3.250,00
TOTAL				24.625,00

Período de retorno do investimento em conservação (Base 2010)

- ▶ Custo médio do m³ de água → R\$ 4,38;
- ▶ Custo médio do m³ de efluente → R\$ 6,20;
- ▶ Redução na demanda de água → 48,93 m³/dia;
- ▶ Redução no volume de esgoto → 47,78 m³/dia,
- ▶ Redução de gastos com água e esgotos → R\$ 510,55/dia
- ▶ Tempo para recuperar o investimento → 48 dias;
- ▶ Não foi considerada a redução no consumo de energia.

Reúso de água - Aplicações

▶ Qualquer aplicação:

- Existem exemplos até de reúso para fins potáveis (Planejado).

▶ Usos industriais:

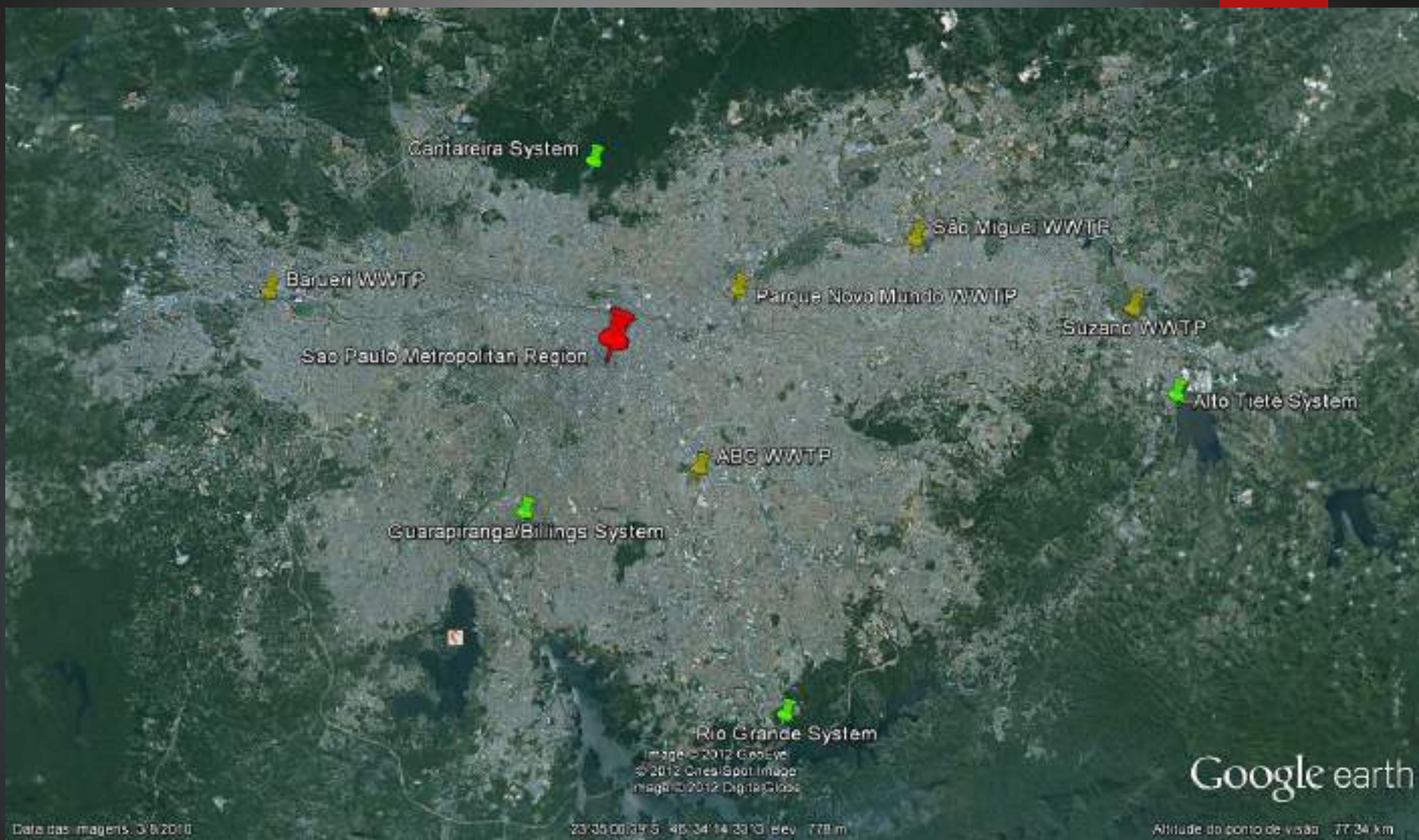
- Reciclagem ou reúso em operações de troca térmica ou processos auxiliares;
- Nem sempre é necessário conduzir todo o efluente para um sistema centralizado de tratamento.

▶ Usos urbanos;

▶ Usos agrícolas.

Opções para o reúso industrial

- ▶ Fornecimento de água de reúso por uma concessionária;
- ▶ Necessidade de planejamento integrado:
 - Fonte de abastecimento – estações de tratamento;
 - Consumidores – polos industriais ou indústrias.



Principais Estações de Tratamento de Esgotos na RMSP

Potencial para reúso industrial a partir do esgoto secundário produzido nas cinco estações existentes na RMSP

Estação de Tratamento	Demanda Potencial (m3/s)	Distância até a ETE (km)	Vazão Total (m3/s)	Volume Anual (m3)
Suzano	1,584	5,00	1,848	58.278.528
	0,162	16,30		
	0,102	24,91		
Parque Novo Mundo e São Miguel	0,426	6,50 / 9,00	0,540	17.029.440
	0,114	22,28 / 22,83		
São Miguel	0,109	1,60	0,342	10.785.312
	0,083	3,34		
	0,083	3,64		
	0,067	5,87		
Parque Novo Mundo	0,217	4,30	0,292	9.208.512
	0,075	7,38		
ABC	0,228	10,50	0,611	19.268.496
	0,156	10,39		
	0,132	7,58		
	0,083	5,24		
	0,012	9,03		
Barueri	0,108	7,59	0,318	10.028.448
	0,084	17,97		
	0,084	16,10		
	0,042	10,68		

Limitações da prática do reúso com fornecimento por concessionária

► Localização:

- Distância entre a estação de tratamento e o usuário;
- Implantação de adutora.

► Padrões de qualidade:

- Nível mínimo de qualidade a ser assegurado;
- Potencial de recirculação do efluente da indústria para a estação de tratamento.

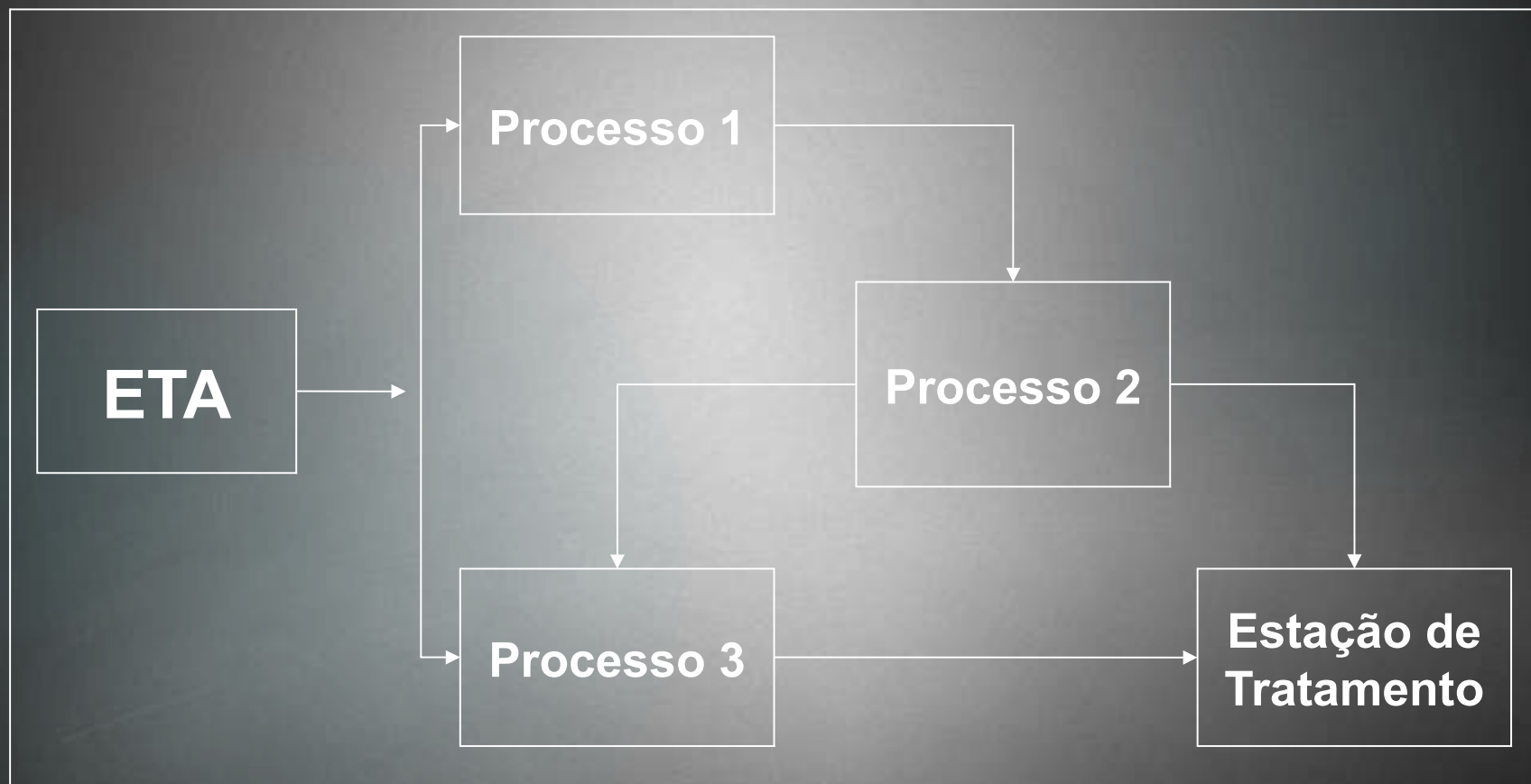
Preocupações com relação à qualidade da água

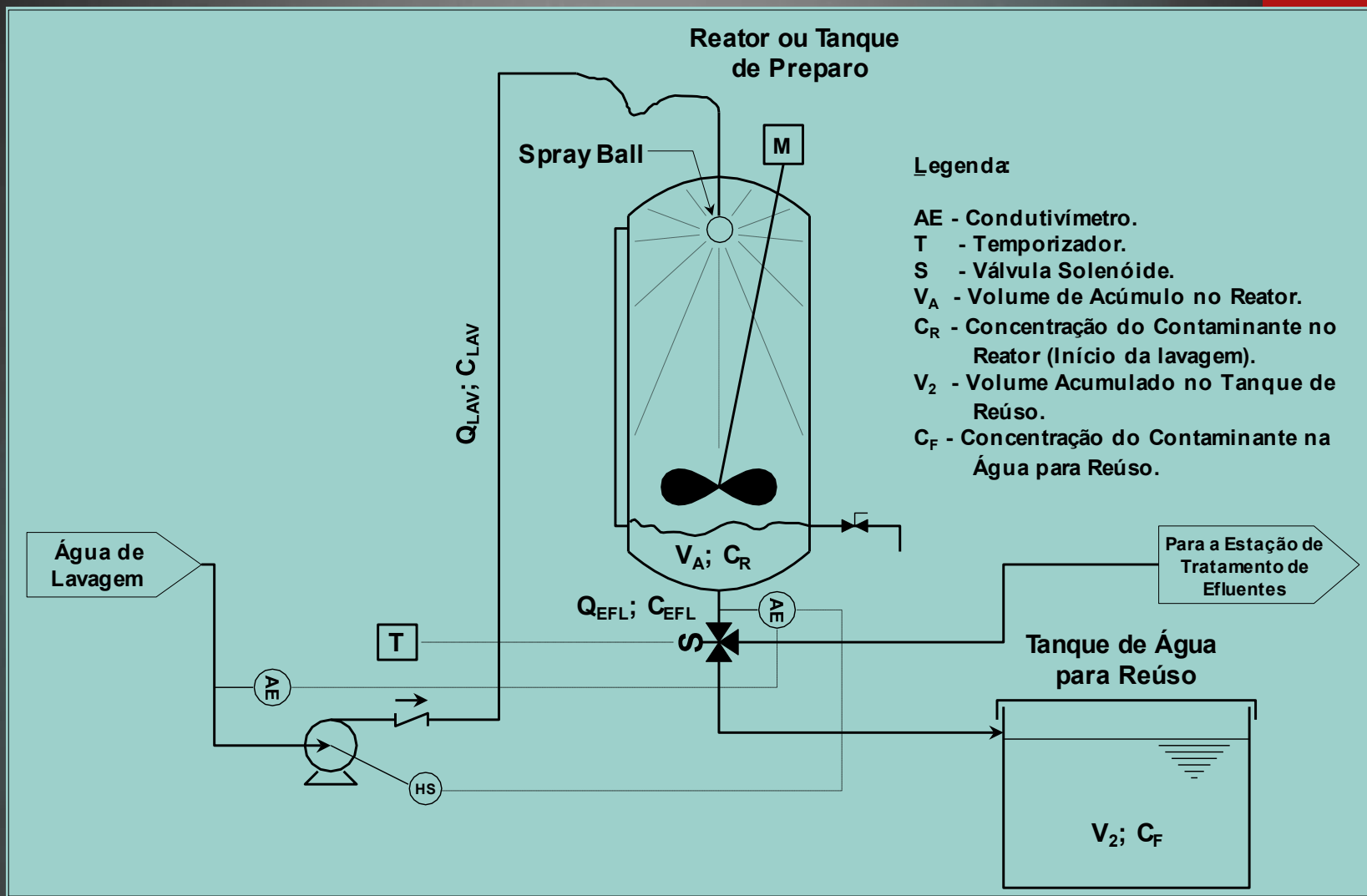
- ▶ Quais são os requisitos mínimos de qualidade para um programa abrangente de reúso de água?
 - Microrganismos;
 - Sólidos em suspensão coloidais;
 - Sais dissolvidos totais;
 - Compostos orgânicos dissolvidos.
- ▶ Quais dos contaminantes acima são mais relevante para um esquema de reúso?
- ▶ Necessidade de definição de padrões;
- ▶ O que ocorre quando ocorre o reúso?

Implantação da Prática do Reúso Interno

- ▶ Que tipo de reúso se pretende implantar:
 - Reúso direto de efluentes → uso de efluentes originados em um processo, diretamente em outro (reúso em cascata);
 - Reúso de efluentes tratados → utilização de efluentes que foram submetidos a um processo de tratamento.
- ▶ No caso do reúso de efluentes tratados existe ainda a opção do reúso com tratamento complementar.

Reúso em Cascata





Processo de Lavagem Modificado

Operação de lavagem de tanques

Tempo de Lavagem (minutos)	Concentração do Contaminante no Efluente do Reator (unidades)	Volume de Efluente Acumulado no Tanque de Reúso (litros)	Concentração do Contaminante no Tanque de Reúso (unidades)
0	3000,00	0	3000,0
5	599,12	250	1480,6
10	145,51	500	896,1
15	59,91	750	627,8
20	43,76	1000	483,3
25	40,71	1250	395,0
30	40,13	1500	335,9

Dados para simulação:

Tempo total de lavagem = 30 minutos

Tempo de detenção hidráulico = 3 minutos

Vazão de água de lavagem = 50 L/minuto

Concentração do contaminante na água de lavagem do reator = 40 unidades

Concentração do contaminante no início da operação de lavagem = 3000 unidades

Requisito para reúso = 150 unidades

Resultados da Simulação com Descarte parcial de Efluente

Tempo de Lavagem (minutos)	Concentração do Contaminante no Efluente do Reator (unidades)	Volume de Efluente Acumulado no Tanque de Reúso (litros)	Concentração do Contaminante no Tanque de Reúso (unidades)
5	599,03	0	599,03
10	145,50	250	311,98
15	59,91	500	201,64
20	43,76	750	150,99
25	40,71	1000	123,70
30	40,13	1250	107,04

Dados para simulação:

Mesmos que os utilizados na simulação anterior.

Tempo em que o efluente é descartado após o início da lavagem = 5 minutos

Reúso de Efluentes

Tratados

- ▶ Qualquer que seja a opção selecionada, deve haver uma preocupação com o seu planejamento;
- ▶ Este planejamento visa garantir a obtenção do máximo benefício, a um custo exequível;
- ▶ É importante que a prática de reúso também seja sustentável;
- ▶ Com a prática de reúso há variação da qualidade do efluente.

Opções tecnológicas para tratamento de efluentes para o reúso

Tecnologia	Classe de contaminante				
	CID	GID	COD	SS	Bactérias e vírus
Evaporação	E / B	NA	B	E	E
Troca iônica e eletrodeionização e eletrodiálise	E	E	NA	NA	NA
Osmose reversa	B	NA	B	E	E
Adsorção em carvão ativado	NA	NA	E / B	NA	NA
Radiação ultravioleta	NA	NA	NA	NA	B / E
Sistema convencional de tratamento de água	NA	NA	NA	E	E
Micro e ultrafiltração	NA	NA	B	E	E/B
Oxidação química(ozônio)	NA	NA	E / B	NA	E
Sistemas biológicos de tratamento	NA	NA	B / E	B	NA

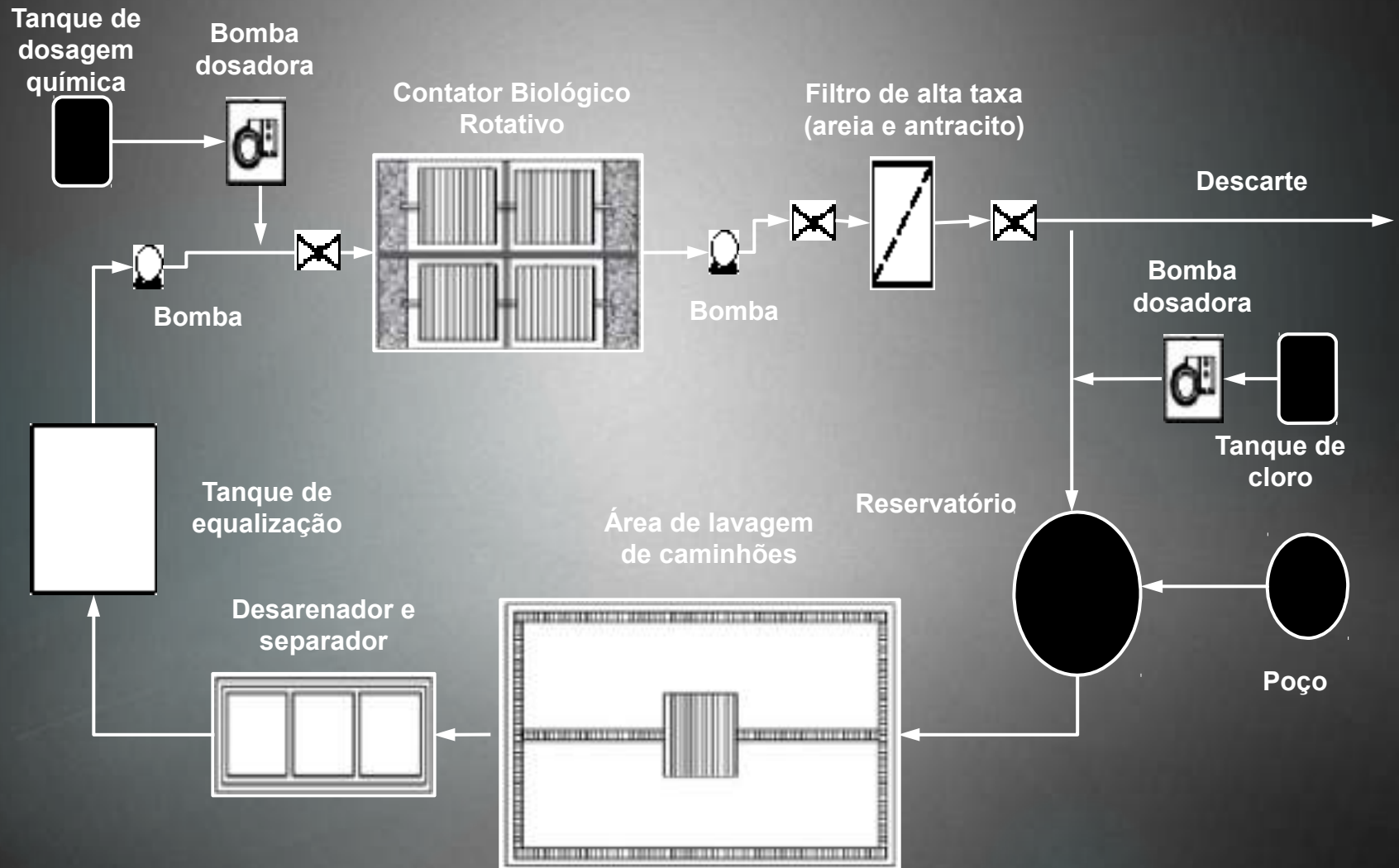
E = Eficiente; B = Bom; NE = Não

CID – Compostos Inorgânicos Dissolvidos; GID – Gases Ionizáveis Dissolvidos; COD – Compostos Orgânicos Dissolvidos; SS – Sólidos em suspensão.

Custos para tratamento complementar de esgotos para produção de água de reúso (Base 2009)

Tipo de água de reúso	Custo por tecnologia de tratamento (US\$/m3)						Custo total (US\$/m3)
	Desnitrificação	Filtração direta e desinfecção com cloro	Clarificação convencional e desinfecção com cloro	Clarificação por MBR e desinfecção com cloro	Clarificação por microfiltração	Desinfecção prévia com radiação UV	
Água de reúso clarificada sem desnitrificação prévia	--X--	0,28	--X--	--X--	--X--	--X--	0,28
		0,28	--X--	--X--	--X--	0,01	0,29
		--X--	0,35	--X--	--X--	--X--	0,35
		--X--	0,35	--X--	--X--	0,01	0,36
		--X--	--X--	0,49	--X--	--X--	0,49
		--X--	--X--	--X--	0,28	--X--	0,28
Água de reúso clarificada com desnitrificação prévia	0,44	0,28	--X--	--X--	--X--	--X--	0,72
		0,28	--X--	--X--	--X--	0,01	0,73
		--X--	0,35	--X--	--X--	--X--	0,79
		--X--	0,35	--X--	--X--	0,01	0,80
		--X--	--X--	0,49	--X--	--X--	0,93
		--X--	--X--	--X--	0,28	--X--	0,72

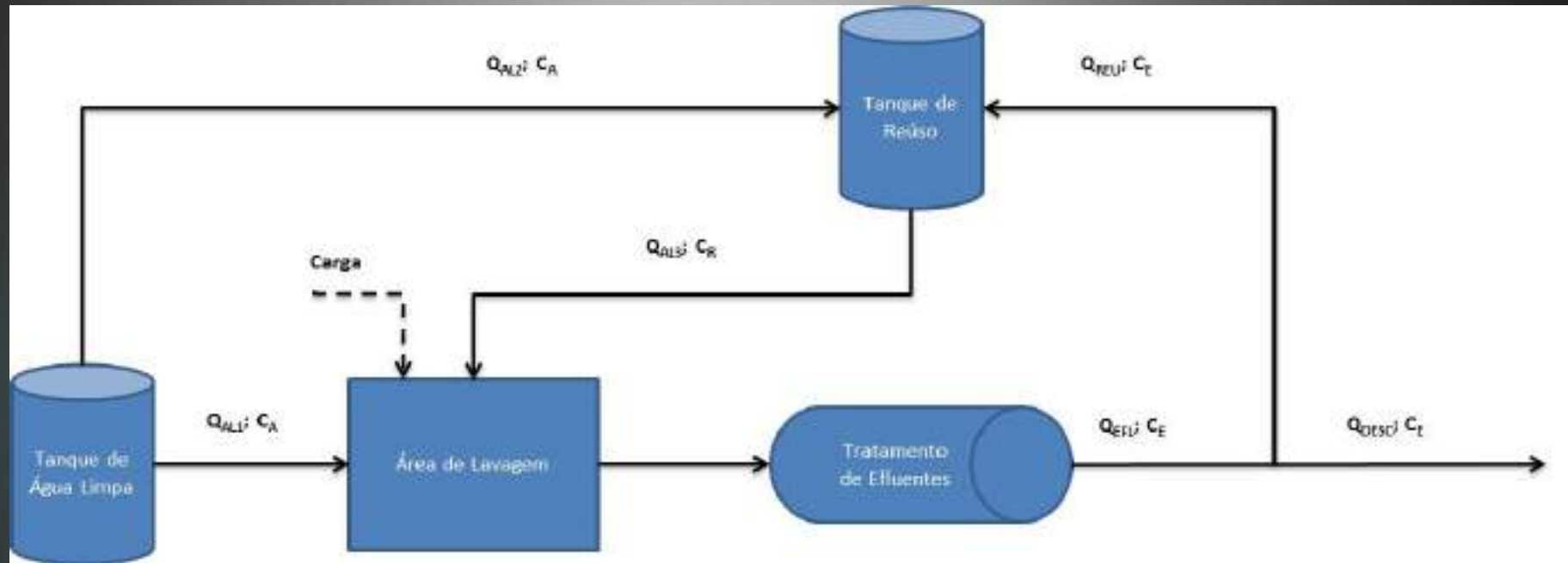
Reúso de água em lavagem de caminhões



Características do efluente da lavagem antes e depois do tratamento

Variável de Qualidade	Antes CBR	Após CBR	Após Filtro	Unidade
pH	6,1 ± 0,4	6,0 ± 0,6	6,0 ± 0,4	--
Cor	242 ± 81	51 ± 16	45 ± 14	uC
Turbidez	156 ± 45	28 ± 15	15 ± 6,0	NTU
Condutividade	596 ± 155	489 ± 202	518 ± 214	µs/seg
SDT	284 ± 76	230 ± 96	244 ± 99	mg SDT /L
DQO	626 ± 125	296 ± 70	265 ± 72	mg O ₂ /L
DBO	169 ± 24	24 ± 15	14 ± 7,3	mg O ₂ /L
COT	44 ± 19	21 ± 8,0	17 ± 4,0	mg C/L

Determinação do Potencial de Reúso

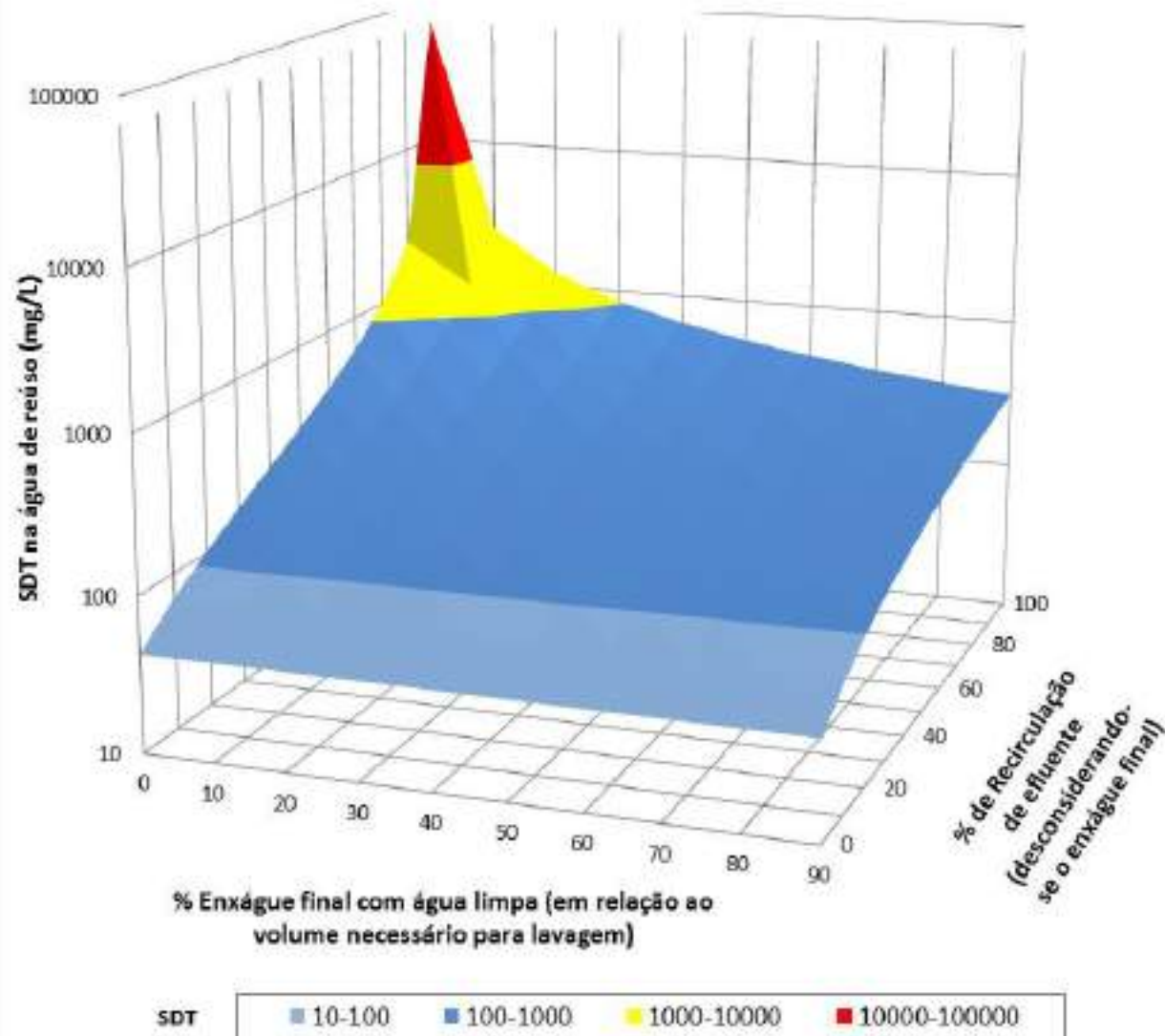


$$C_E = \frac{C_{arg a}}{Q_{Lavagem} (1 - \%R \cdot (1 - \%L_{AL}))} + C_A$$

$$C_{REU} = C_A (1 - \%R) + C_E \cdot \%R$$

Resultados do Balanço, considerando-se o enxágue final com água limpa (30% da vazão de lavagem)

%R	QAL1	QAL2	QDESC	CE	QREU	CREU	% Global de reúso
0%	2.40	5.60	8.00	284.00	0.00	0.00	0.0
10%	2.40	5.04	7.44	302.14	0.56	68.91	7.0
20%	2.40	4.48	6.88	323.23	1.12	99.05	14.0
30%	2.40	3.92	6.32	348.06	1.68	134.52	21.0
40%	2.40	3.36	5.76	377.72	2.24	176.89	28.0
50%	2.40	2.80	5.20	413.77	2.80	228.38	35.0
60%	2.40	2.24	4.64	458.52	3.36	292.31	42.0
70%	2.40	1.68	4.08	515.55	3.92	373.78	49.0
80%	2.40	1.12	3.52	590.73	4.48	481.18	56.0
90%	2.40	0.56	2.96	694.35	5.04	629.22	63.0
100%	2.40	0.00	2.40	846.33	5.60	846.33	70.0



Variação da concentração do contaminante de controle em função das porcentagens de recirculação de efluente e do uso de água limpa no enxágue final

Opções para Reciclagem e Reúso de Água



Technologies for Water Recycling and Reuse in Latin American Context: Assessment, Decision Tools and Implementable Strategies under an Uncertain Future

Instituições participantes COROADO

No	Name	Short Name	Country
1	AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS	AUA	Greece
2	STICHTING DIENST LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK	ALTERA	Netherlands
3	AGENCIA ESTATAL CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS	CSIC	Spain
4	UNIVERSIDADE DO PORTO	UPORTO	Portugal
5	NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS	NTUA	Greece
6	UNIVERSIDADE DE SAO PAULO	USP	Brazil
7	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE	PUC	Chile
8	T.C. GEOMATIC LTD	GEOMATIC	Cyprus
9	NORWEGIAN INSTITUTE FOR AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL RESEARCH - BIOFORSK	BIOFORSK	Norway
10	FACHHOCHSCHULE NORDWESTSCHWEIZ	FHNW	Switzerland
11	TECNOLOGIA DE CALIDAD SA DE CV	TDC	Mexico
12	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA	UC	Argentina
13	SISTEMAS ESPECIALIZADOS PARA AGUA SA DE CV	SEA	Mexico



Funded by



Login

[Project Site](#)

[Knowledge Base](#)

Technologies for Water Recycling and Reuse in Latin American Context: Assessment, Decision Tools and Implementable Strategies under an Uncertain Future



DSS (Decision Support System)

[Create new Study Area](#)

or

[Select existing Case Study](#) ▼

This project has received funding from the European Union's Seventh Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement No. 283025

Sistema de suporte à Decisão para Programas de Reúso



Funded by



Username

Password

Login

Project Site

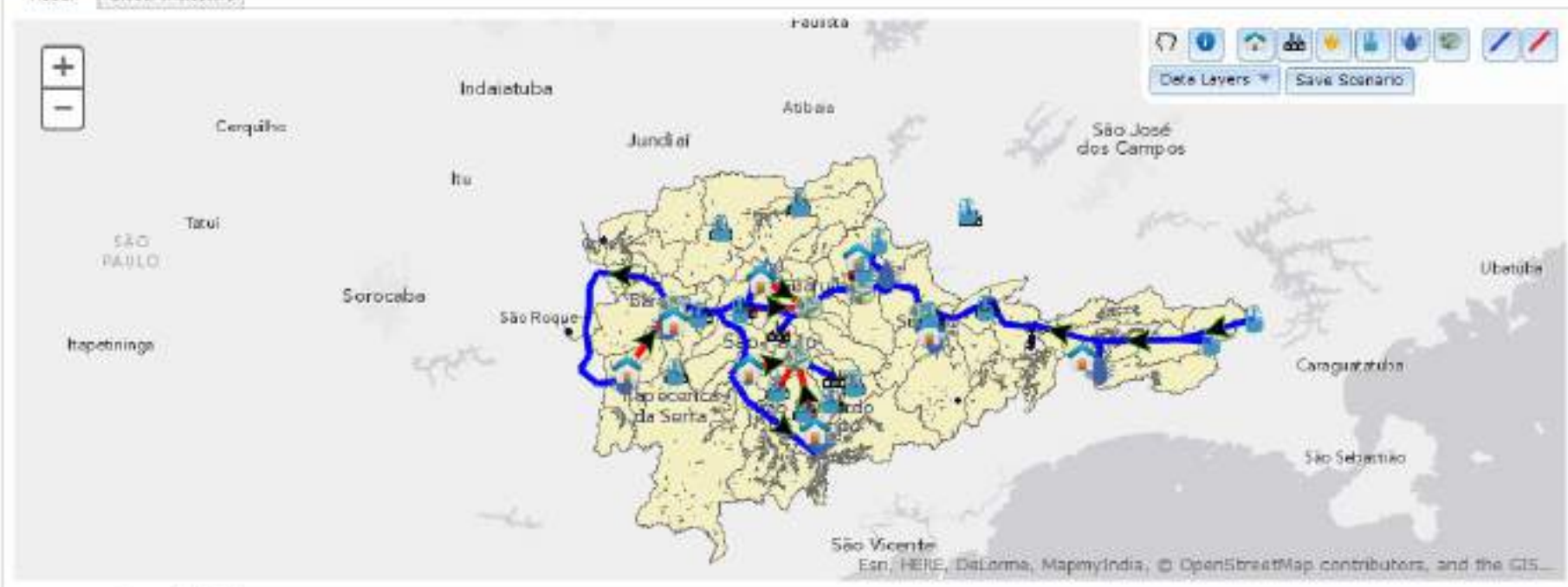
Knowledge Base

Model Global Indicators



Data Layers

Save Scenario



Existing Conditions



Run Simulation

Tela mostrando a RSMP e a Organização para a Estrutura de Reúso

Conclusões

- ▶ A falta de planejamento nos grandes centros urbanos tem resultado em problemas induzidos de escassez de água;
- ▶ Para enfrentar estes problemas é necessária uma abordagem integrada;
- ▶ Um programa de reúso abrangente, pode ajudar a reduzir os impactos associados à escassez de água;
- ▶ Contudo é necessário avaliar cuidadosamente cada opção.

Obrigado pela Atenção!