

Reúso de Água na Engenharia Civil

GRUPO 03

Alan Farias Soares | 9317142

Andresa Carneiro dos Reis | 9011332

Beatriz Stella Chamie | 8960927

Caroline Casarin Lohnhoff | 8961150

Fabiana Mayumi Suzuki | 9811428

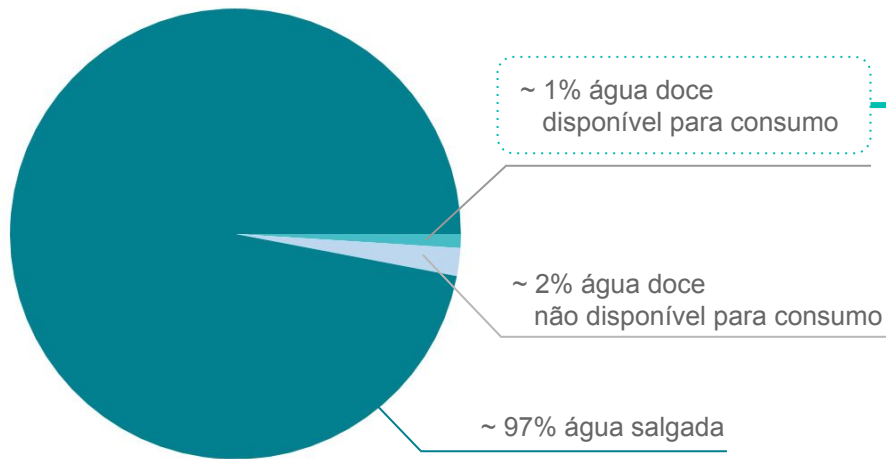
Gabriela Braga Garcia Rosa | 9317681

Letícia Mariano Crispim dos Santos | 9318226

Mirella Chiara Di Gregorio | 9811112

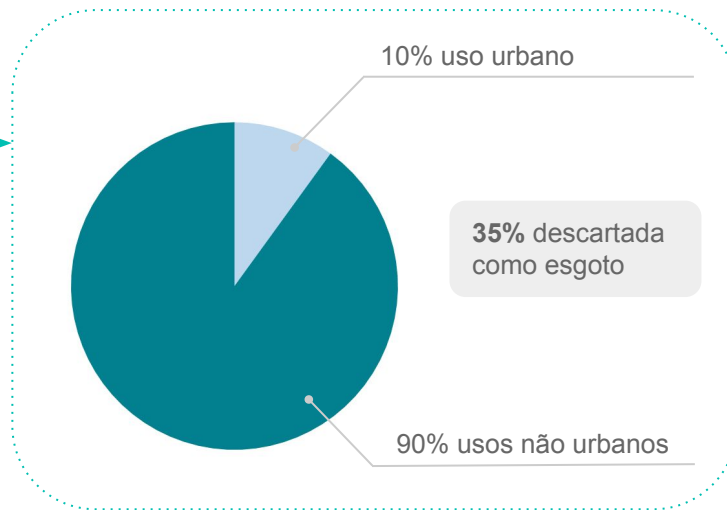
Por que reutilizar?

Disponibilidade hídrica



Disponibilidade hídrica no mundo

Elaboração própria. Dados: MANCUSO E SANTOS (2003)



Usos da água doce disponível para consumo no mundo

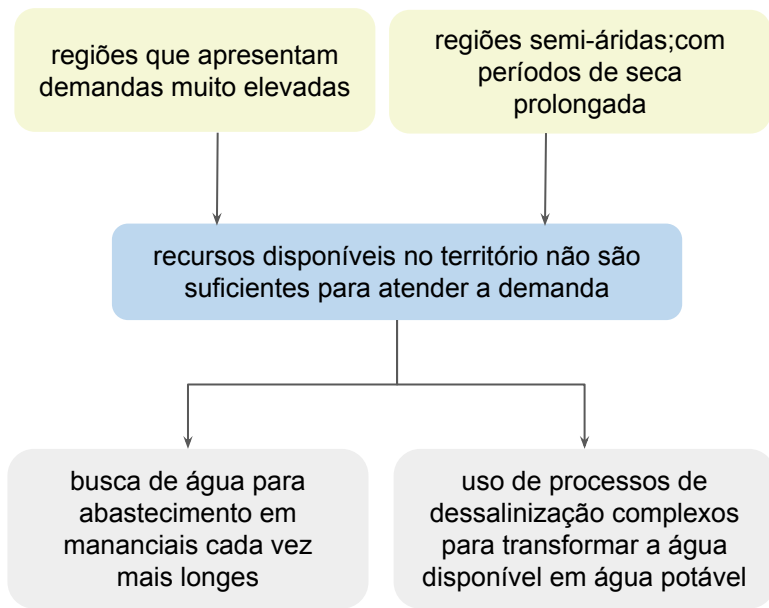
Elaboração própria. Dados: MANCUSO E SANTOS (2003)

“Hoje, **cerca de 262 milhões de pessoas já enfrentam escassez de água**. Em 30 anos, a população mundial será cerca de 8 bilhões de pessoas e o número de indivíduos que sofrerão com a carência de água aumentará para 3 bilhões.” (ALMEIDA, 2011)

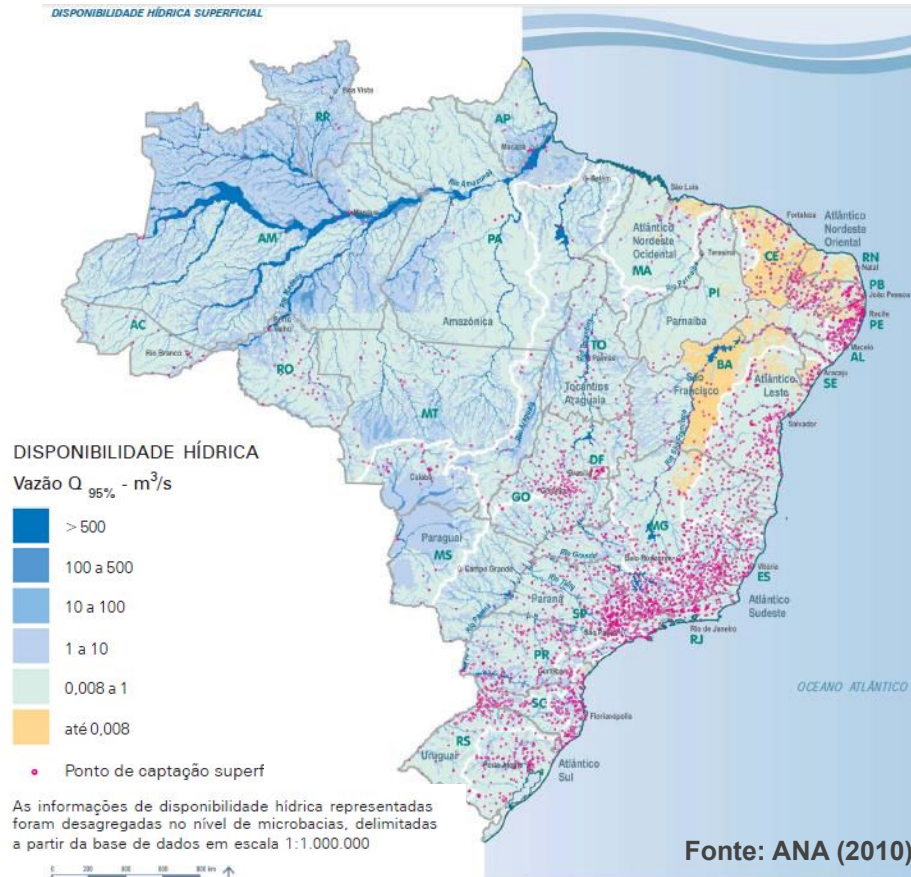
Por que reutilizar?

Disponibilidade x Demanda

A distribuição dos recursos hídricos no território é irregular..

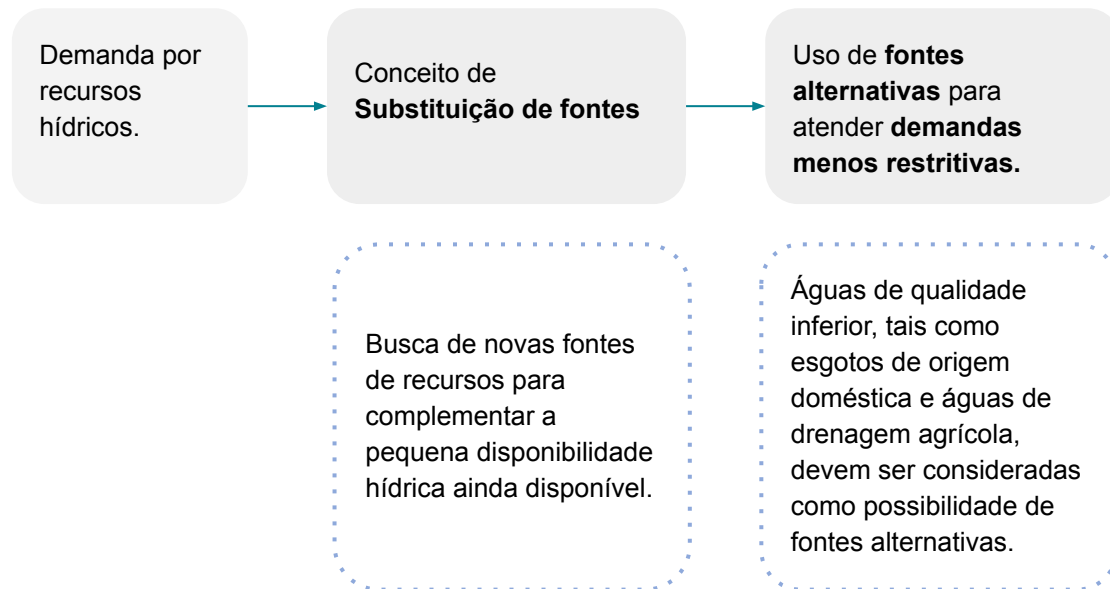


DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL



Por que reutilizar?

Necessidade de busca de novas fontes para atender a demanda



1985

**CONSELHO ECONÔMICO
E SOCIAL DA ORGANIZAÇÃO
DAS NAÇÕES UNIDAS**

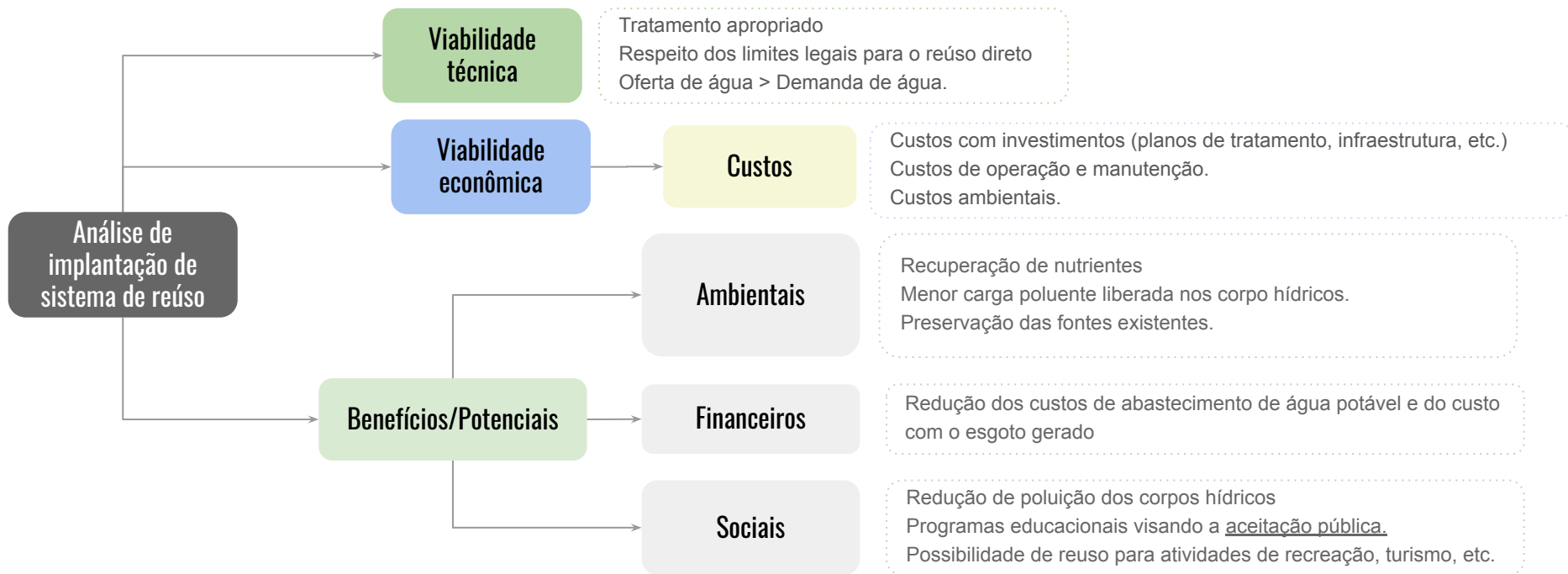


Política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos:

“a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”

Por que reutilizar?

Potenciais e viabilidade da implantação de um sistema de reúso de água

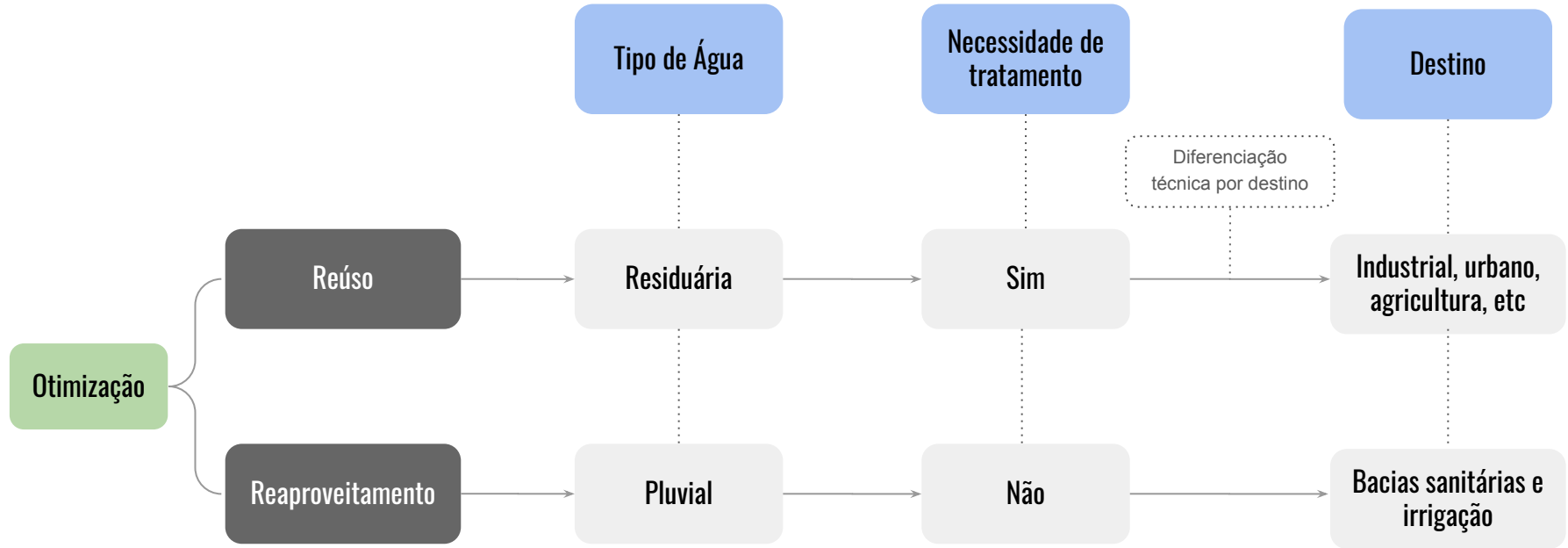


Parâmetros que podem ser de interesse em um estudo de viabilidade técnica e econômica em um projeto de reúso de água.

Fonte: autoria própria; adaptado de VERLICCHI E ZANNI (2020).

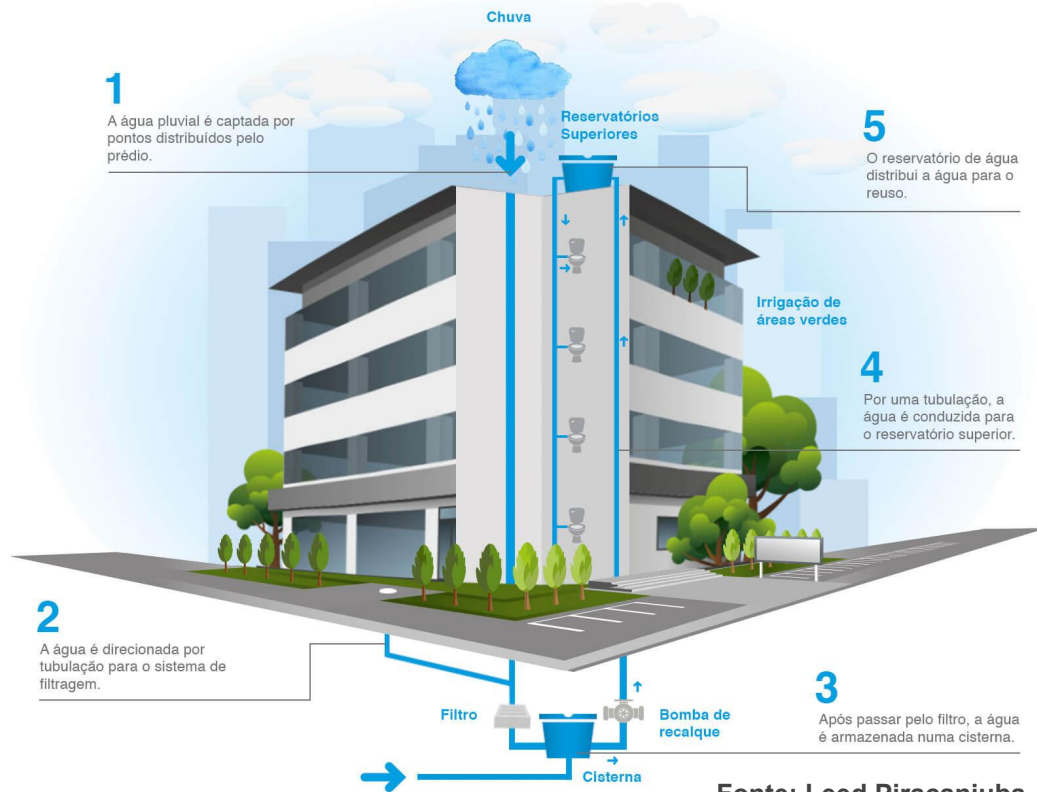
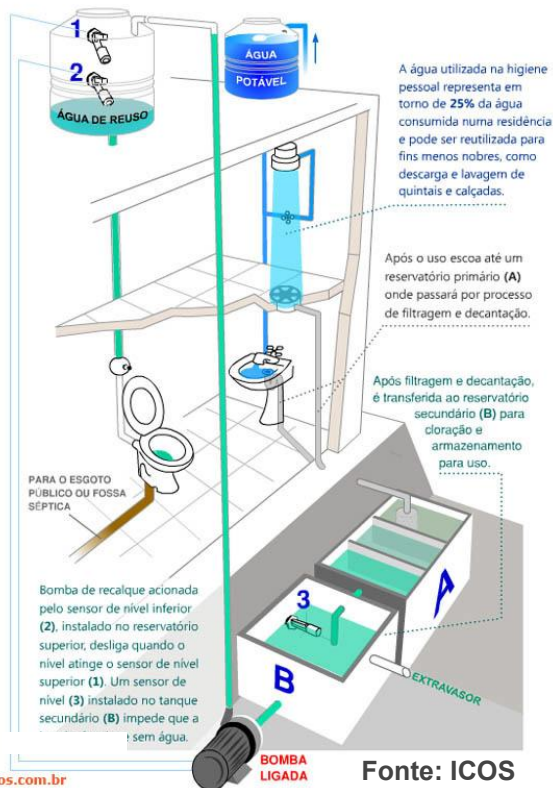
Conceitos e Definições

Reúso x Reaproveitamento



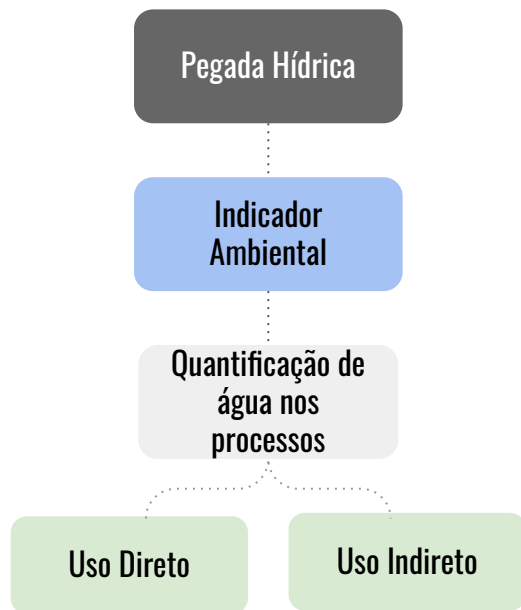
Conceitos e Definições

Reúso x Reaproveitamento



Como gerir a utilização?

Quantificando: Pegada Hídrica



Definição e classificação de Pegada Hídrica (PH)

Fonte: HOEKSTRA (2011)



Pegada hídrica azul (PH_{azul}): água “perdida” em um determinado processo; relevante para agricultura, indústria e uso doméstico



Pegada hídrica verde (PH_{verde}): água precipitada, armazenada no solo, evaporada, transpirada ou incorporada pelas plantas; relevante para produtos agrícolas, horticultura e florestais ou para a irrigação



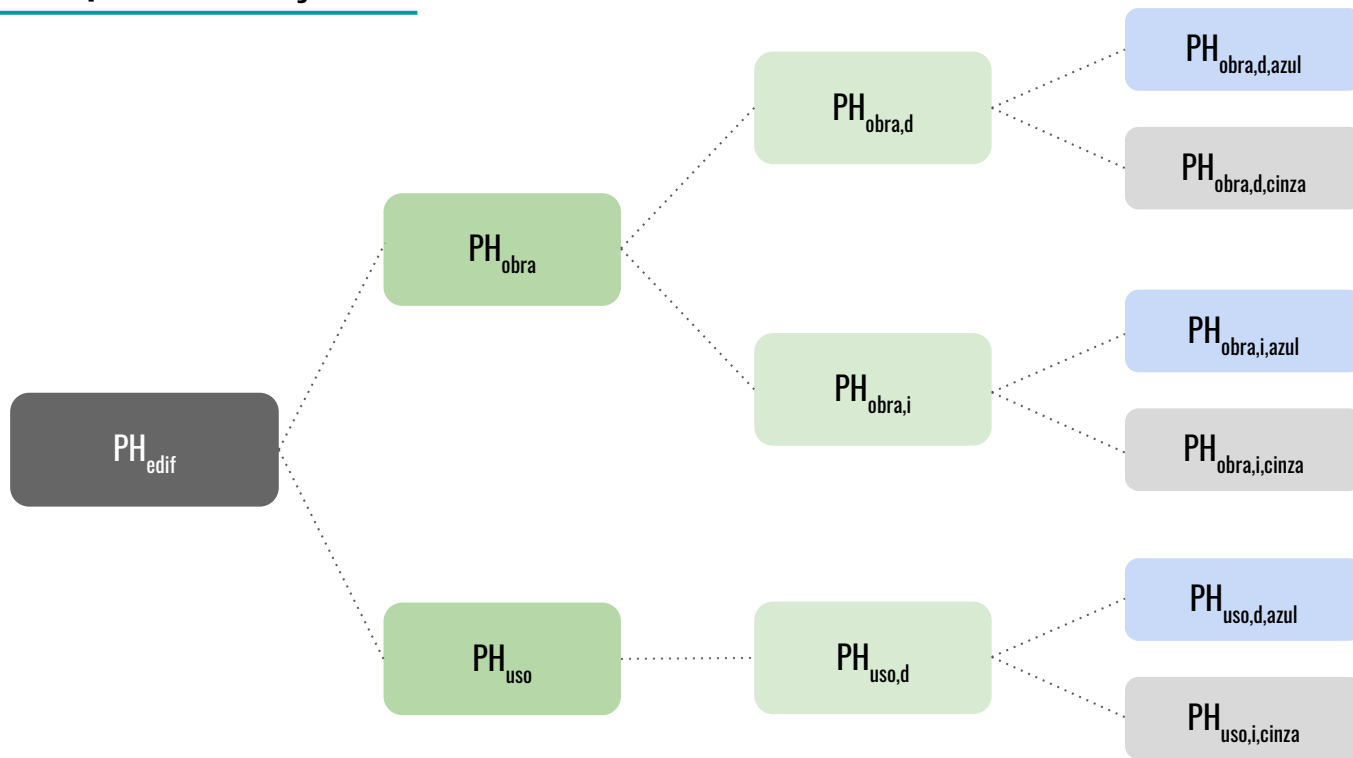
Pegada hídrica cinza (PH_{cinza}): quantidade de água doce necessária para assimilar poluentes e atender aos parâmetros de qualidade da água

Tipos de Pegada Hídrica

Fonte: adaptado de HOEKSTRA (2011)

Como gerir a utilização?

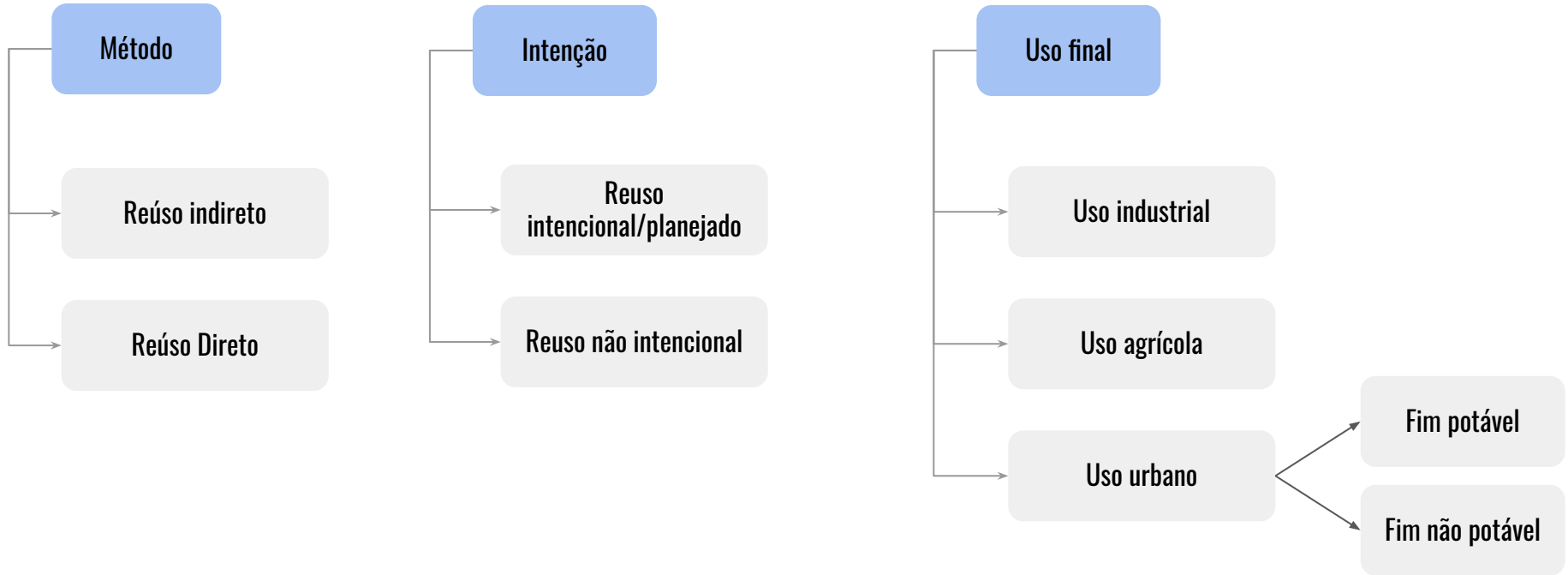
Pegada Hídrica para Edificações



Fonte: adaptado de HOEKSTRA (2011)

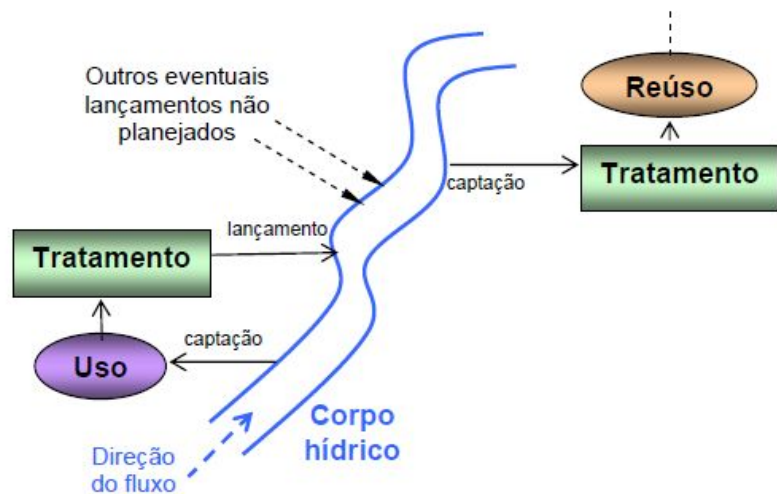
Classificações

Tipos de classificação

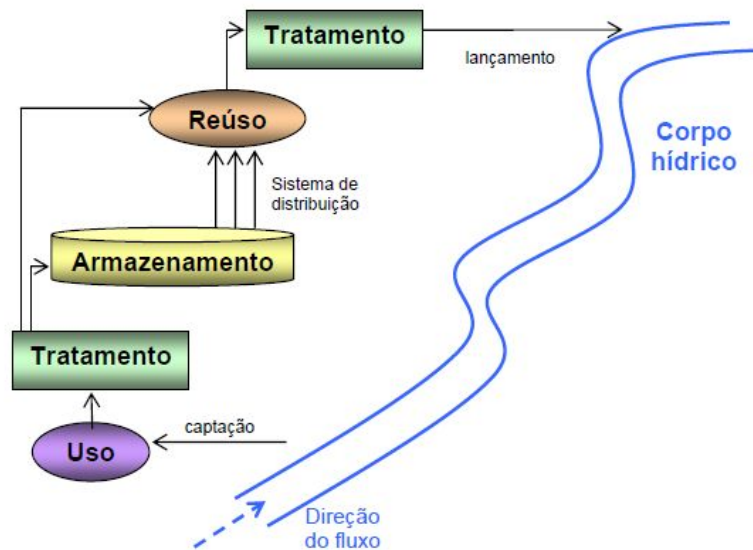


Classificações

Classificação quanto ao método



Reúso indireto não planejado da água



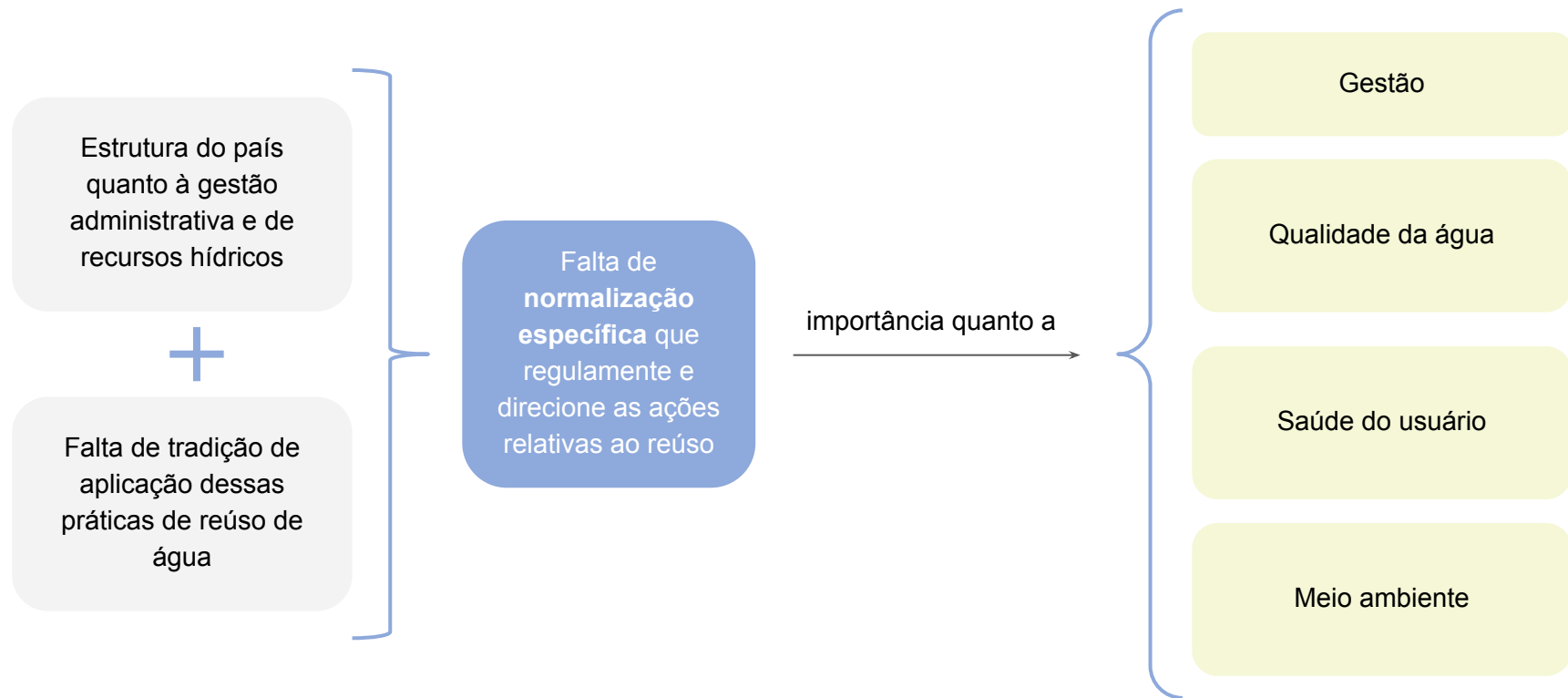
Reúso Direto planejado da água

Classificações

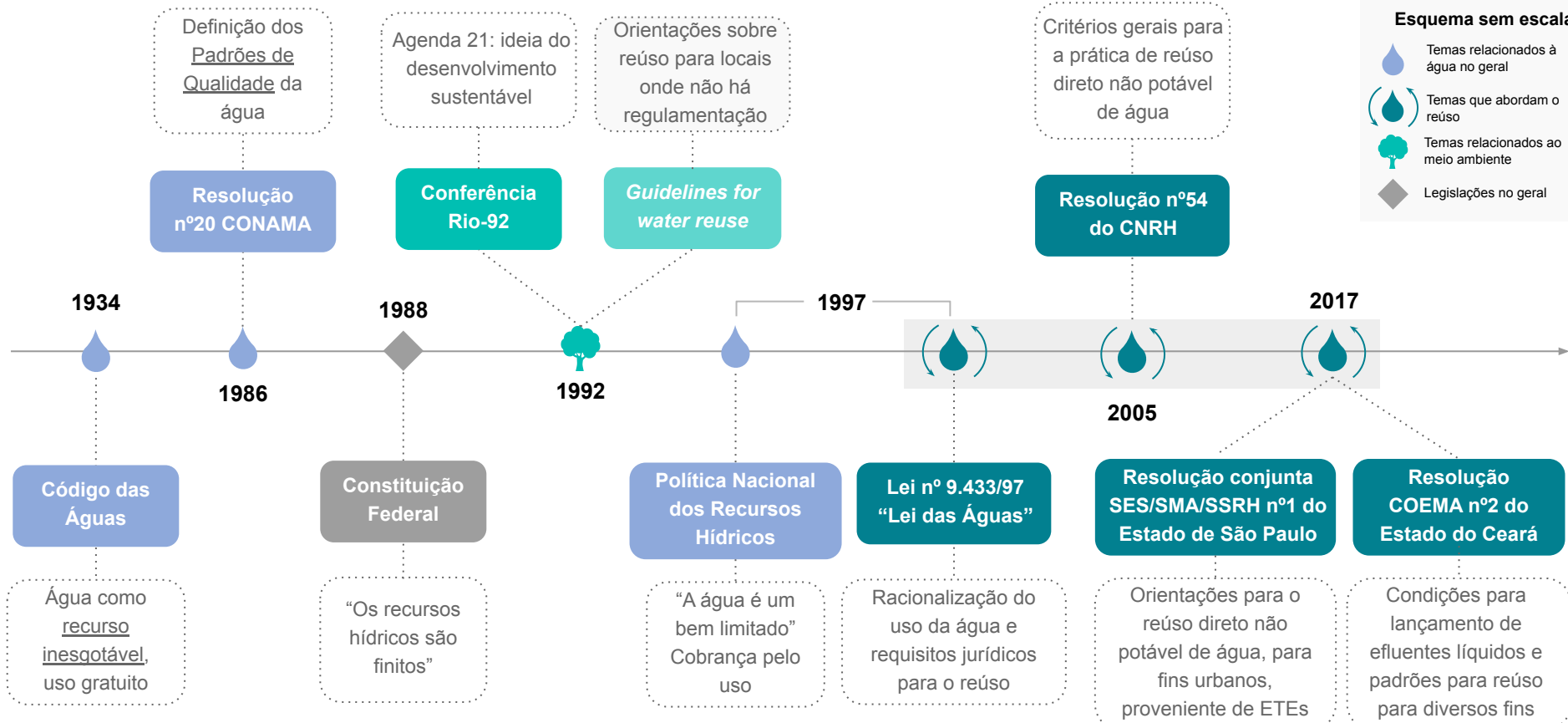
Classes de água de reúso pela NBR 13-969 e padrões de qualidade

Água de Reúso	Aplicações	Padrões de Qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100mL
Classe 3	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 5000 NMP/100mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

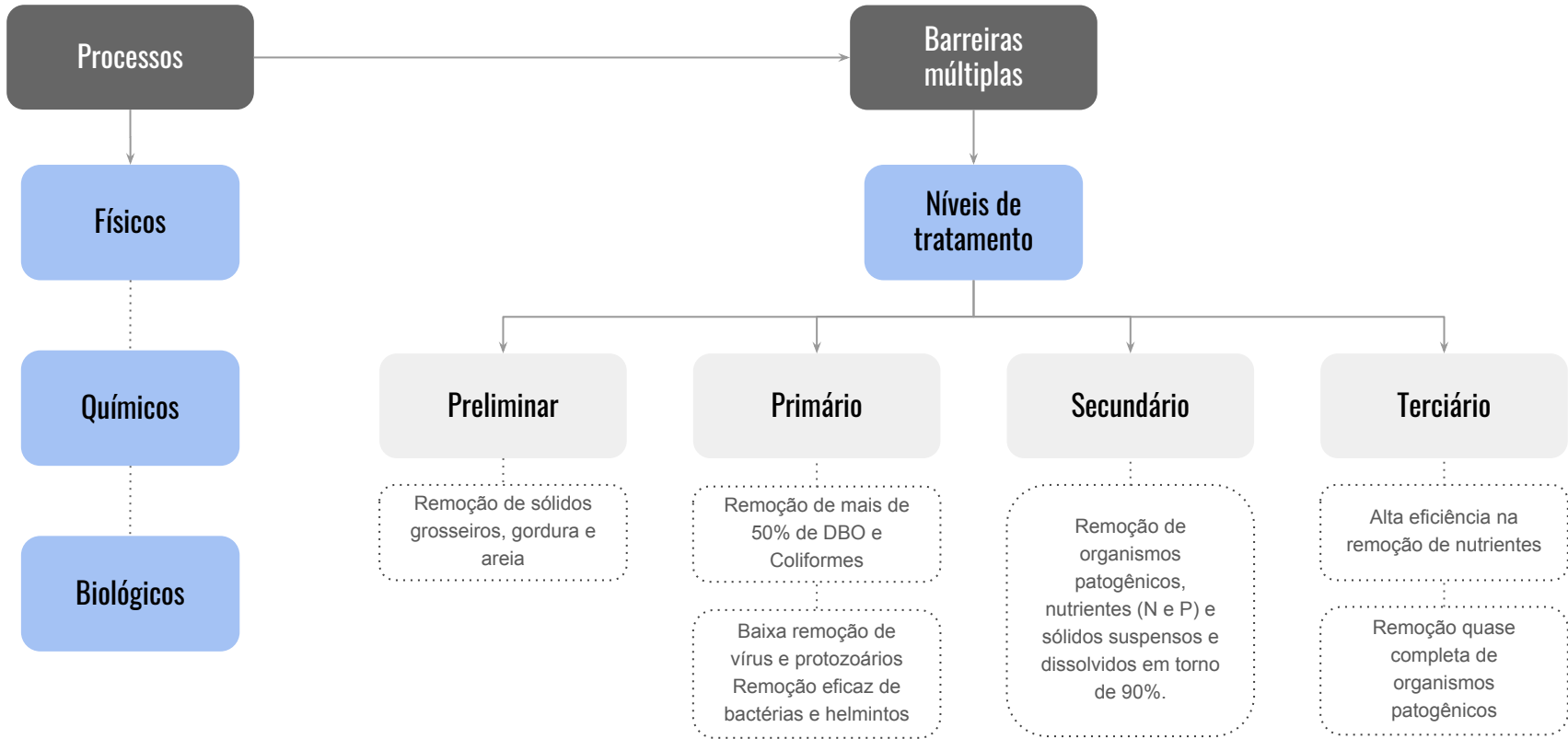
A Legislação brasileira: situação no país



A Legislação brasileira: histórico

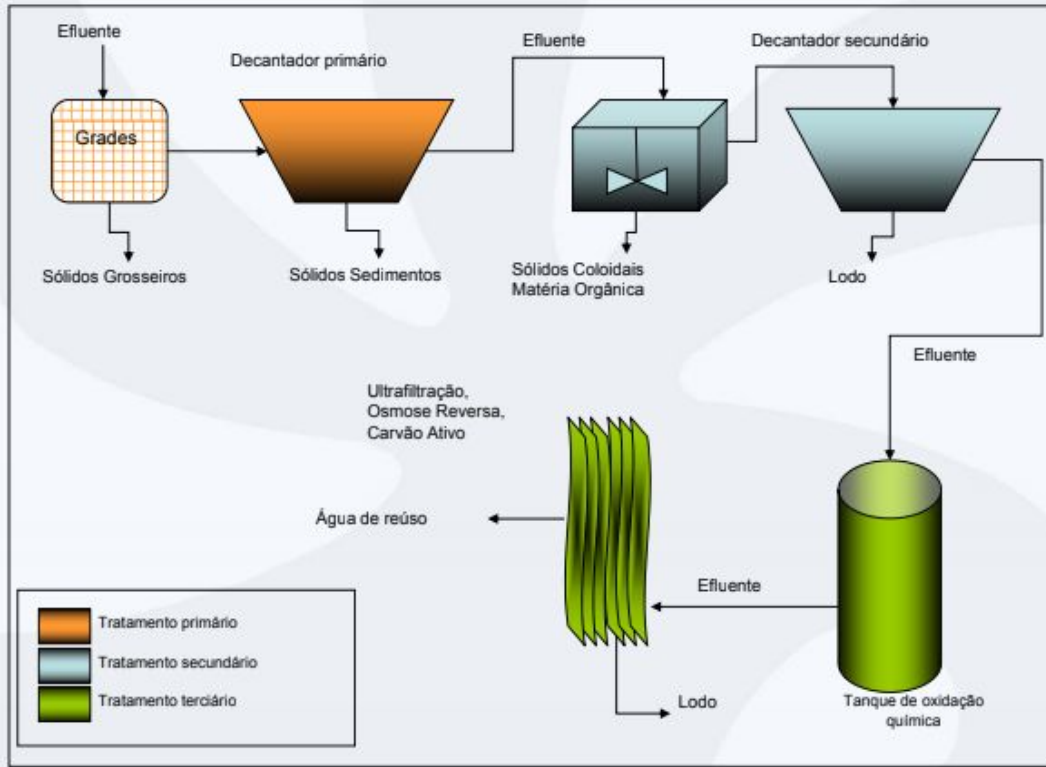


Tipos de tratamento que podem ser aplicados

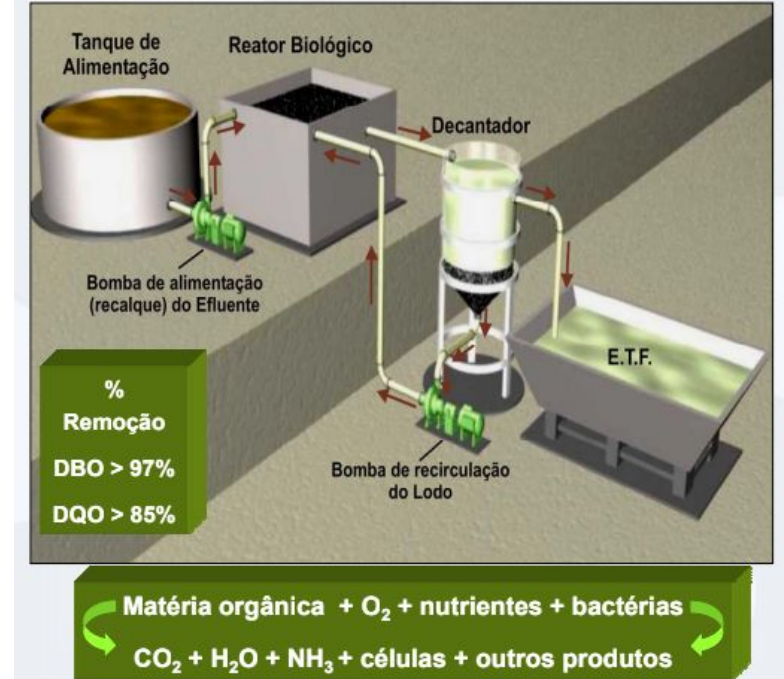


Elaboração própria. Dados: Convênio ADASA/UnB (2017)

Tipos de tratamento que podem ser aplicados



Tratamento de efluentes.
CETREL.

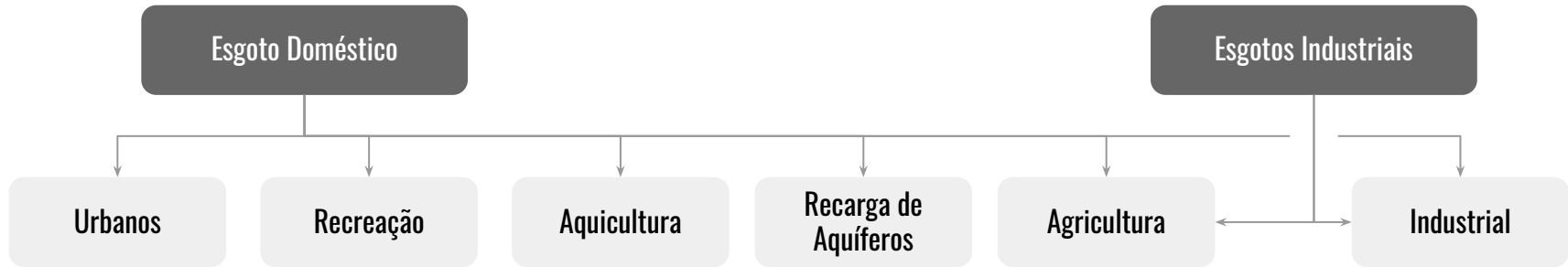


Tratamento secundário de efluentes.
CETREL.

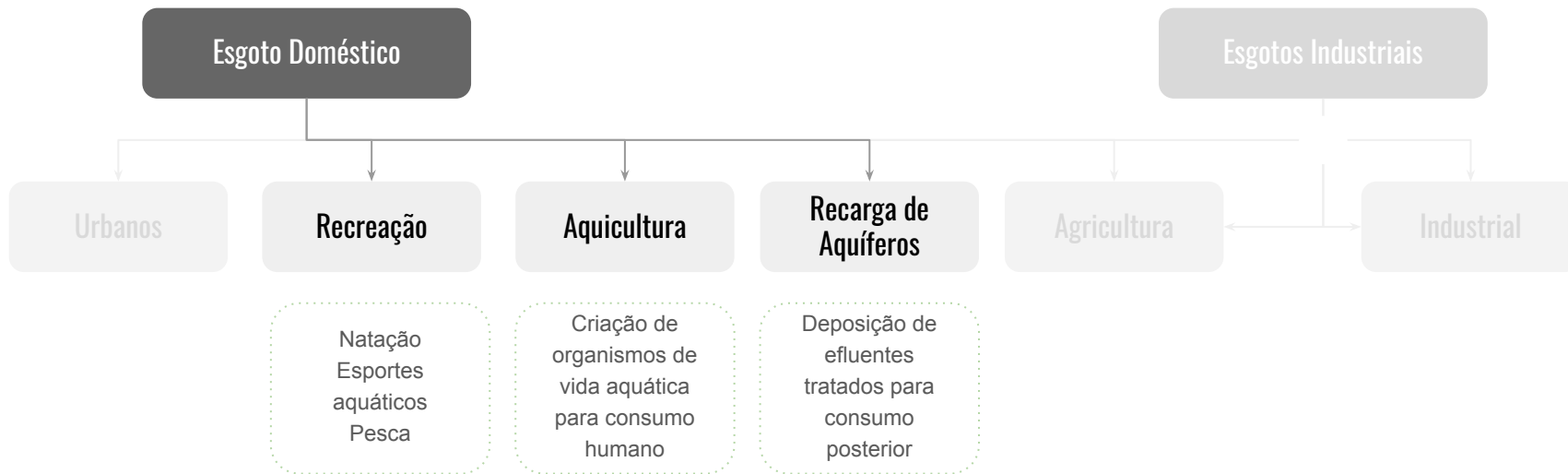
Descrição dos tipos de tratamento para reúso de água e esgoto recuperado (ANA/FIESP/Sinduscon/2005)

	Separação líquido/sólido		Tratamento biológico		Tratamentos avançados			
Processo	SEDIMENTAÇÃO	FILTRAÇÃO	TRATAMENTO AERÓBIO BIOLÓGICO	DESINFECÇÃO	COAGULAÇÃO FLOCULAÇÃO QUÍMICA	TRATAMENTO COM CAL	FILTRAÇÃO POR MEMBRANA	OSMOSE REVERSA
Descrição	Sedimentação por gravidade de substância particulada, flocos químicos e precipitação.	Remove partículas através da passagem da água por areia ou outro meio poroso.	Metabolismo biológico do esgoto através de microrganismos em uma bacia de aeração ou processo de biofilme.	Inativação de organismos patogênicos usando químicos oxidantes, raios ultravioleta, químicos corrosivos, calor ou processos de separação física (membranas).	Uso de sais de ferro ou alumínio, polieletrólise e/ou ozônio para promover desestabilização das partículas colóides do esgoto recuperado e precipitação de fósforo.	Precipitação de cátions e metais de solução.	Microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração.	Sistema de membrana para separar íons de solução baseados no diferencial de pressão osmótica reversa.
Aplicação	Remove partículas suspensas que são maiores que 30µm. Tipicamente usado como tratamento primário e depois do processo biológico secundário.	Remoção de partículas suspensas que são maiores que 3µm. Tipicamente usadas depois da sedimentação (tratamento convencional) ou seguido de coagulação/floculação.	Remoção de matéria orgânica suspensa e dissolvida do esgoto.	Proteção da saúde pública através da remoção de organismos patogênicos.	Formação de fósforos precipitados e floculação de partículas para remoção através de sedimentação e filtração.	Usado para reduzir escala formando potencial de água, precipitação de fósforo e modificação de pH.	Remoção de partículas e microrganismos da água.	Remoção de sais dissolvidos e minerais de solução; é também eficiente na remoção de partículas.

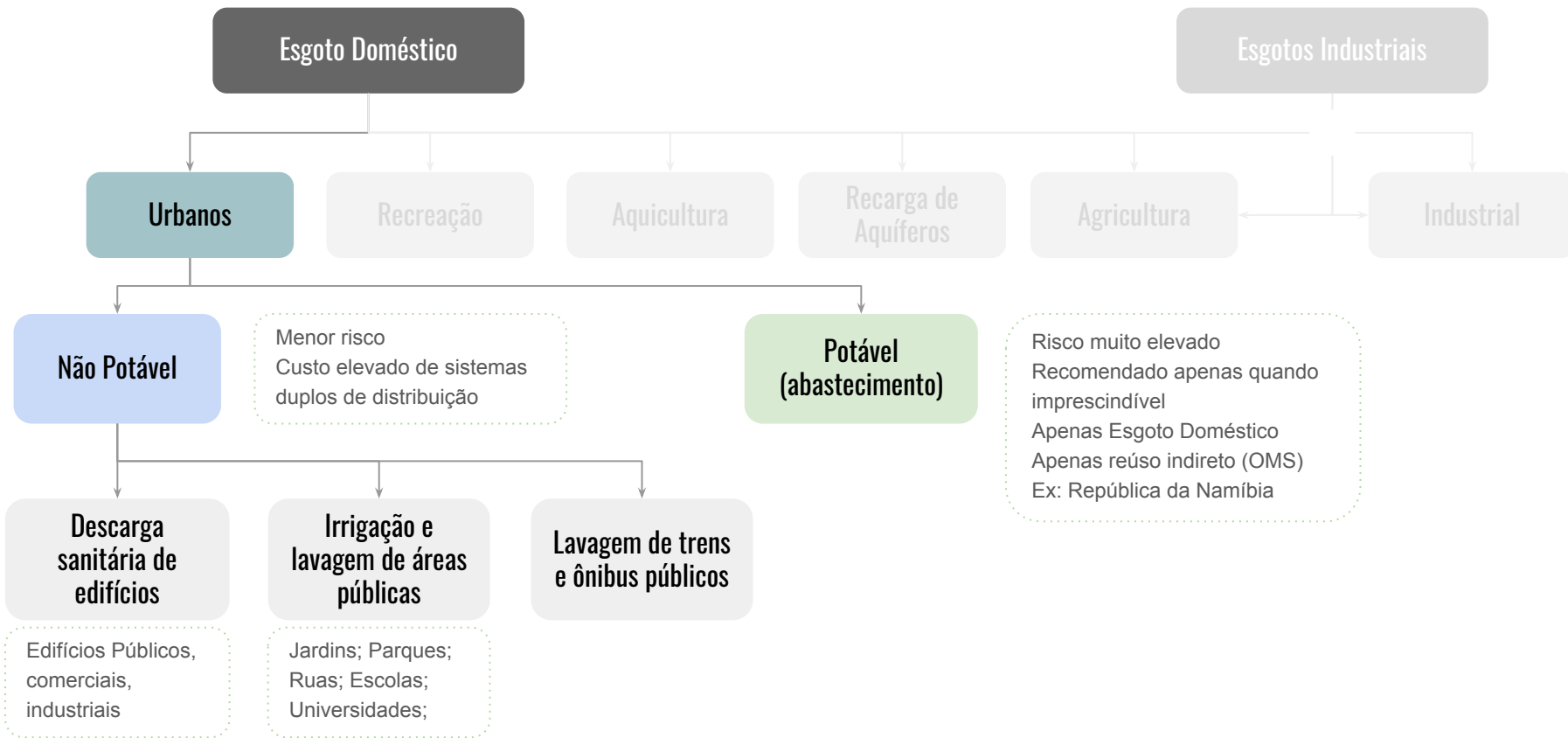
Utilização da água de reúso em diferentes setores



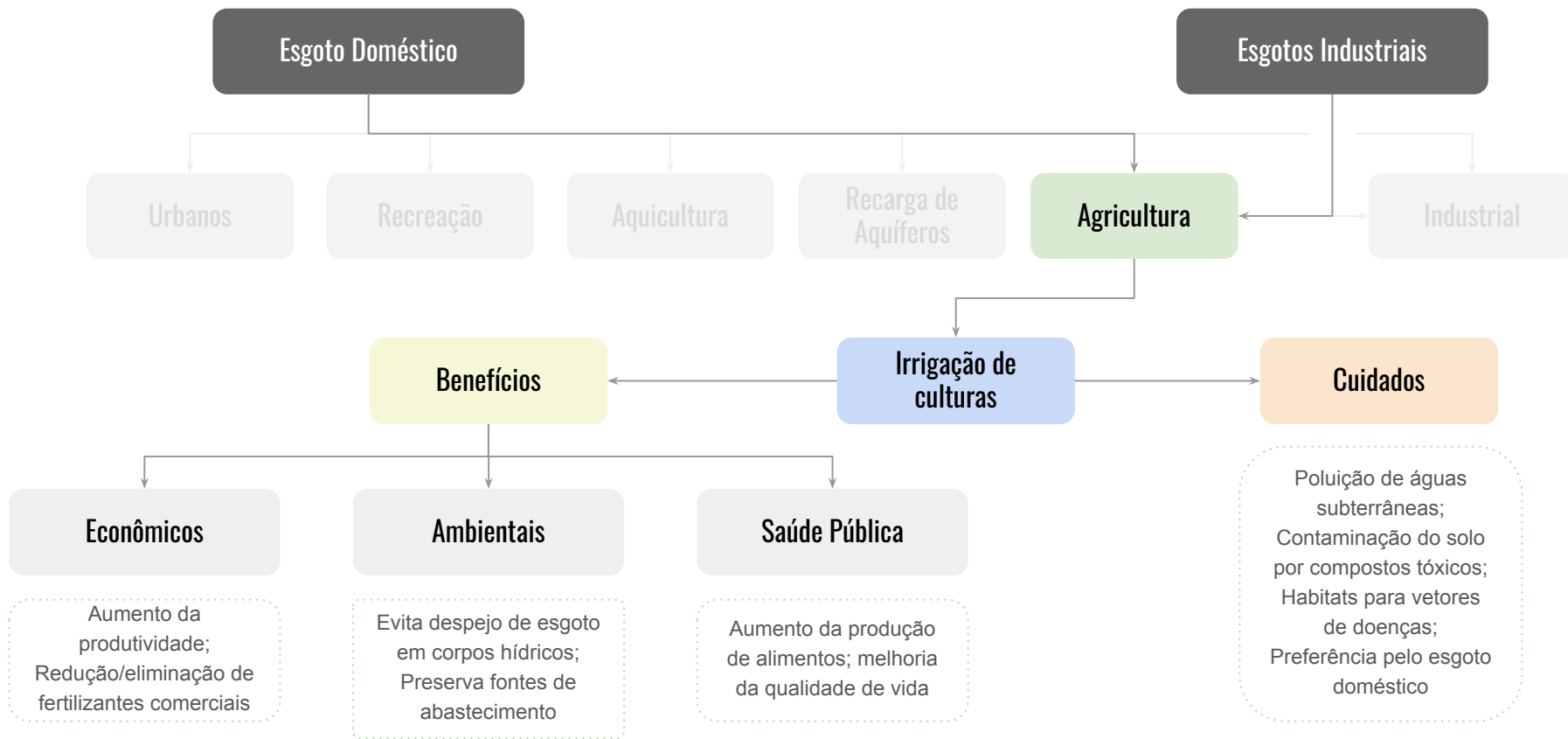
Utilização da água de reúso em diferentes setores



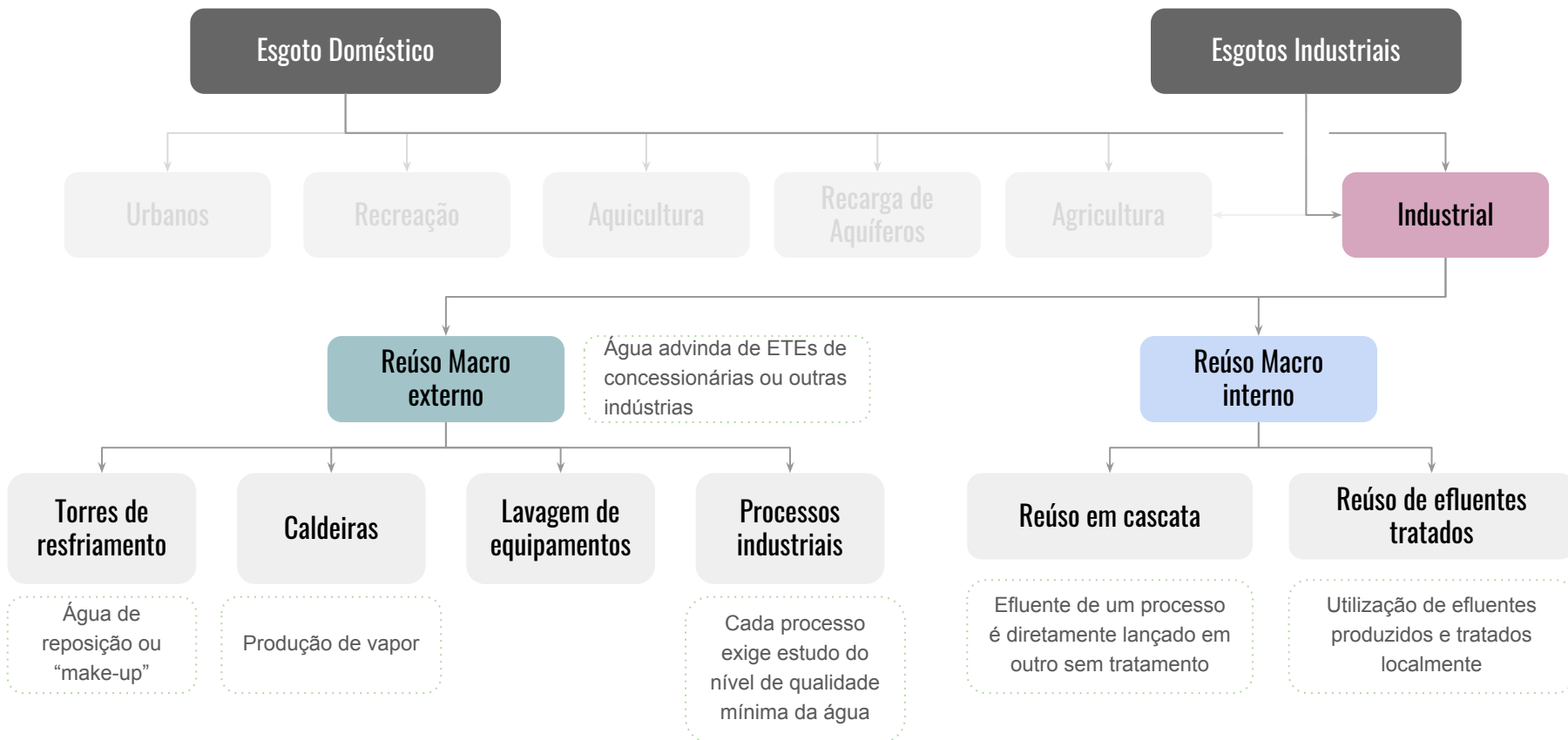
Utilização da água de reúso em diferentes setores



Utilização da água de reúso em diferentes setores



Utilização da água de reúso em diferentes setores



Exemplo 1 - Aquapolo



- Tratamento de esgoto doméstico para fins industriais
- ETE do ABC, em SP → Polo Petroquímico de Capuava, em Mauá
- Desenvolvido por Odebrecht e SABESP, em 2012
- Atualmente gerido por GS Inima Brasil e SABESP
- Maior empreendimento para a produção de água de reúso industrial na América do Sul e quinto maior do mundo



Fotos do Aquapolo. GS Inima Brasil.

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

- **Área construída:** 15.000 m²
- **Capacidade de armazenamento de água:** 70.000 litros
- **Capacidade de produção:** 1.000 litros de água de reúso por segundo
- **Economia de água potável:** 2,6 bilhões de litros por mês
- **Adutoras de 17 km** de São Paulo à Mauá
- **Rede de distribuição de 3,6 km**

Exemplo 1 - Aquapolo



- AQUAPOLO
- DEMAIS ÁREAS da ETE

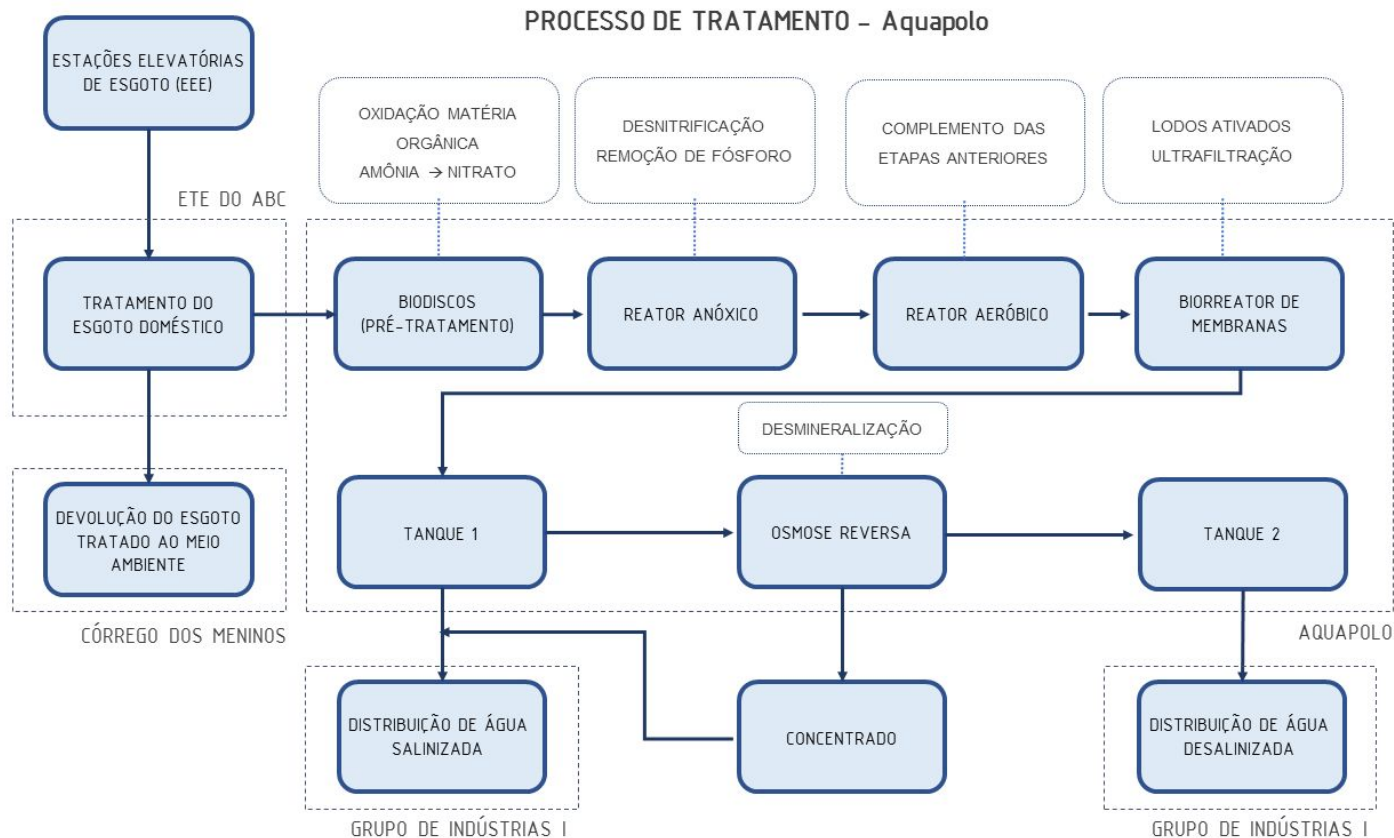
Área ocupada pelo Aquapolo na ETE do ABC.
SABESP e BRK Ambiental (2018).

Exemplo 1 - Aquapolo



Caminho da água tratada. SABESP e BRK Ambiental (2018).

Exemplo 1 - Aquapolo



Exemplo 1 - Aquapolo



Filtros Disco



TMBR



Membranas de Ultrafiltração



Osmose Reversa

- Água de reuso adequada aos parâmetros estabelecidos pelo Polo Petroquímico
- Utilização: limpeza de torres de resfriamento e caldeiras

Tecnologias utilizadas no Aquapolo.
SABESP e BRK Ambiental (2018).

Exemplo 1 - Aquapolo



SABESP e BRK Ambiental (2018)

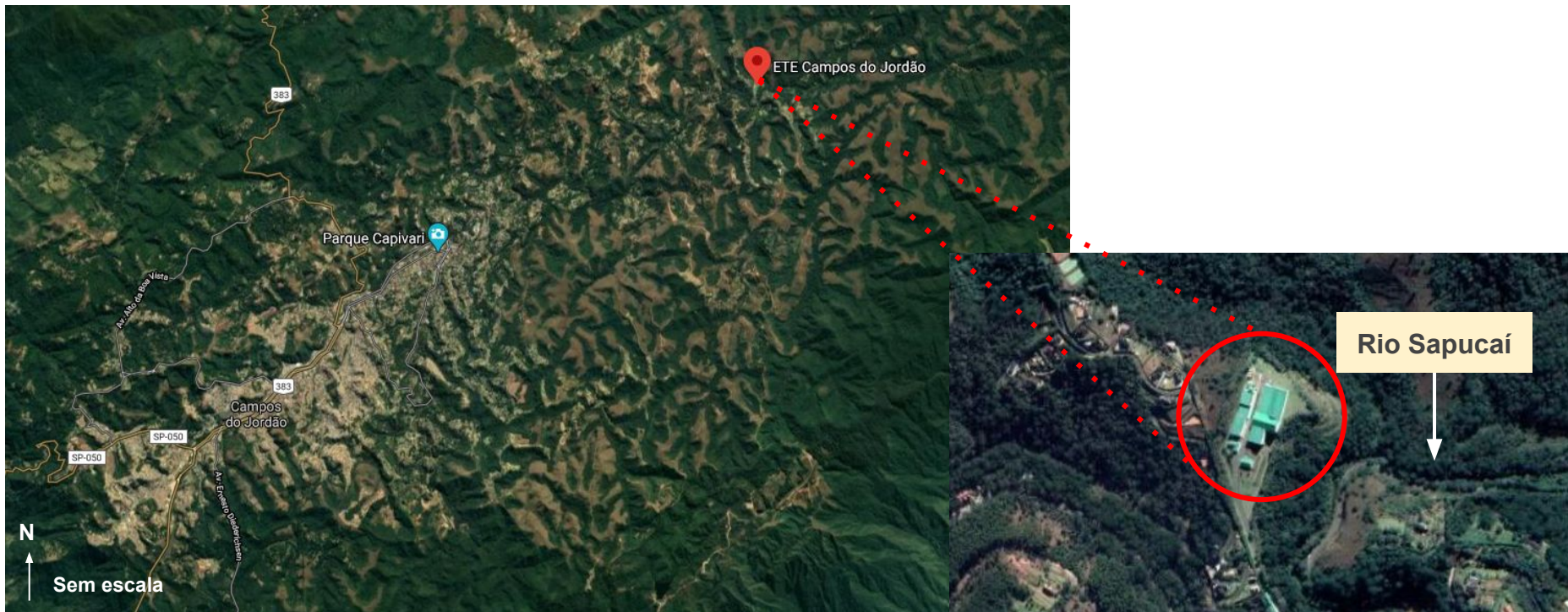
Demanda x Capacidade

- Demanda: ~650 L/s
 - Equivalente ao abastecimento de uma cidade de 500 mil habitantes
 - Exemplo: Santos - SP
- Capacidade: 1000 L/s

O QUE PODE SER FEITO COM A CAPACIDADE OCIOSA?

- Encaminhar para ETA mais próxima
- Água de reúso para uso urbano doméstico
- Diminuição do déficit hídrico em períodos de estiagem

Exemplo 2 - ETE Campos do Jordão



Google Maps (2020)

Exemplo 2 - ETE Campos do Jordão

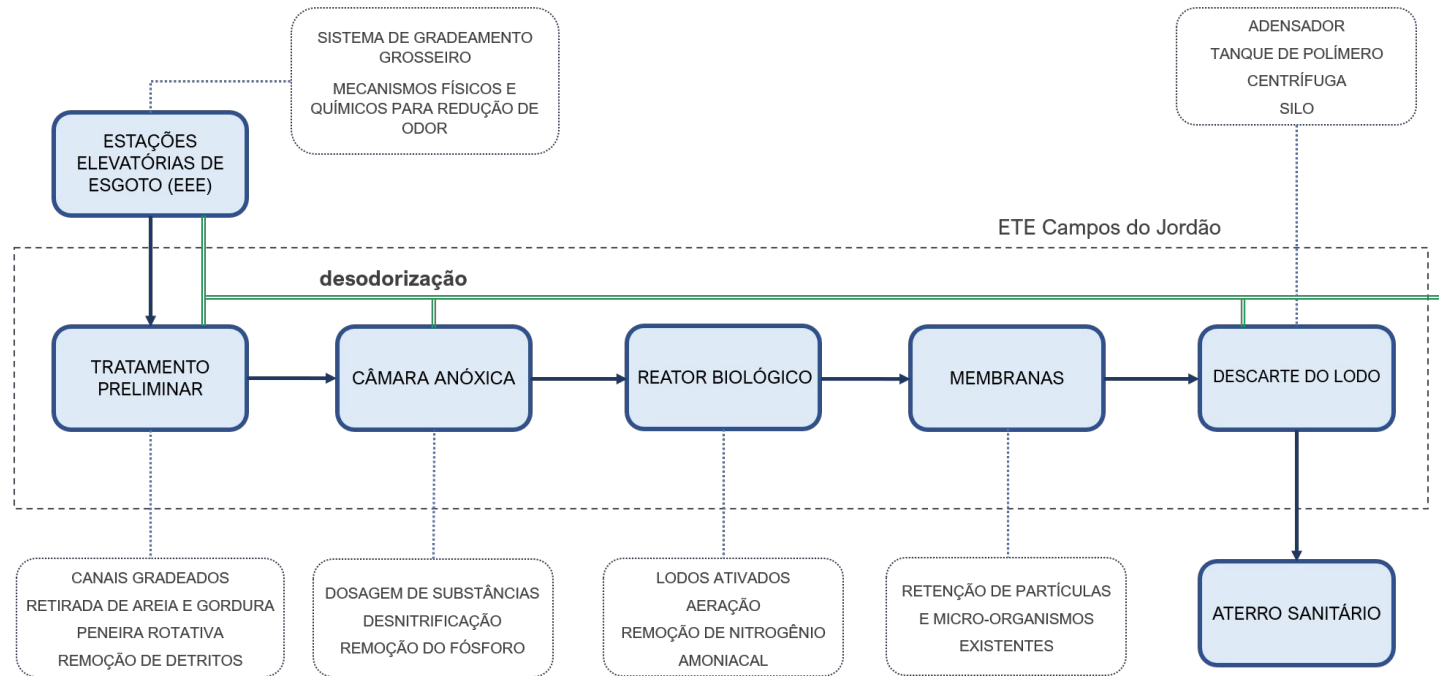


- Primeira ETE nacional totalmente coberta
- Área construída: 5460 m²
- Principais tecnologias: **Lodos ativos e membranas ultrafiltrantes**
- Efluente final classificado como **água de reúso**
- Instalação de um sistema de proteção de ruídos e desodorização dos gases provenientes dos processos
- Projeto básico inicial pela SABESP e adequação pela GS Inima
- Preservação dos rios e afluentes
- R\$ 106 milhões destinados a 21 quilômetros de tubulações: implantação de interceptores de esgoto e 500 ligações

Fotos da Estação de Tratamento de Esgoto
Acemax (2017) e Construtora Elevação.

Exemplo 2 - ETE Campos do Jordão

PROCESSO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - ETE Campos do Jordão

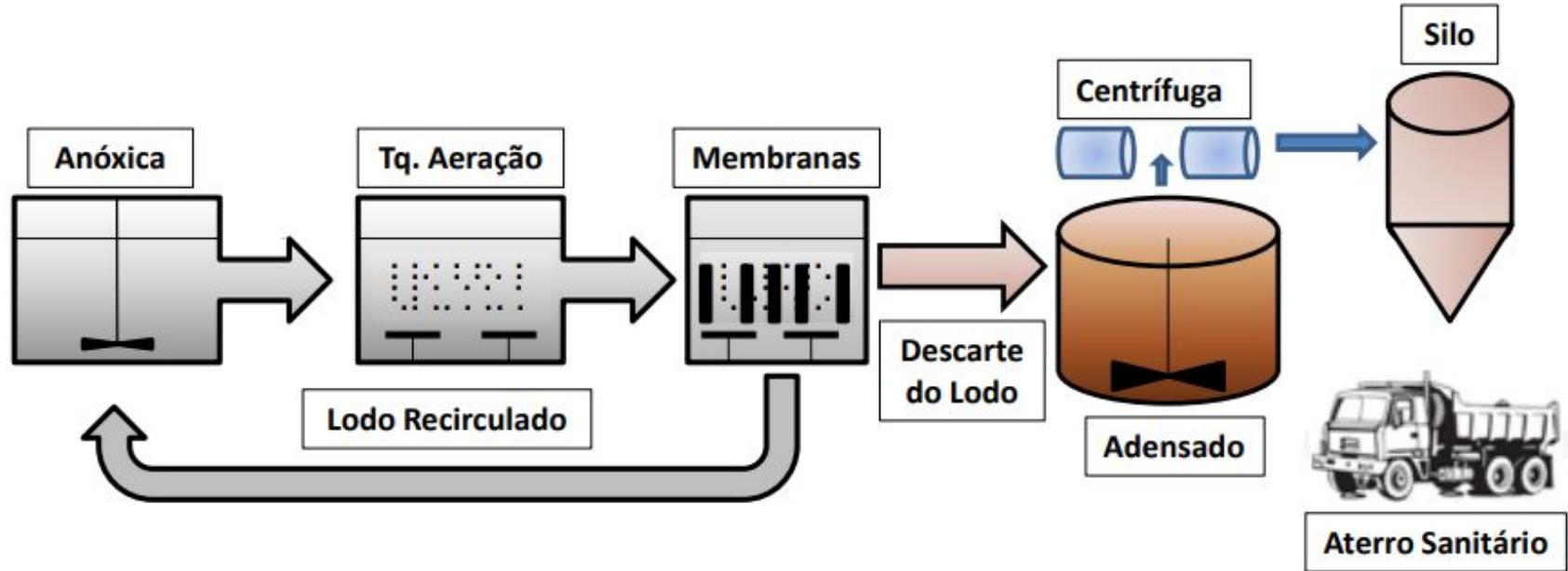


Fluxograma do processo de tratamento de esgoto da ETE Campos do Jordão

Elaboração própria. Dados: SABESP (2017)

Exemplo 2 - ETE Campos do Jordão

O CAMINHO DO LODO



Esquema do percurso do lodo durante o processo de tratamento
SABESP (2017)

Exemplo 2 - ETE Campos do Jordão



SABESP (2017)

Exemplo 2 - ETE Campos do Jordão



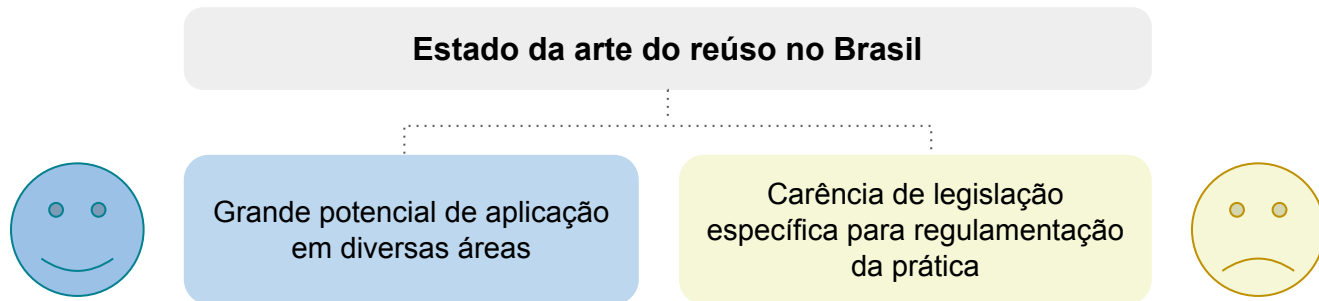
Fotos da Estação de Tratamento de Esgoto
SABESP (2017)



Dados do sistema (2017)	
População urbana	51.157 habitantes
População atendida pelo sistema	45.085 habitantes
Consumo de água per capita	170 L/hab.dia
Taxa de retorno	80% ou 136 L/hab.dia
Vazão de tratamento	115 L/s
Contribuição total	5644,5 kg DBO/dia
Volume de esgoto produzido	8203,10 m ³ /dia

Elaboração própria. Dados: SABESP (2017).

Conclusão e questões finais



Conclusão e questões finais

Estado da arte do reúso no Brasil



Grande potencial de aplicação em diversas áreas

Carência de legislação específica para regulamentação da prática



1 Como ampliar a aplicação do reúso de água no Brasil?

2 Qual a relevância do engajamento e conscientização da população sobre o tema, e como podemos atuar para expandir a aceitação pública nos projetos de reúso?

Conclusão e questões finais

Estado da arte do reúso no Brasil



Grande potencial de aplicação em diversas áreas

Carência de legislação específica para regulamentação da prática



1 Como ampliar a aplicação do reúso de água no Brasil?

Criação e discussão de legislação específica, de forma a criar orientações e parâmetros mais claros para aplicação.

Expandir a aceitação popular através de conscientização sobre o tema e seus impactos ambientais e sociais.

2 Qual a relevância do engajamento e conscientização da população sobre o tema, e como podemos atuar para expandir a aceitação pública nos projetos de reúso?

Criação de programas educacionais

Programas de incentivo ao reúso para edifícios, dando à população maior visibilidade dessa prática

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo, 2005.
- AL-GHAMDI, S.; YOONUS, H. Environmental performance of building integrated grey water reuse systems based on Life-Cycle Assessment: A systematic and bibliographic analysis. **Journal of Science of the Total Environment**. v. 712, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782/2019: Conservação de água em edificações - Requisitos, procedimentos e diretrizes**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783/2019: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações**. Rio de Janeiro, 2019.
- CAVALLINI, Leticia Costa; FUKASAWA, Bruno; OLIVEIRA, Marina Roque; SODRÉ, Virginia Dias de Azevedo. **Guia Metodológico de Cálculo de pegada hídrica para edificações**. 147 p. São Paulo, 2019.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estação de tratamento de esgoto (ETE) de Campos do Jordão: apresentação oficial**. 2017.
Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3886426/course/section/949826/ETE_Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20oficial.pdf>. Acesso em 24 set. 2020.
- COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Tratamento de esgotos e efluentes - Case Aquapolo**. 2018.
Disponível em: < CEBDS.org >. Acesso em 25 set. 2020.
- DE ALMEIDA, R. **Aspectos legais para a água de reúso**. Revista Vértices, v. 13, n. 2, p. 31-44, 26 out. 2011.
Disponível em: [EssentiaEditora - Revista Vértices](#). Acesso em setembro de 2020.

Referências

- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - FIRJAN. **Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria**. Rio de Janeiro. 2006
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH N° 01 de 28 de Junho de 2017**. São Paulo, 2017.
- GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Resolução COEMA nº 2 de 02 de Fevereiro de 2017**. Fortaleza, 2017.
- HOESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, p 75-95, dez. 2002. Disponível em: [Associação Brasileira de Recursos Hídricos](#). Acesso em setembro de 2020.
- MACHADO, Paulo Afonso da Mata. SP: Projeto Aquapolo, projeto de produção de água de reúso, transforma esgoto tratado em água industrial, por Paulo Afonso da Mata Machado. Disponível em: < [EcoDebate](#) >. Acesso em 25 set. 2020
- MAY, A. **O esgotamento sanitário e os planos de segurança da água**. 2014. 119 p. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- RODRIGUES, Raquel dos Santos. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. 177 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- VERLICCHI, Paola; ZANNI, Giacomo. **Feasibility evaluation in reclaimed water reuse projects through the analysis of some case studies**. **Publicando em** Advances in Chemical Pollution, Environmental Management and Protection, em agosto de 2020. Disponível em: [ScienceDirect](#) . Acesso em 24 ago. 2020.
- UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações**: padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção. Relatório final. Brasília, 2017.