

# APLICAÇÃO DE MEMBRANAS DE UF PARA REÚSO INDUSTRIAL : ESTUDOS DE CASO

---

FENASAN 2016

27ª FEIRA NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

ENCONTRO TÉCNICO AESABESP

27º CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

*SÃO PAULO, SP*

*16 DE AGOSTO DE 2016*

*Sergio Roberto Rodrigues Ribeiro*



# Agenda Sugerida

- Desafios de Tornar o Projeto de Reúso em Realidade;
- O Passo a Passo da Implantação;
- Como Avaliar a Tecnologia Mais Adequada;
- Benefícios e Principais Desafios de Cada Tecnologia;
- Detalhes Importantes do Projeto;
- Fornecimento dos Principais Equipamentos;
- Comissionamento da Planta;
- Otimização do Projeto;
- Como Garantir a Água na Qualidade Esperada;
- Estudos de Caso.

# Quando Reusar é Interessante...

- Disponibilidade reduzida de água
  - Períodos de Seca
  - Aumento da Salinidade dos Aquíferos
  - Limite de outorga para captação
- Custo elevado da água
- Limites muito restritivos para descarte do efluente
- Impossibilidade de descarte de efluente ( ZLD )
- Política empresarial de sustentabilidade



# Desafios para Viabilizar um Projeto de Reúso

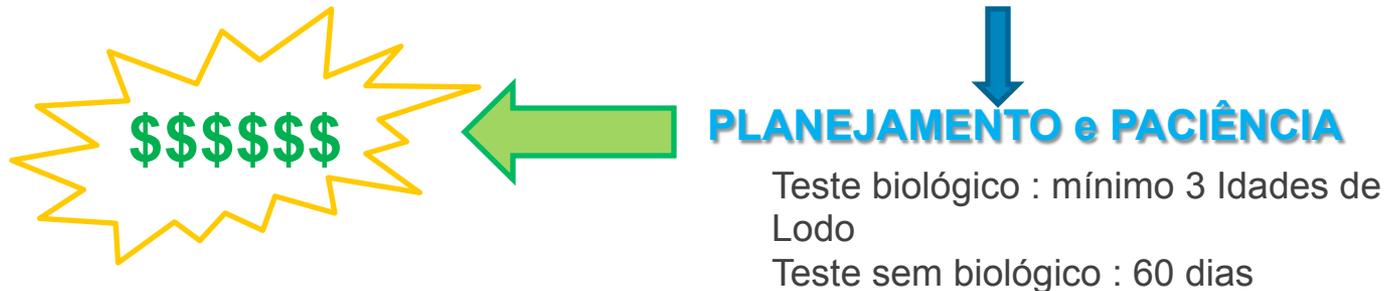


- Tecnologia para atingir a qualidade para reúso é cara !
  - Mito x Realidade
  - Princípio de multi-barreiras
- Falta de conhecimento técnico
  - Por parte do Cliente / Consultores / Fornecedores
- Casos mal sucedidos
  - Tecnologia mal empregada ☒ Prejuízo da Tecnologia
- Custo do tratamento
  - À princípio tudo é tratável, mas isso tem um custo.

# O Passo a Passo do Projeto

## Mapeamento do Cenário

- Definição do que quer tratar e qual a qualidade final que se deseja
  - Caracterização das correntes a serem tratadas
  - Requisitos de qualidade final da água
- Definição da rota tecnológica
  - Há espaço disponível para construção de um sistema novo ?
  - É um efluente comum? Alguém mais produz efluente similar e já trata? Fazer **Benchmarking / Best Practices !!**
  - Não é um efluente comum ou não há certeza da tecnologia ☒ **TESTE PILOTO**



- Será a qualidade final requerida que determinará a melhor rota tecnológica.

# Configurações de Membranas

## Fibra Oca Submersa

- ▶ Membrana suportada para aplicações em efluentes difíceis (MBR)
- ▶ Membrana suportada para filtração com alta concentração de sólidos



## Membranas de Fibra Oca Pressurizada

- ▶ Filtração de fora para dentro e de dentro para fora
- ▶ Produtos adaptados às necessidades do mercado



## Elementos Espirais

- ▶ Pioneiros no setor de tecnologia de membrana espiral
- ▶ Produtos de MF, UF, NF e OI



## Membranas Tubulares

- ▶ Líder no mercado de membranas tubulares
- ▶ Projetada para altas concentrações de sólidos e aplicações industriais difíceis



# Membranas Submersas de Fibra Oca

## Módulos de MBR PURON®

- ▶ Tratamento de Efluentes
- ▶ Reúso de Água

## Módulos PURON® HF

- ▶ Filtração Terciária de Efluente Municipal e Industrial
- ▶ Tratamento de Água Superficial com Filtração

## Benefícios

- ▶ Fibras trançadas para maior vida útil
- ▶ Aeração central e *design* de cabeçote único para melhor gerenciamento de sólidos
- ▶ Escoamento de ar otimizado
- ▶ Alta Eficiência Energética
- ▶ Sistema com *Footprint* reduzido

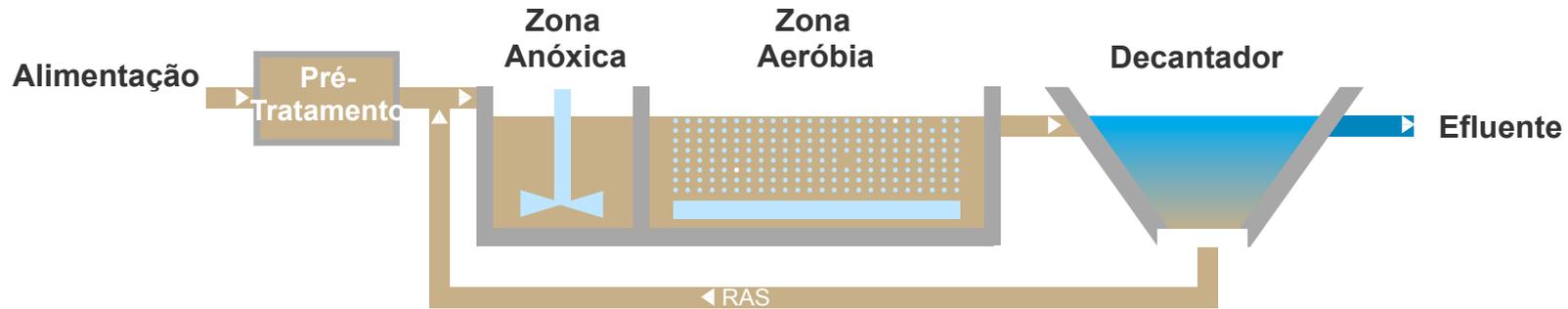
## Benefícios



# O Passo a Passo do Projeto

## Avaliação da Rota Tecnológica

### 1. Convencional



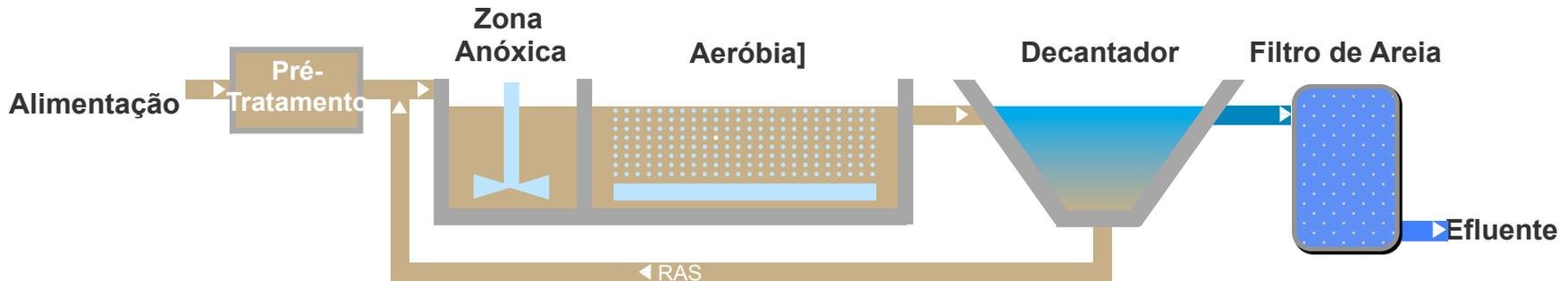
Parâmetros	Tratamento Convencional
Remoção de SS e Bactérias	--
Remoção de DBO	-
Espaço Reduzido	-
Economia	-
Prevenção de Incrustação Orgânica e Descamação da OI	--

-- muito baixa  
baixa  
0 média  
+ boa  
++ muito boa

# O Passo a Passo do Projeto

## Avaliação da Rota Tecnológica

## 2. Convencional + Terciário Simples



Parâmetros	Convencional	Convencional + Terciário
Remoção de SS e Bactérias	--	0
Remoção de DBO	-	0
Espaço Reduzido	-	--
Economia	-	-
Prevenção de Incrustação Orgânica e Descamação da OI	--	-

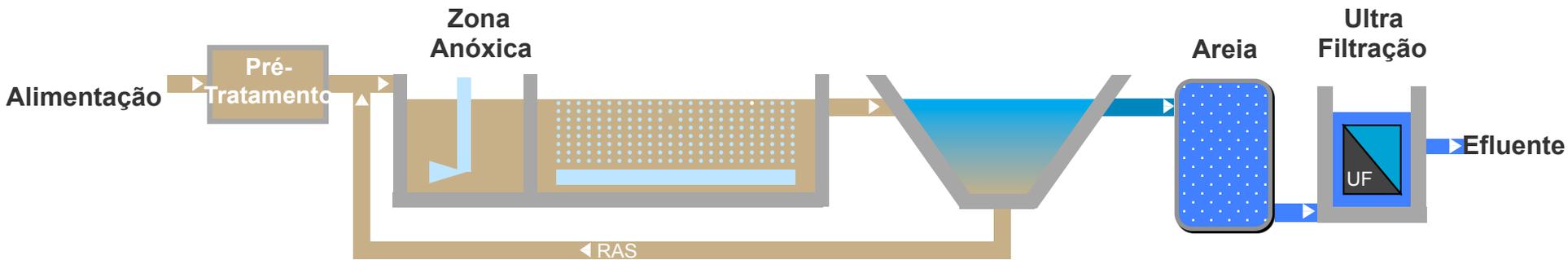
-- muito baixa  
 - baixa  
 0 média  
 + boa  
 ++ muito boa

# O Passo a Passo do Projeto

## Avaliação da Rota Tecnológica

### 3. Convencional + Terciário + UF Terciária ( S ou P )

#### 3.



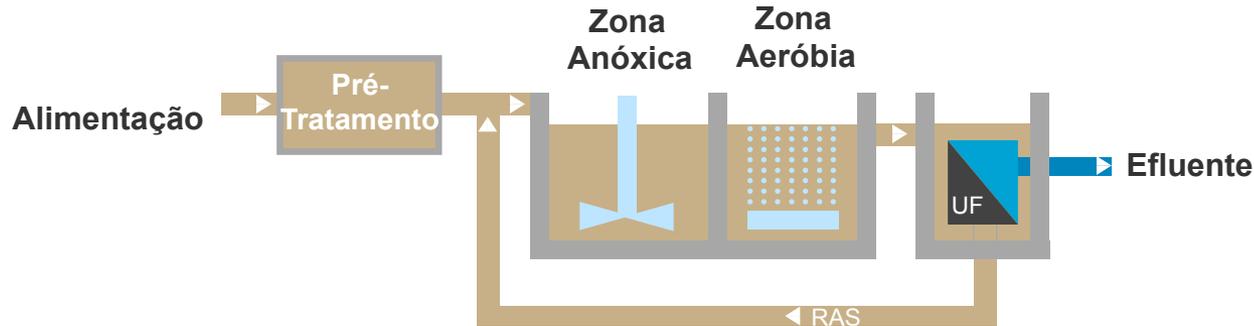
Parâmetros	Conv	Conv. + Terciário	Conv. + Terciário + UF
Remoção de SS e Bactérias	--	0	++
Remoção de DBO	-	0	+
Espaço Reduzido	-	--	--
Economia	-	-	-
Prevenção de Incrustação Orgânica e Descamação da OI	--	-	++

-- muito baixa  
 - baixa  
 0 média  
 + boa  
 ++ muito boa

# O Passo a Passo do Projeto

## Avaliação da Rota Tecnológica

### 4. MBR



Parâmetros	Conv.	Conv. + Terciári	Conv. + Terciário + UF	MBR
Remoção de SS e Bactérias	--	0	++	++
Remoção de DBO	-	0	+	++
Espaço Reduzido	-	--	--	++
Economia	-	-	-	+
Prevenção de Incrustação Orgânica e Descamação da OI	--	-	++	++

0+ média  
 0 baixa  
 + boa  
 ++ muito boa

# O Passo a Passo do Projeto

## Definição da Tecnologia



- Investir tempo e dinheiro nessa fase trará economia no futuro.
- Tudo é tratável mas há um custo para isso.
- Não existe tecnologia boa ou ruim, existe a tecnologia certa para cada aplicação.



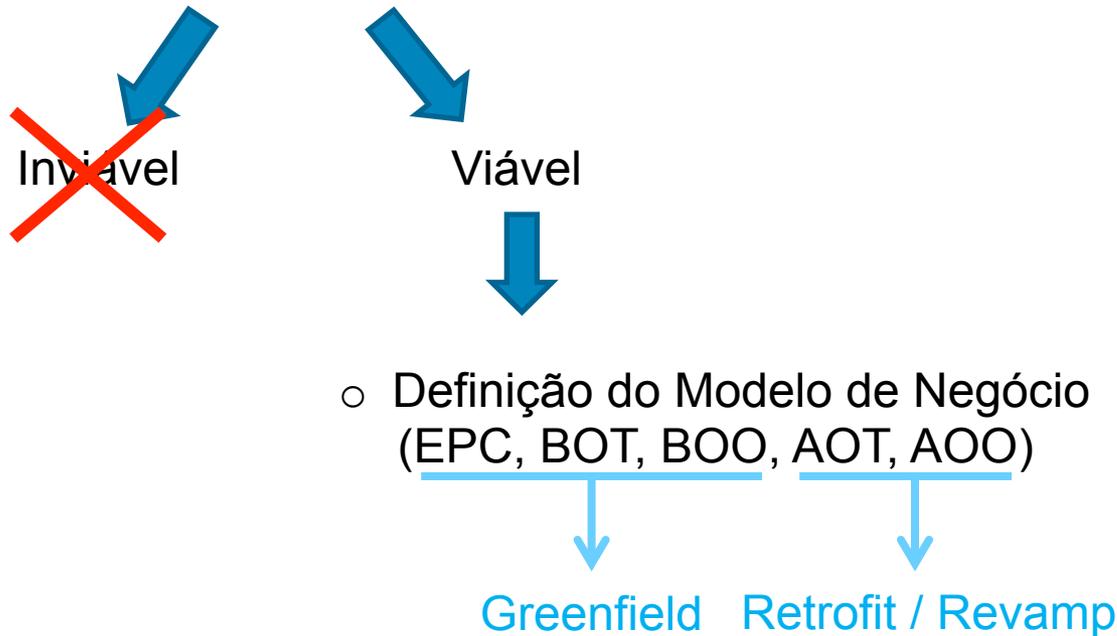
Erro de aplicação prejudica a tecnologia!

- Visite plantas com rota tecnologia igual ou similar, ou peça para o fornecedor apresentar projetos instalados similares.
- Desconfie de orçamentos muito discrepantes.

# O Passo a Passo do Projeto

## Definição do Modelo de Contrato

- Definida a Rota Tecnológica e os Parceiros/Fornecedores



# O Passo a Passo do Projeto

## Desenvolvimento do Projeto



### Para um projeto bem elaborado é preciso:

- Profissionais com experiência em projetos similares.
- Caracterização confiável das correntes que serão tratadas (em caso de não ter sido feito piloto)

recebimento de um sistema novo, ou conhecimento pleno das condições estruturais do sistema existente em caso de “ Retrofit / Revamp “.

### Para um projeto bem elaborado é preciso:

- Escolha de equipamentos adequados e fornecedores confiáveis 
- Caracterização confiável das correntes que serão tratadas (em caso de não ter sido feito piloto)

recebimento de um sistema novo, ou conhecimento pleno das condições estruturais do sistema existente em caso de “ Retrofit / Revamp “.

- Escolha de equipamentos adequados e fornecedores confiáveis  O barato sai caro!!!

# O Passo a Passo do Projeto

## Execução da Obra/Montagem



Para um execução e montagem bem feitas é preciso:

- **PLANEJAMENTO !!!!!!!**
- Seguir as instruções e orientações dos fornecedores de equipamento.  
( *Normalmente eles sabem mais do que você do equipamento deles !* )
- Solicitar a presença do fornecedor do equipamento na hora da montagem.  
( *Pagar pela visita técnica não é desperdício de dinheiro.* )
- **Não pular etapas.**
  - Elétrica & Automação já entram na obra atrasados.
  - Começar o comissionamento dos equipamentos antes da montagem elétrica ter sido finalizada vai gerar retrabalho = tempo = \$\$\$.
  - O TAC (Teste de Aceitação em Campo) é a etapa mais importante do comissionamento
    - Alarmes, intertravamentos, lógica de controle  SEGURANÇA DA PLANTA

# O Passo a Passo do Projeto

## Comissionamento e Pré-operação



5. Operação Manual de todos os equipamentos;
6. Início da operação em AUTO  gradativa e lentamente
  - a. Vazões mais baixas e condições de operação amenas
  - b. Verificação dos intertravamentos e alarmes de segurança
  - c. Verificação da estabilidade de desempenho de cada planta
  - d. Teste de caracterização do momento inicial da planta
  - e. Aumento de capacidade em etapas
  - f. Estabilização da planta em plena capacidade
5. Operação Manual de todos os equipamentos;
6. Início da operação em AUTO  gradativa e lentamente
  - a. Vazões mais baixas e condições de operação amenas
  - b. Verificação dos intertravamentos e alarmes de segurança
  - c. Verificação da estabilidade da malha de automação
  - d. Teste de caracterização do momento inicial da planta
  - e. Aumento de capacidade em etapas
  - f. Estabilização da planta em plena capacidade

# O Passo a Passo do Projeto

## Operação e Otimização



- Um sistema de tratamento de água, por mais automatizado que seja, não opera sozinho!
- Manobras em campo ou remotas são mínimas ou quase inexistentes, porém é preciso operador para monitorar e tomar ações/decisões em caso de alarmes críticos.

não opera sozinho! Um sistema de tratamento de água, por mais automatizado que seja, só se otimiza aquilo que se monitora.

- Aquisição automática de dados do supervisório ou IHM
- Uma pessoa responsável pela avaliação dos dados

porém, nem sempre as bases de projeto são mínimas ou quase inexistentes, Muitas vezes é preciso adaptar o sistema à nova qualidade de água/ e tomar ações/decisões em

caso de alarmes críticos.

# Como Garantir a Qualidade Esperada da Água de Reúso?



- Fazendo um bom projeto.
- Executando a obra da forma correta
- Fazendo um bom projeto.

→ • Executando a obra da forma correta

→ • Partindo a planta sem pular etapas e conforme orientação dos fabricantes dos equipamentos.

Ao longo do tempo, a característica do efluente pode se alterar, por

# Estudo de Caso 1: Reúso de Água em um Produtor de Fertilizantes ( EUA )



Grande expansão de uma fábrica de fertilizantes ( Koch Nitrogen ) incluiu um plano para construir uma planta de reúso de efluente que irá fornecer à fábrica água confiável, de alta qualidade e com baixo custo

## A alimentação:

- Efluente de ETE municipal após tratamento terciário (filtro de areia)

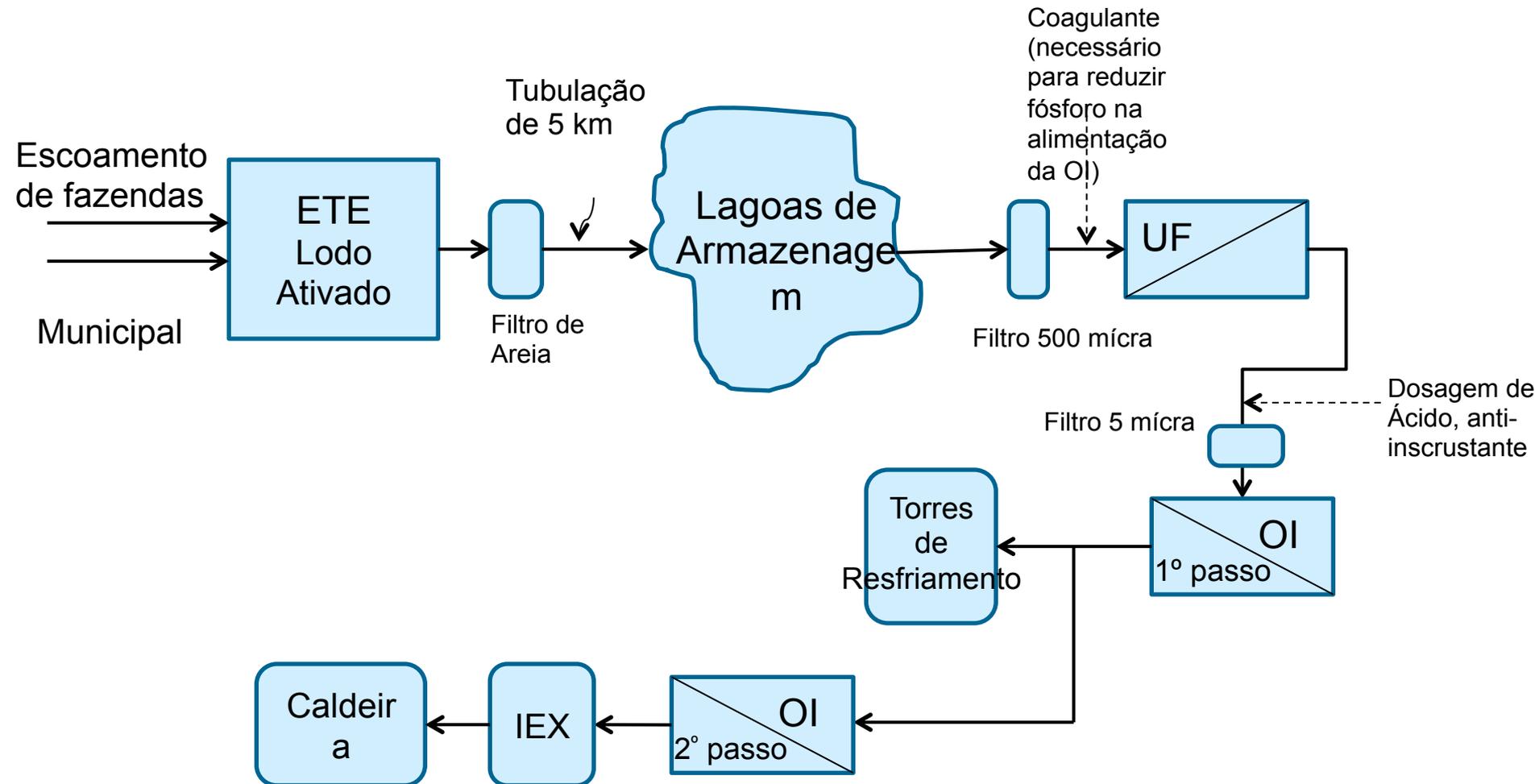
Grande expansão de uma fábrica de fertilizantes ( Koch Nitrogen ) incluiu um plano para construir uma planta de reúso de efluente que irá fornecer à fábrica água confiável, de alta qualidade e com baixo custo

## O Sistema:

## A alimentação:

- Efluente de ETE municipal após tratamento terciário (filtro de areia)

# Estudo de Caso 1: Projeto de Reúso de Água - Esquema



# Estudo de Caso 1:

## Teste Piloto na Planta da Koch Nitrogen



Um teste piloto por seis meses com PURON® MP foi realizado no local. O piloto demonstrou um desempenho estável a 85 l/mh com 96% de recuperação.

Foi testada a utilização de coagulantes  $\text{FeCl}_3$  em linha que atingiu consistentemente 50-60% de remoção de fosfato da alimentação em até 17 ppm.



# Estudo de Caso 1: Montagem Planta Real da Koch Nitrogen



# Estudo de Caso 2: TMBR Aquapolo

## Reúso Externo



A ideia do projeto de reúso do efluente tratado da ETE ABC da Sabesp surgiu nos anos 90. O uso da tecnologia de membranas foi considerada em 2008-2009. A planta foi comissionada em Abril de 2012.

### A alimentação:

Esgoto Secundário tratado da ETE ABC da Sabesp

### O Sistema:

TMBR seguido de OI e Desinfecção com Dióxido de Cloro



**Comissionamento da Planta: Abril/2012**

# Estudo de Caso 2:

## Critérios de Qualidade da Água



Parâmetros	Unid.	Efluente da ETE	Requisitos da Água de Reuso
Vazão Média	m <sup>3</sup> /h (lps)	5.770 (1600)	2.340 (650)
DBO	mg/L	20 - 60	10
DQO	mg/L	50 - 120	20
SST	mg/L	40 - 100	2
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	20	1
Fósforo Total	mg/L	5	0,5
Turbidez	NTU	50	1
Condutividade	µs/cm <sup>2</sup>	650 - 1500	720
Agentes Tensoativos	mg/L	5,1	1

# Estudo de Caso 2:

## Buscando a Solução Ideal



- Design e custos de ciclo de vida críticos foram investigados em 4 opções de tratamento diferentes, combinando a tecnologia de membrana de UF com a estação de tratamento existente
- Para atingir os requisitos do efluente foi necessário:
  - Aprimorar o tratamento biológico para remover mais nutrientes
  - Adicionar etapa de filtração para atingir os critérios de SST
  - Adicionar OI para atingir os critérios de condutividade
  - Garantir que a alimentação da OI fosse de alta qualidade
- Incluir um sistema TMBR (MBR Terciário) foi considerada a opção mais rentável para a planta, atingindo todos os requisitos de qualidade

# Estudo de Caso 2: Teste Piloto MBR + OI



# Estudo de Caso 2: Aquapolo - Operando desde 2012



Video

# Estudos de Caso 3 e 4 :

## Reúso Interno

- Devido a dificuldade de descarte do efluente buscou-se alternativas que diminuíssem o volume a ser descartado. Com a instalação do MBR seria possível diminuir o volume descartado e o volume de água captado.
- Vazões dos projetos: 150 m<sup>3</sup>/h e 50 m<sup>3</sup>/h, respectivamente.
- Em operação desde Maio/2015 e Abril/2014, respectivamente.



# Estudo de Caso 5

## Reúso interno



- Havia necessidade do aumento da captação de água, porém não tinham outorga e havia um problema de cunha salina. Portanto foi avaliado a instalação de um MBR e assim o reúso na fábrica.
- Vazão 136 m<sup>3</sup>/h
- Partida Maio/2016

# Estudo de Caso 6 – Holanda

## Recuperação de Água de Retrolavagem de Filtros de Areia



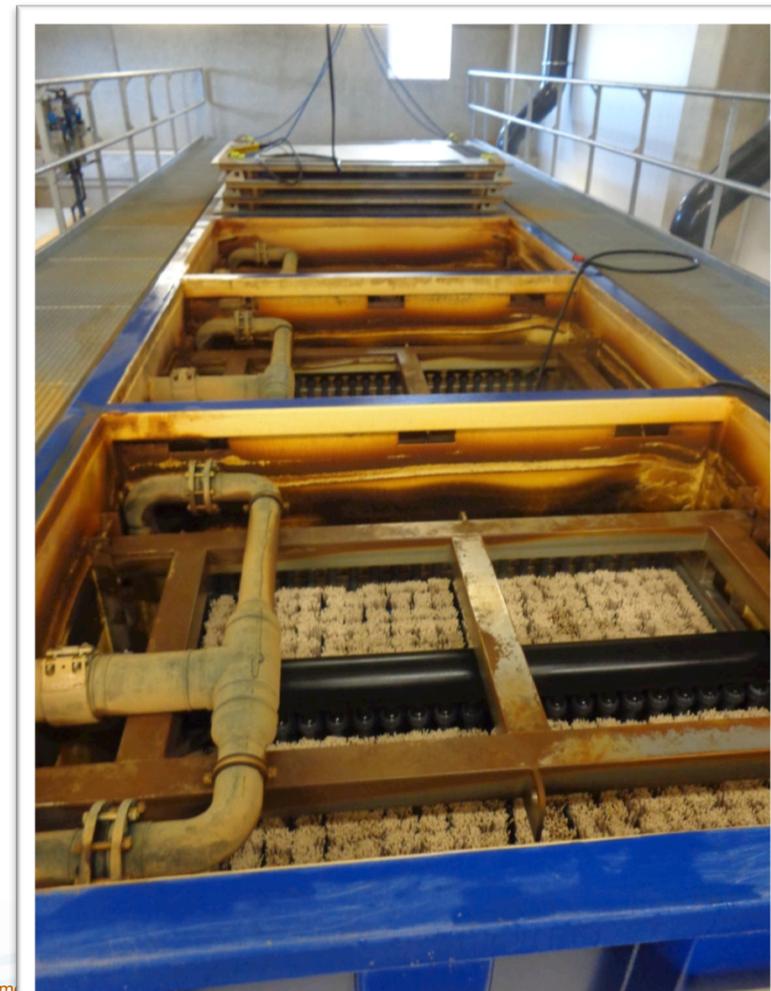
- **Serviço:** Fornecimento de água potável para cerca de 300.000 habitantes na zona rural do Norte da Holanda.
- **Capacidade:** 2700 – 3000 m<sup>3</sup>/h (750 – 833 L/s)
- **Água Bruta:** origem subterrânea com características anaeróbias (Metano e Amônia)
- **Custo para captação da água bruta:** € 0,20/m<sup>3</sup>
- **Problema:** Não podiam descartar a lavagem dos filtros de areia no rio.

# Estudo de Caso 6 – Holanda

## Recuperação de Água de Retrolavagem de Filtros de Areia



- Recuperação de água de retrolavagem dos filtros de areia.
- **Capacidade:** 200 m<sup>3</sup>/h – Startup fev/2008
- **Recupera** 1.000.000 m<sup>3</sup>/ano  **80%**



**OBRIGADO !**  
**SERGIO ROBERTO RODRIGUES RIBEIRO**  
[srribeiro@kochmembrane.com](mailto:srribeiro@kochmembrane.com)  
**55 11 9 9615 5949**

