



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Avaliar para melhorar o desempenho das ETA e das ETAR

Maria João Rosa
Catarina Silva
Pedro Ramalho
Helena Alegre

Núcleo de Engenharia Sanitária
DHA – LNEC



1. Tratamento de A&AR – níveis de cobertura e desafios
2. *Benchmarking* e avaliação de desempenho
3. Os sistemas de avaliação de desempenho de ETA e ETAR
 - + indicadores de desempenho global (PI)
 - + índices de desempenho operacional (PX)
4. Exemplo de aplicação do PAS (PI e PX) a ETAR
5. Notas finais

1. Tratamento de A&AR | Níveis de cobertura



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Infraestruturação de ETA/ETAR

metas superadas para ETA, evolução muito positiva para ETAR

Nível serviço/ano	1993	2002 (INSAAR)	2009 (INSAAR 2011)	2013 (metas PEAASAR)
Abastecimento de água	82%	87%	97%	95%
Tratamento de águas residuais	32%	58%	71%	90% (70%)



Desafios atuais colocam-se na operação de ETA/ETAR

- + aumento da **resiliência** das estações às variações bruscas de quantidade e qualidade da água a tratar, agravadas pelas **alterações climáticas**
- + controlo de **(micro)contaminantes resistentes** aos tratamentos convencionais, *e.g.*, substâncias prioritárias, cianotoxinas, vírus, protozoários
- + minimização de **gastos**
- + **melhoria contínua** do **desempenho** técnico, ambiental e económico

Benchmarking !

2. *Benchmarking* e avaliação de desempenho

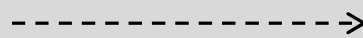


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Benchmarking – O que é?

Benchmarking é uma ferramenta para melhoria do desempenho através da procura contínua e adaptação das melhores práticas [BPASG IWA]

Avaliação de desempenho



Melhoria do desempenho



Benchmarking

Avaliar para melhorar ...

2. *Benchmarking* e avaliação de desempenho



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Benchmarking – O que é?

caráter **coletivo** interno e ou externo à organização, comparação com metas e partilha de conhecimentos entre pares



2. Benchmarking e avaliação de desempenho

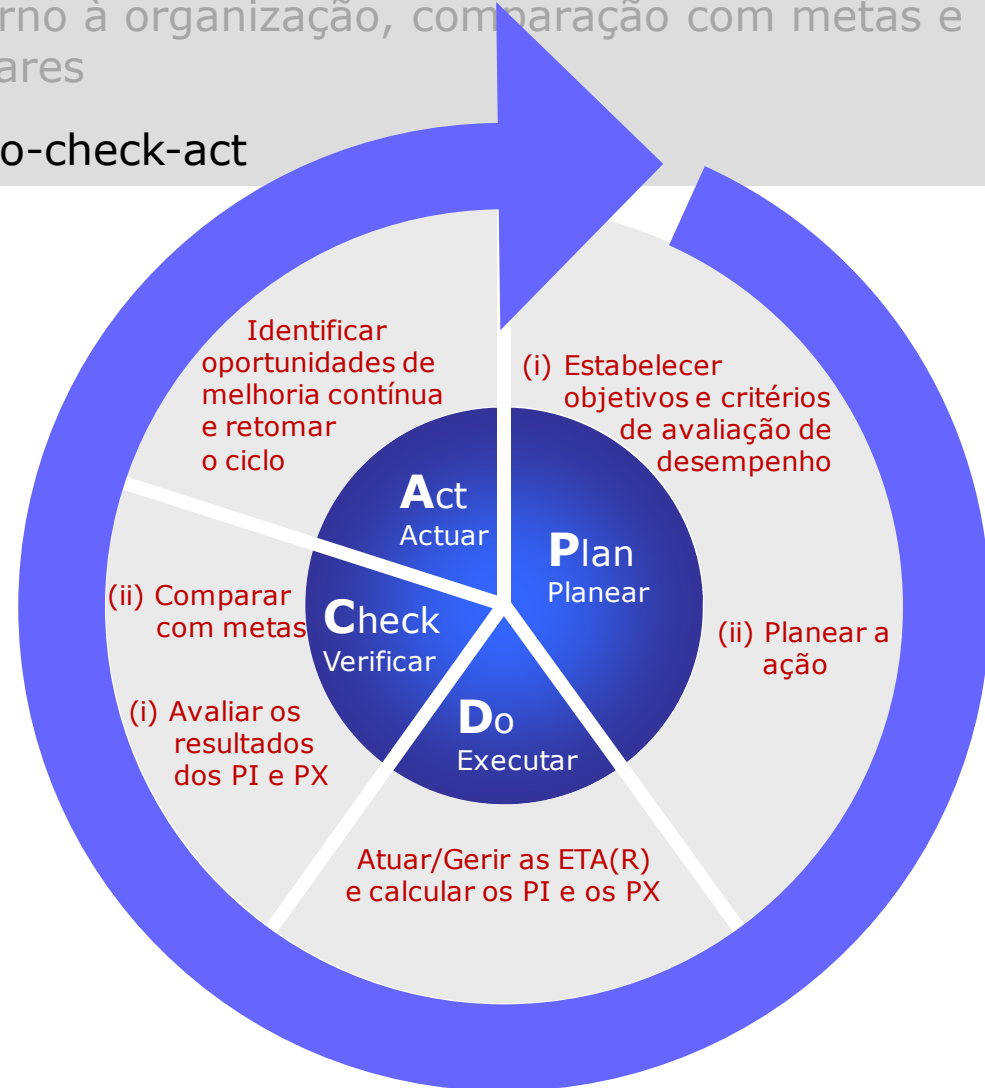


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Benchmarking – O que é?

carácter **coletivo** interno e ou externo à organização, comparação com metas e partilha de conhecimentos entre pares

carácter **contínuo** em ciclos plan-do-check-act



2. *Benchmarking* e avaliação de desempenho



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Benchmarking – O que é?

caráter **coletivo** (interno e ou externo à organização, comparação com metas e partilha de conhecimentos entre pares)

caráter **contínuo** (em ciclos plan-do-check-act)

– **Que sistemas de avaliação (PI e PX) usar ?**

2. *Benchmarking* e avaliação de desempenho



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Serviços de abastecimento de água e de águas residuais

> **PAS @ mundo**

> **PAS @ Inec**

+ Teses e programas de I&D

+ Sistema de Indicadores da IWA (1997 – 2006)

+ Sistema de Indicadores da ERSAR (2004, 2010, ...)

... componente do **tratamento** (ETA, ETAR) **pouco desenvolvida (-)**

2. Benchmarking e avaliação de desempenho



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

PAS para **ETA** e **ETAR** @ Inec

- 2005-2009 Projeto FCT em **ETA** e **ETAR**
- 2007-2009 Projeto AdA/LNEC **ETA 21** (**ETA**)
- 2008 Tese de mestrado de Catarina Silva (**ETA**)
- 2009 Tese de doutoramento de Paula Vieira (**ETA**)
- 2011 Tese de doutoramento de Sílvia Quadros (**ETAR**)



1.ª Geração PAS

Performance Assessment System

ETA

ETAR

2. Benchmarking e avaliação de desempenho



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

PAS para ETA e ETAR

- 2005-2009 Projeto
- 2007-2009 Projeto
- 2008 Tese
- 2009 Tese
- 2011 Tese

«PAsT21»

Performance Assessment Systems treatment 21

2.ª Geração PAS

Performance Assessment System

2009-2011

ETA

ETAR



Parceiros

18 instituições, 10 ETA e 17 ETAR

<http://past21.lnec.pt>

Apoio



Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos



http://past21.inec.pt



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



PAST21

Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas



[Apresentação](#) | [Participantes](#) | [PAS](#) | [Acções](#) | [Formação](#) | [Reuniões](#) | [Fórum](#) | [Documentação](#) | [Contactos](#)

Apresentação

A Iniciativa Nacional de Avaliação de Desempenho de ETA e ETAR Urbanas «PAST21» é um projecto de I&DT proposto pelo LNEC, I.P. e coordenado pelo Núcleo de Engenharia Sanitária do Departamento de Hidráulica e Ambiente. Esta iniciativa visa testar, a nível nacional, os sistemas de avaliação de desempenho (PAS) de estações de tratamento de água e de águas residuais urbanas, recentemente desenvolvidos pelo LNEC em colaboração com a empresa Águas do Algarve, S.A. no caso das ETA e com a Universidade dos Açores na vertente ETAR.

A iniciativa tem uma dimensão nacional, envolve 10 ETA e 17 ETAR, exploradas por doze entidades gestoras, além da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, e conta com o apoio da Associação Portuguesa de Engenharia Sanitária e Ambiental e da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos.

São objectivos do projecto:

- estabelecer valores de referência para as medidas de avaliação de desempenho;
- identificar subconjuntos de indicadores de desempenho com objectivos específicos (*benchmarking*, gestão estratégica, gestão operacional, e.g., minimização de consumo de energia e/ou reagentes);
- reforçar a robustez e aplicabilidade do actual sistema de avaliação de desempenho e da respectiva ferramenta de cálculo automático a ETA/ETAR de diferentes tipologias.

O projecto tem por base um programa de trabalhos de dois anos, cujas principais fases são comuns ao conjunto de entidades gestoras e que contemplam uma grande dinâmica



BENEFÍCIOS DO PROJECTO «PAST21» PARA AS EG

Aumentar a eficiência e eficácia dos serviços prestados e a visibilidade institucional

Aumentar as competências em avaliação de desempenho, aplicando pioneiramente os PAS desenvolvidos para ETA e ETAR urbanas

Contribuir para a melhoria e beneficiação dos PAS

Beneficiar (e partilhar) da experiência de outras entidades gestoras nacionais – *benchmarking* entre

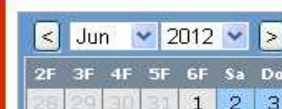
Coordenação



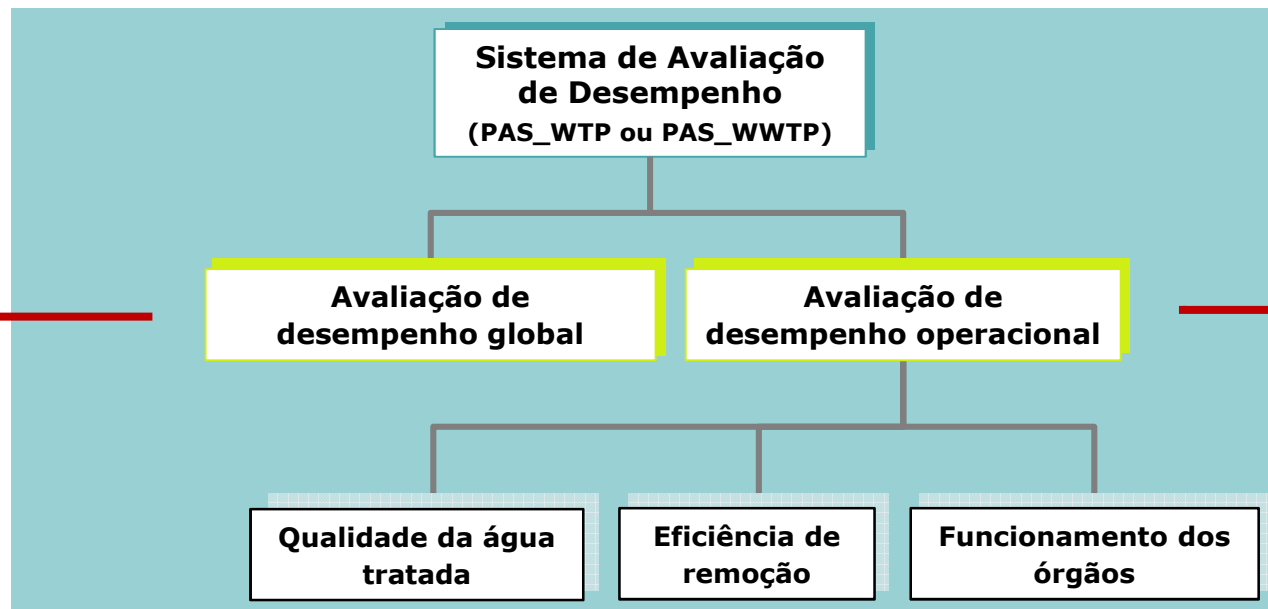
Parceiros



Apoio



3. Os PAS de ETA e ETAR



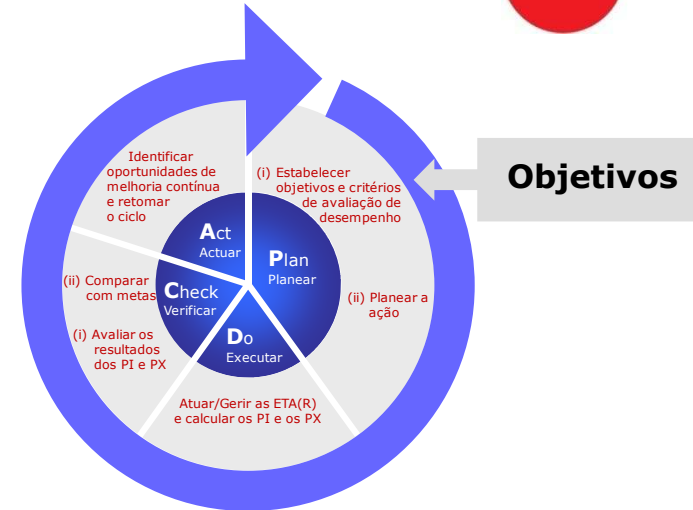
- > Avaliação da ETA/ETAR como um todo
- > **Indicadores de desempenho (PI)**
- > ISO 24510, 24511 e 24512:2007

- > Avaliação e otimização das várias OPU das ETA/ETAR urbanas
- > **Índices de desempenho (PX)**

3. Os PAS de ETA e ETAR

> **Objetivos** de gestão

Objectivos gerais da EG



> **Eficácia e fiabilidade**

- **cumprimento** dos **requisitos** da legislação no ponto de consumo de água/licença de descarga ou utilização de água residual

> **Eficiência e sustentabilidade**

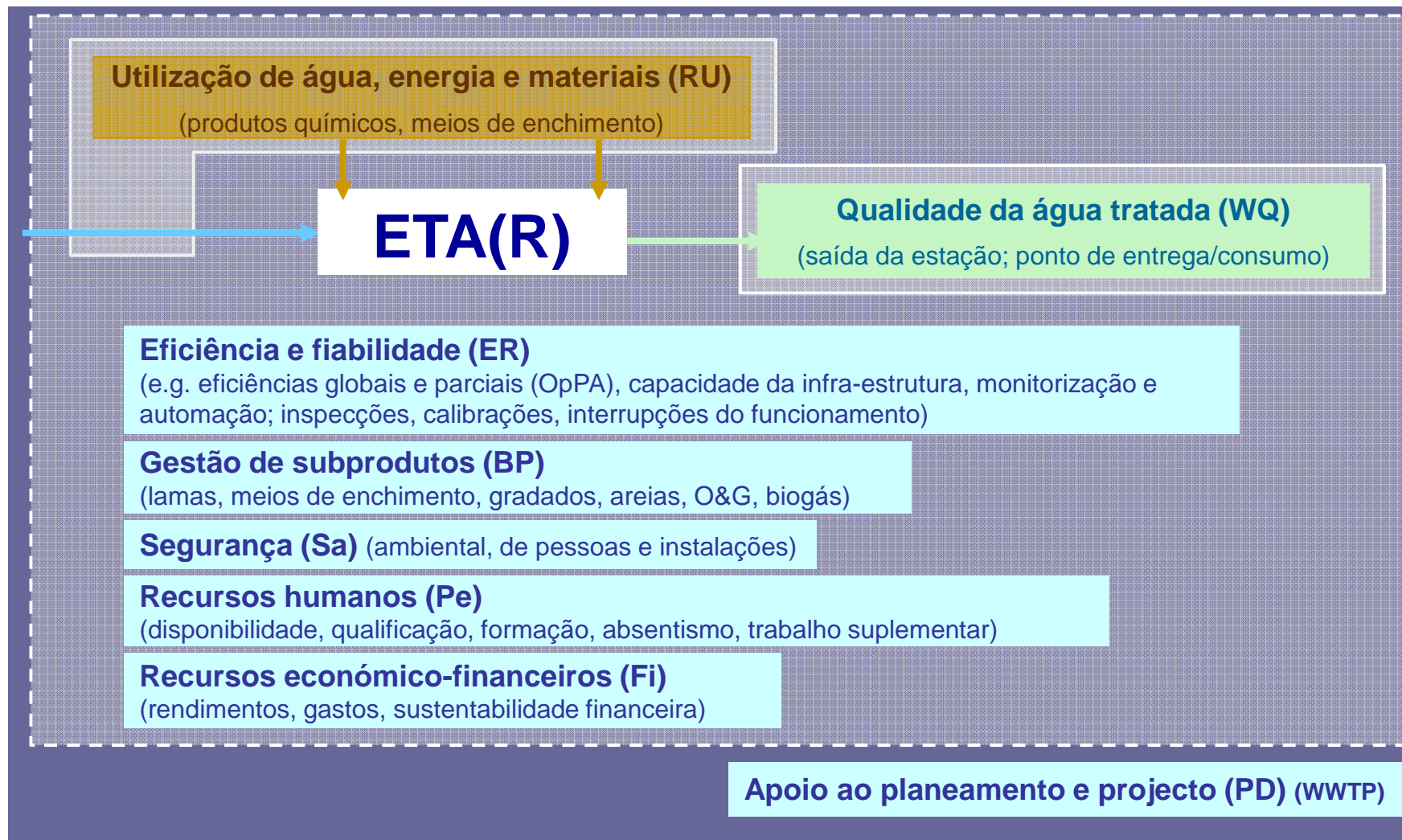
- **utilização eficiente** dos **recursos** naturais, tecnológicos, materiais, energéticos, humanos, económico-financeiros
- **menor impacto ambiental**

3. Os PAS de ETA e ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> **Objetivos** de gestão → **domínios** de avaliação



3. Os PAS de ETA e ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

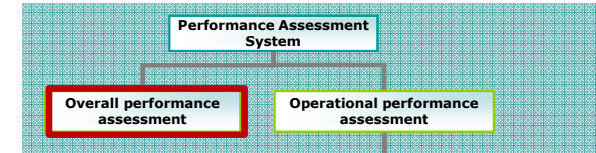
Indicador de desempenho (PI)

Medida quantitativa de **eficiência** ou de **eficácia** de um aspeto particular do serviço prestado por uma EG

$$\frac{Var1}{Var2}$$

Adimensional (-, %) ou

Intensivo (e.g. kWh/m³)



- > **razão entre variáveis** da mesma natureza ou de natureza distinta
- > denominador relacionado com a **dimensão do sistema**
- > calculado para **período de referência** (ano civil)
- > **análise de histórico**
- > requer **valores de referência** para avaliar o nível de desempenho
- > os valores de referência podem ser produzidos por **caixas de bigodes** obtidas para um **cluster** de ETA/ETAR

3. Os PAS de ETA e ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

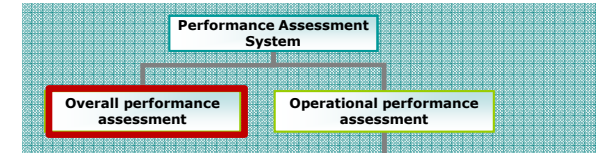
Indicador de desempenho (PI)

Medida quantitativa de **eficiência** ou de **eficácia** de um aspeto particular do serviço prestado por uma EG

$$\frac{Var1}{Var2}$$

Adimensional (-, %) ou

Intensivo (e.g. kWh/m³)



> **razão entre variáveis** da mesma natureza ou de natureza distinta

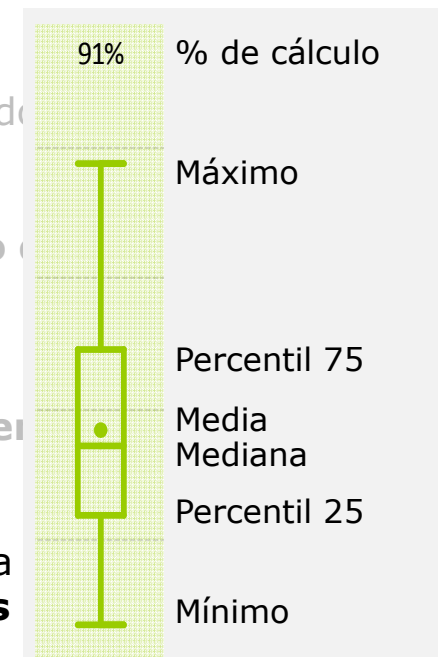
> denominador relacionado com o **sistema**

> calculado para **período** (e.g. 12 meses)

> **análise de histórico**

> requer **valores de referência** e nível de desempenho

> os valores de referência por **caixas de bigodes cluster** de ETA/ETAR



> **PAS ETA(R)** → **portfolio PI** WQ, RU, ER, BP, Sa, Pe, Fi, PD

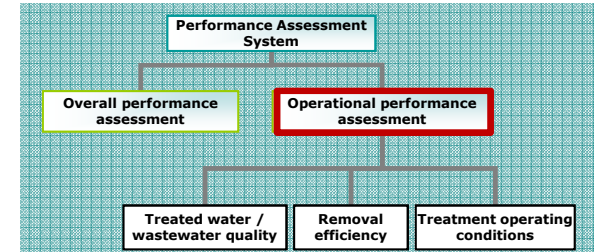
3. Os PAS de ETA e ETAR



Índice de desempenho (PX)

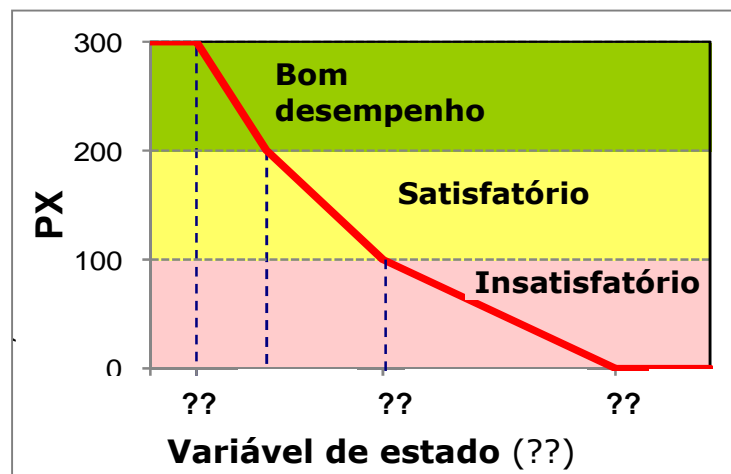
Medida quantitativa de **eficiência** ou de **eficácia** de um aspeto particular do serviço prestado por uma EG

Adimensional



> **função de desempenho** converte cada valor da **variável de estado** num PX (adimensional; **0 - 300**)

- **PX 300** = desempenho **excelente** (exigente para encontrar oportunidades de melhoria)
- **PX 100** = desempenho **mínimo aceitável**

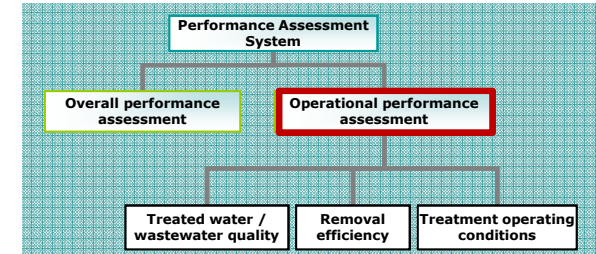


3. Os PAS de ETA e ETAR

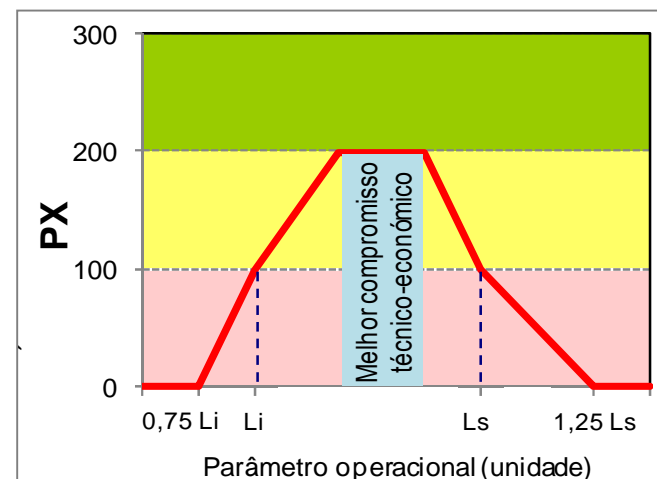
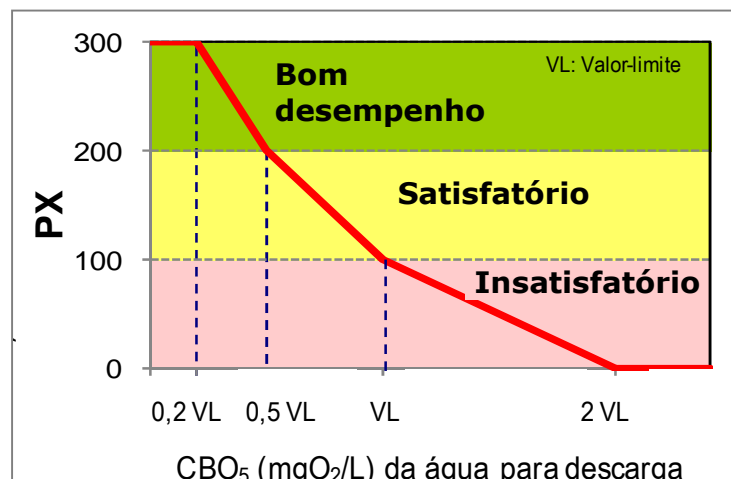
Índice de desempenho (PX)

Medida quantitativa de **eficiência** ou de **eficácia** de um aspeto particular do serviço prestado por uma EG

Adimensional



- > **função de desempenho** converte cada valor da **variável de estado** num PX (adimensional; 0 - 300)
- > os **valores de referência** são intrínsecos ao resultado PX e incluem **aspectos técnicos** e **económicos**

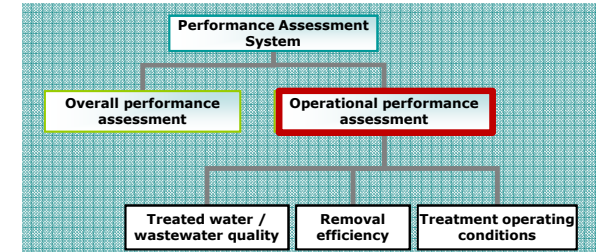


3. Os PAS de ETA e ETAR

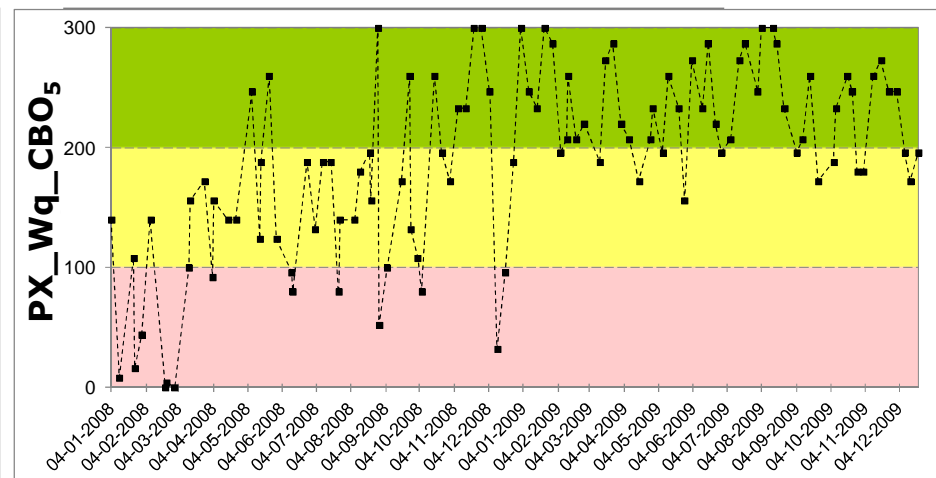
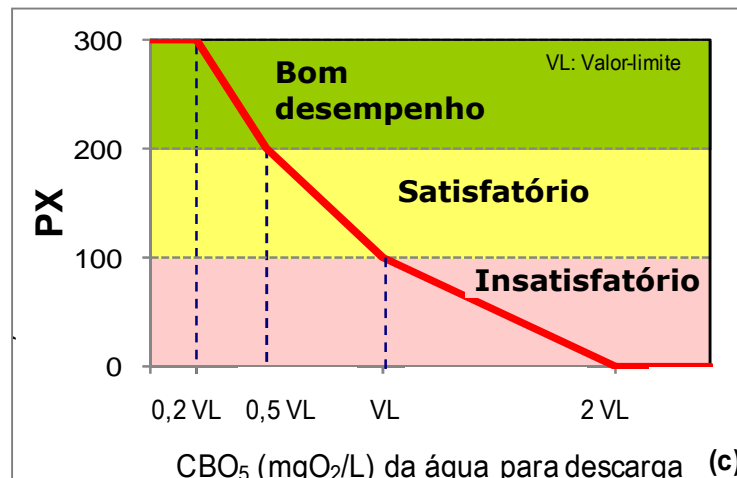
Índice de desempenho (PX)

Medida quantitativa de **eficiência** ou de **eficácia** de um aspeto particular do serviço prestado por uma EG

Adimensional



- > a **função de desempenho** converte cada valor da **variável de operação** num PX (adimensional; **0 - 300**)
- > os **valores de referência** são intrínsecos ao resultado PX e incluem aspectos técnicos e económicos
- > **discretização temporal**
- > permite análise de **histórico** e análise de cenários **futuros**

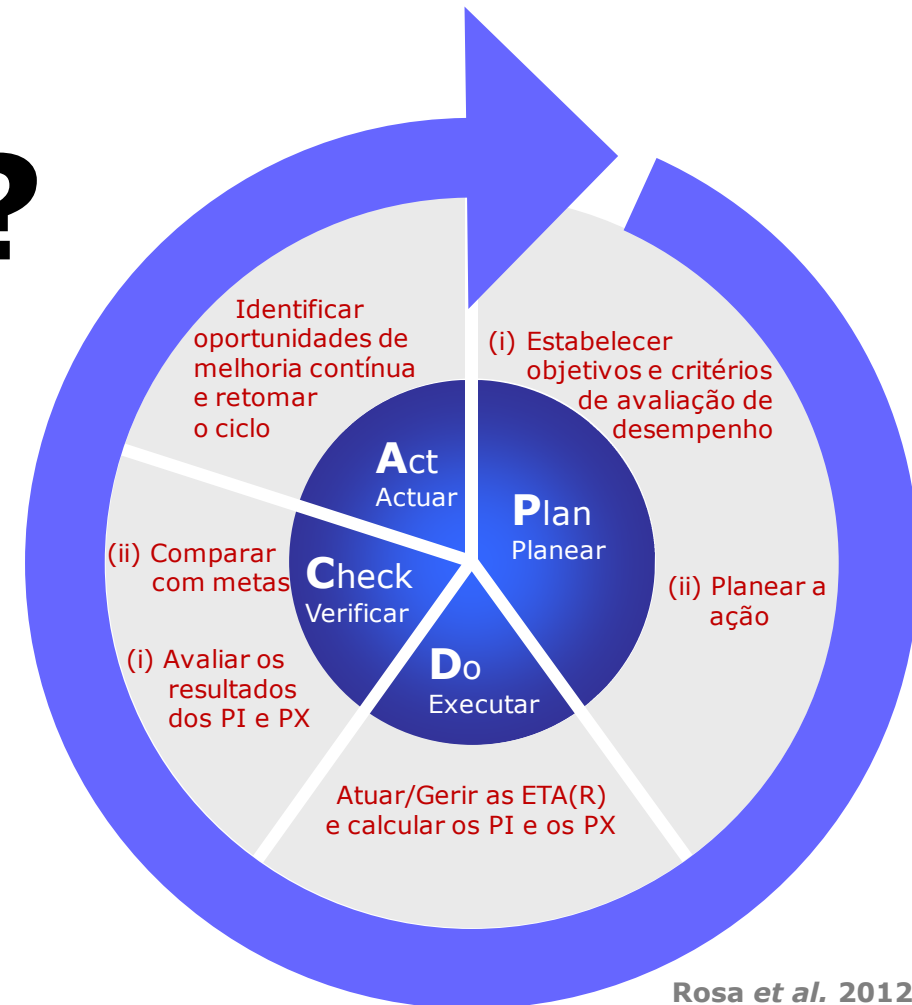


4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

aplicação do PAS...
How does it work ?

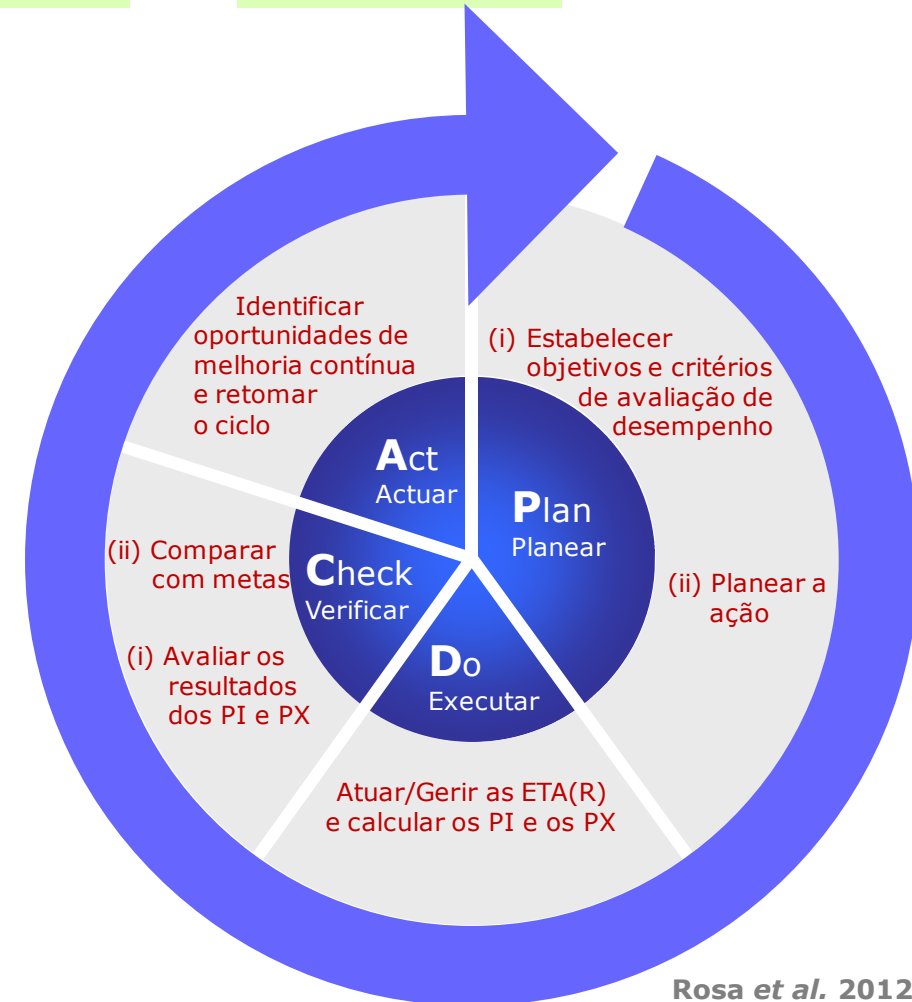
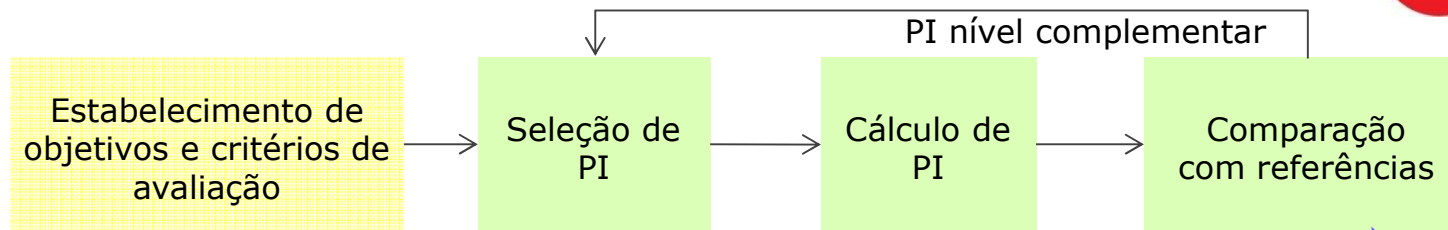


Rosa et al. 2012

4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Rosa et al. 2012

4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



e.g. consórcio PAST21

exemplo ...

ETAR A: diagnóstico lamas

4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR

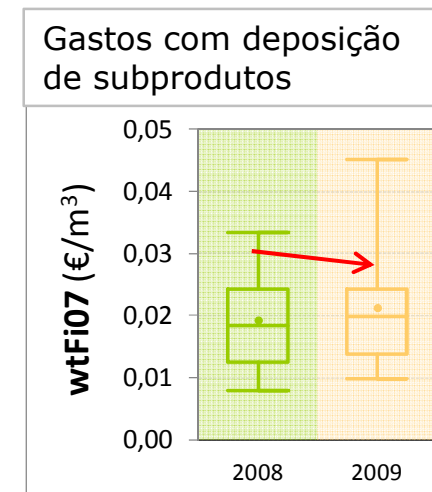
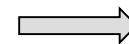
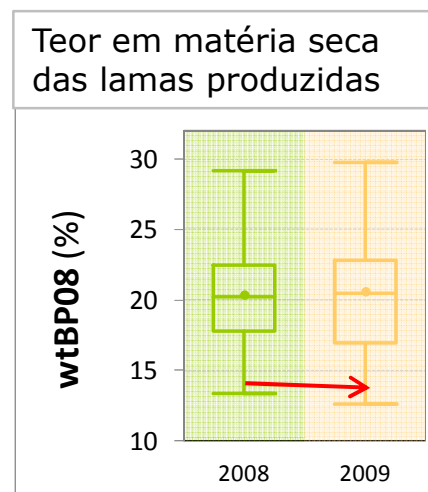
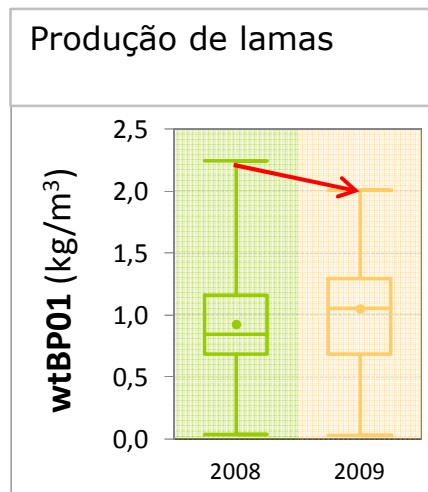


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



e.g. consórcio PAST21

- wtBP01, 04, 08 → elevada produção lamas, baixa qualidade ⇒ wtFi07 → gastos elevados

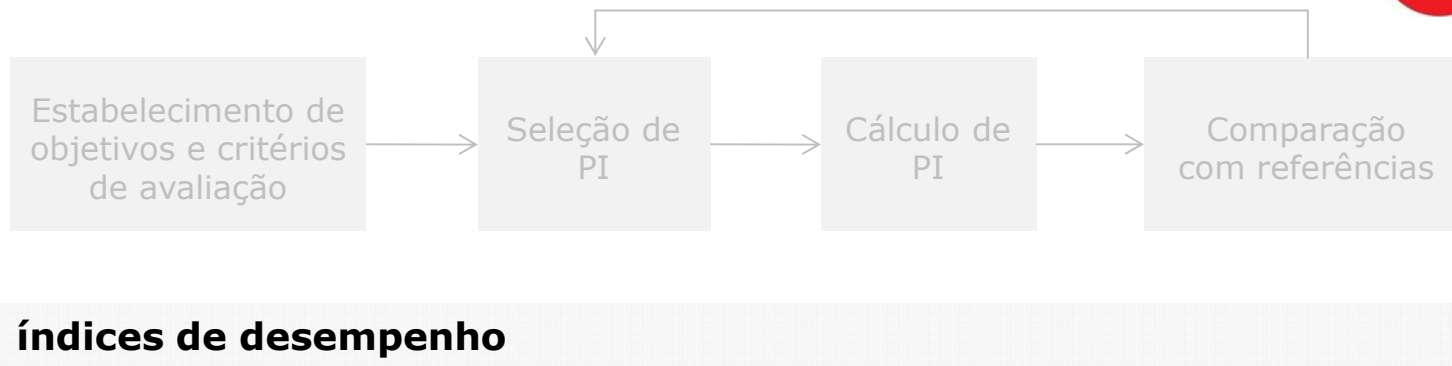


→
ETAR A

4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



índices de desempenho

... para identificar as causas e melhorar o desempenho...

Quando ?

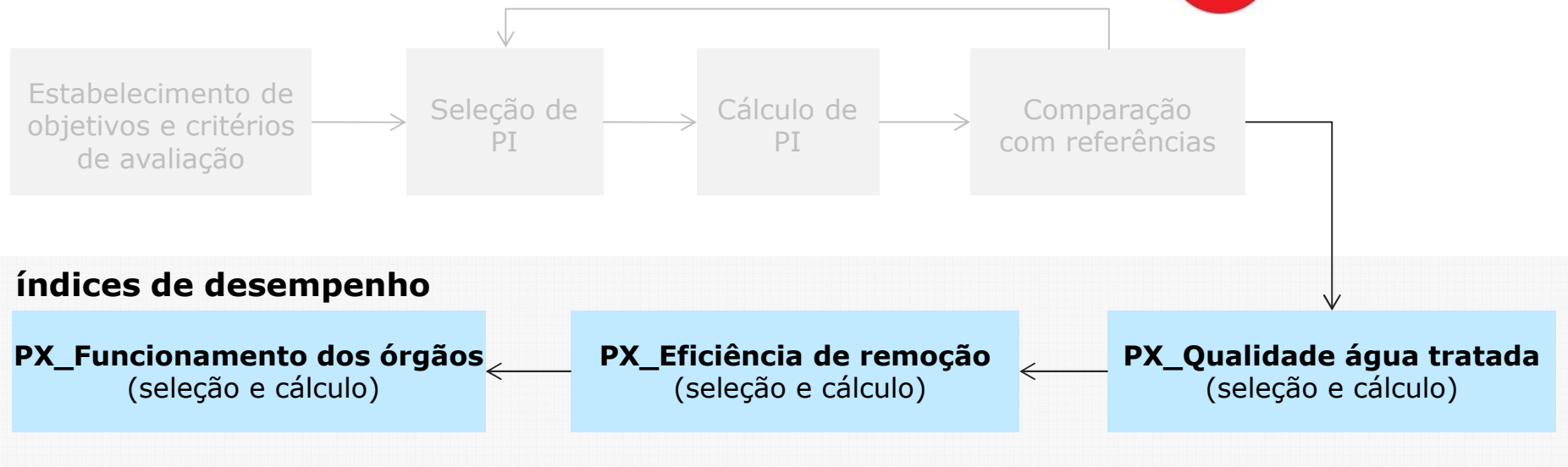
Onde ?

Porquê ?

4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



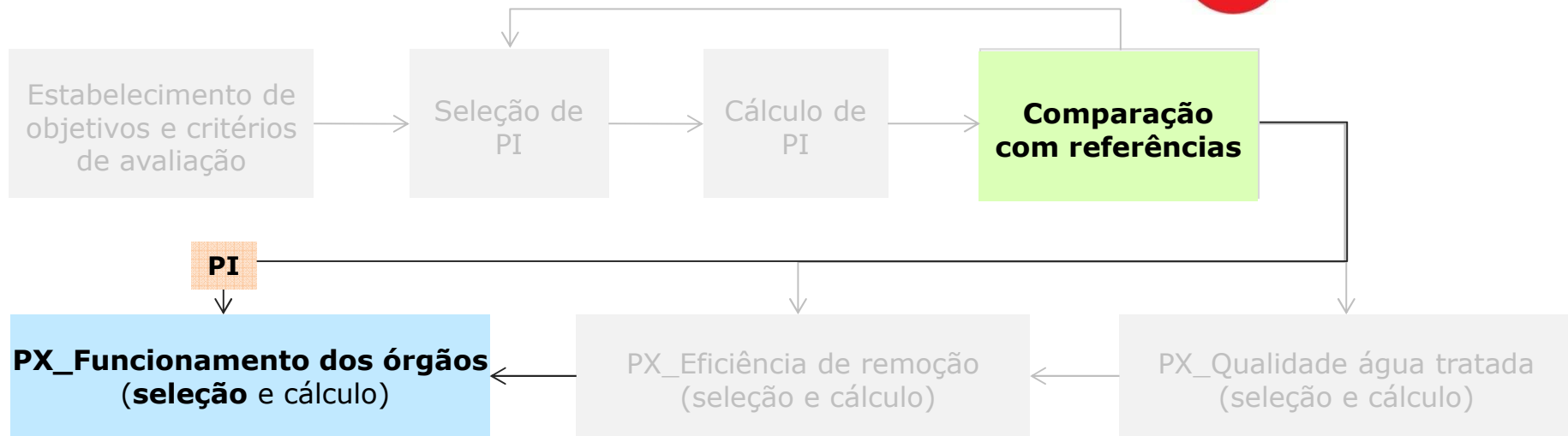
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



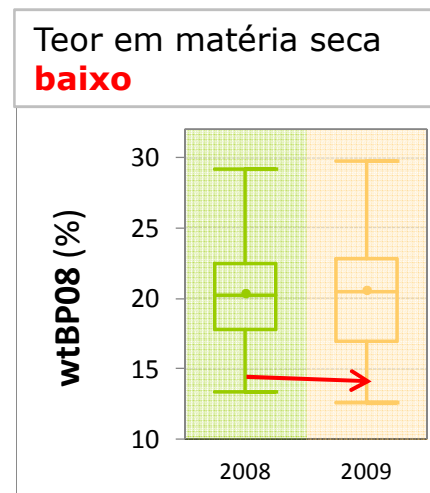
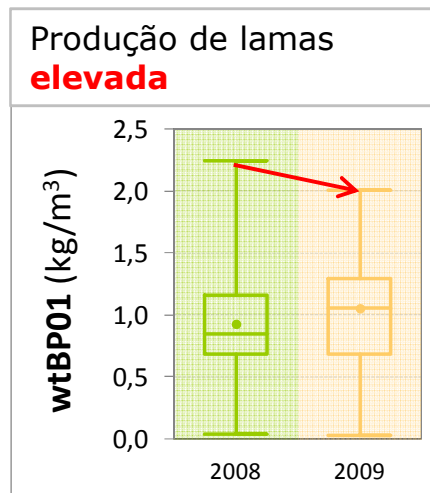
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



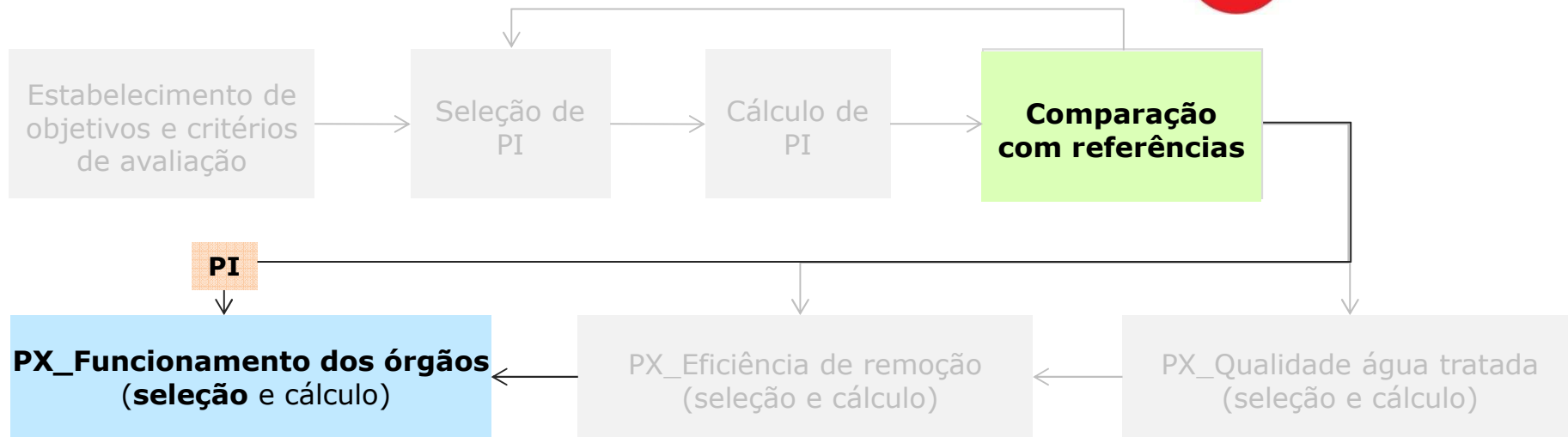
Portfolio PX_Op



Quando, onde e porquê ?

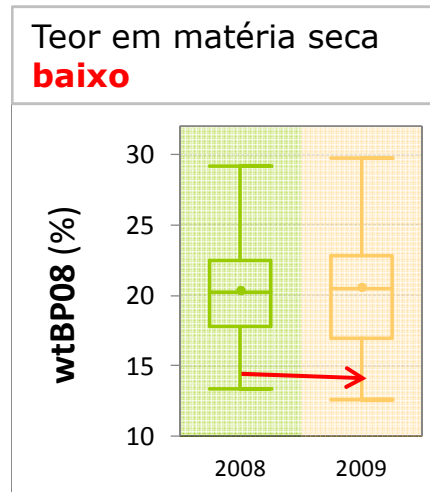
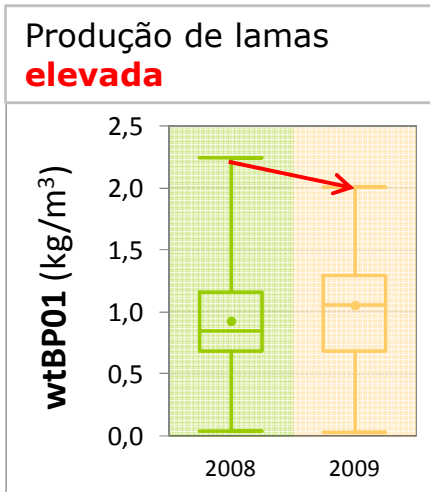


4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



Portfolio PX_Op

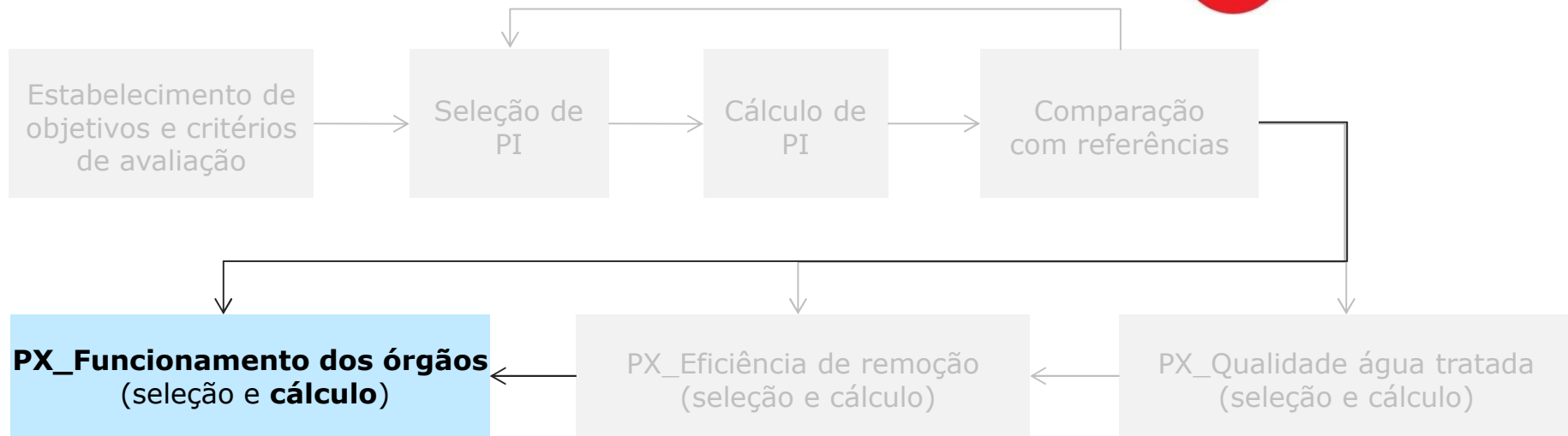
Decantação 1.^a – $MS_{out}, Q/A, \theta$
 LA + Decantação 2.^a – MS_{out}
 Espessamento – MS_{out}, λ_{MS}
 Desidratação – MS_{out}, λ_{MS}



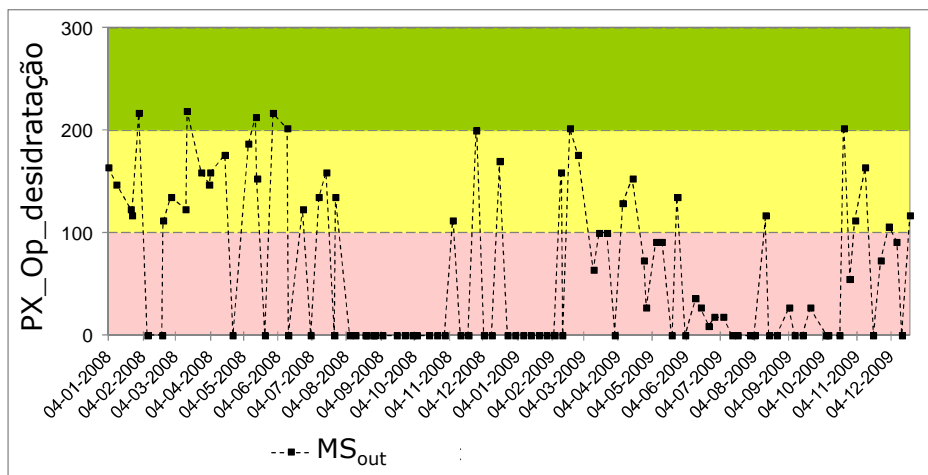
4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Decantação 1.^a – MS_{out} , Q/A , θ
 LA + Decantação 2.^a – MS_{out}
 Espessamento – MS_{out} , λ_{MS}
 Desidratação – **MS_{out}** , λ_{MS}

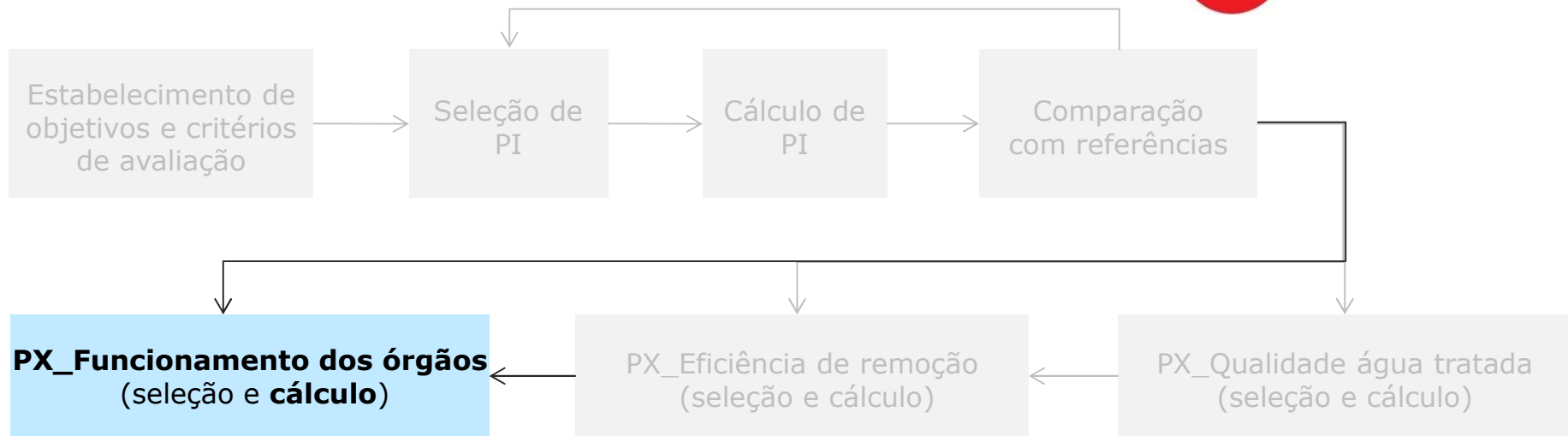


Quando !

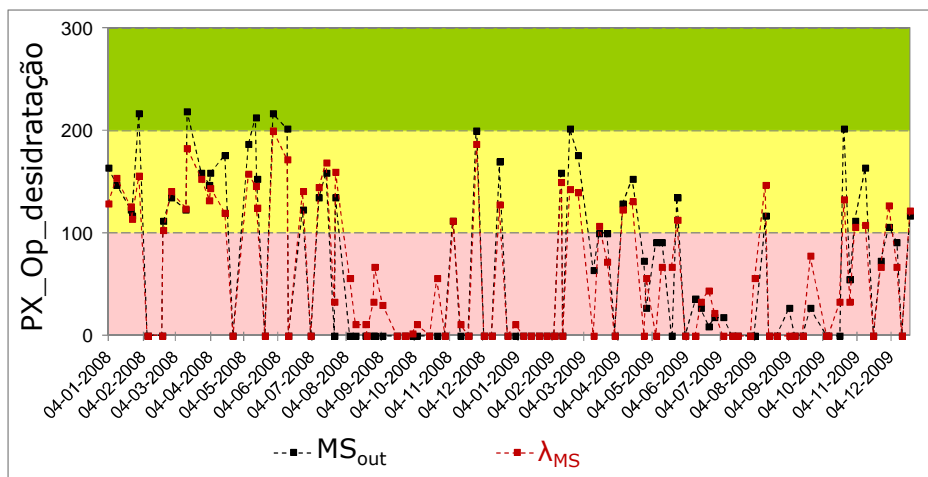
4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



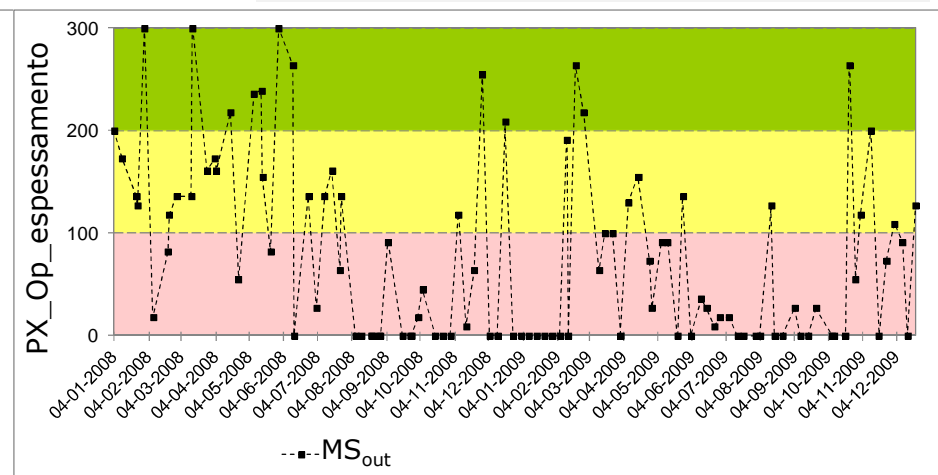
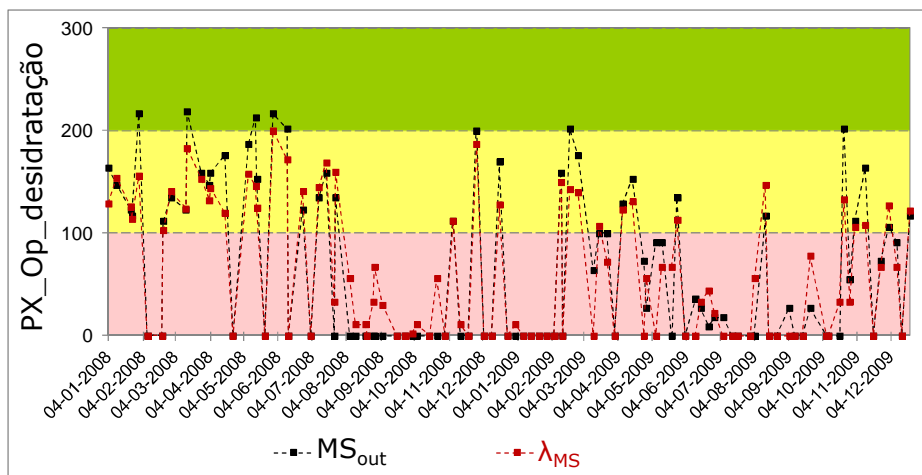
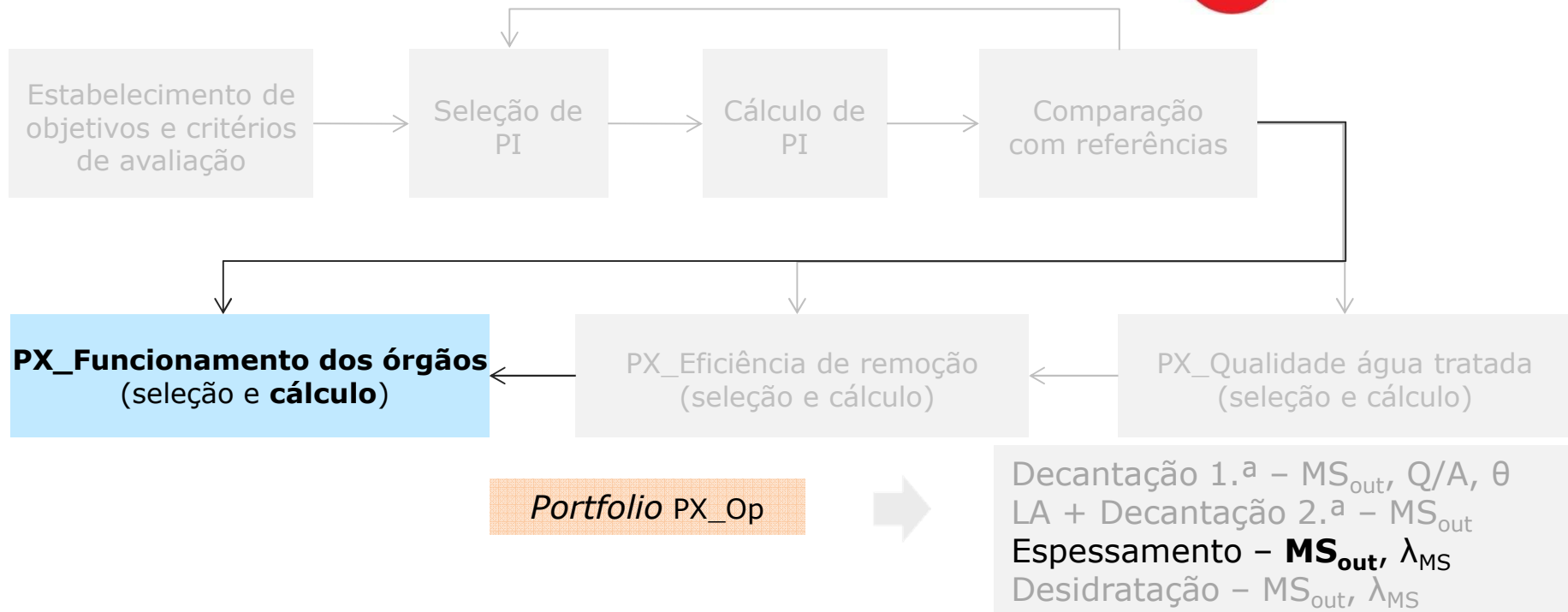
Decantação 1.^a – MS_{out} , Q/A , θ
 LA + Decantação 2.^a – MS_{out}
 Espessamento – MS_{out} , λ_{MS}
 Desidratação – MS_{out} , λ_{MS}



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



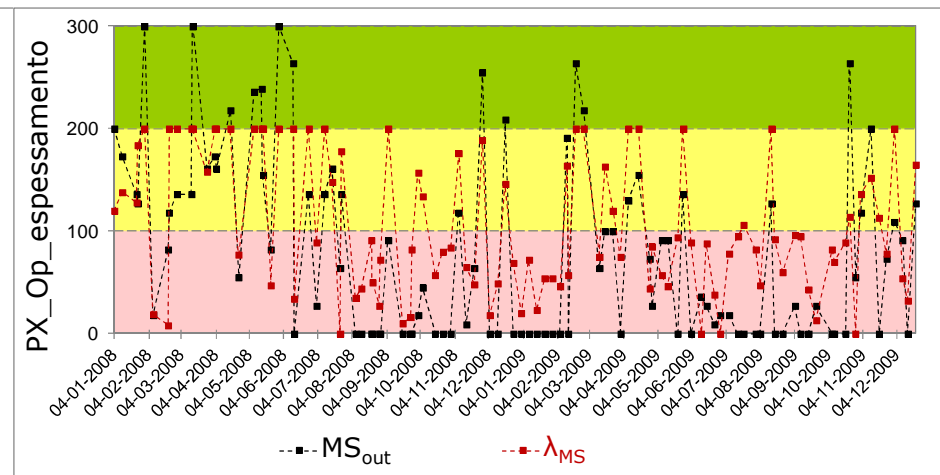
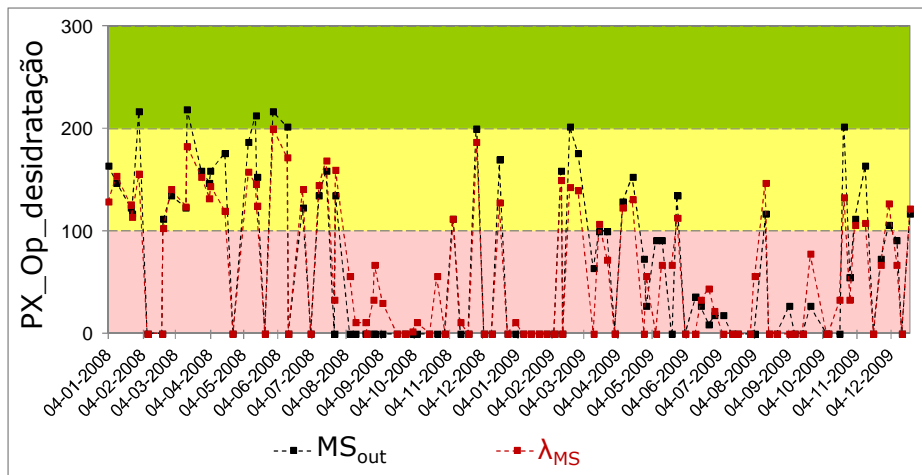
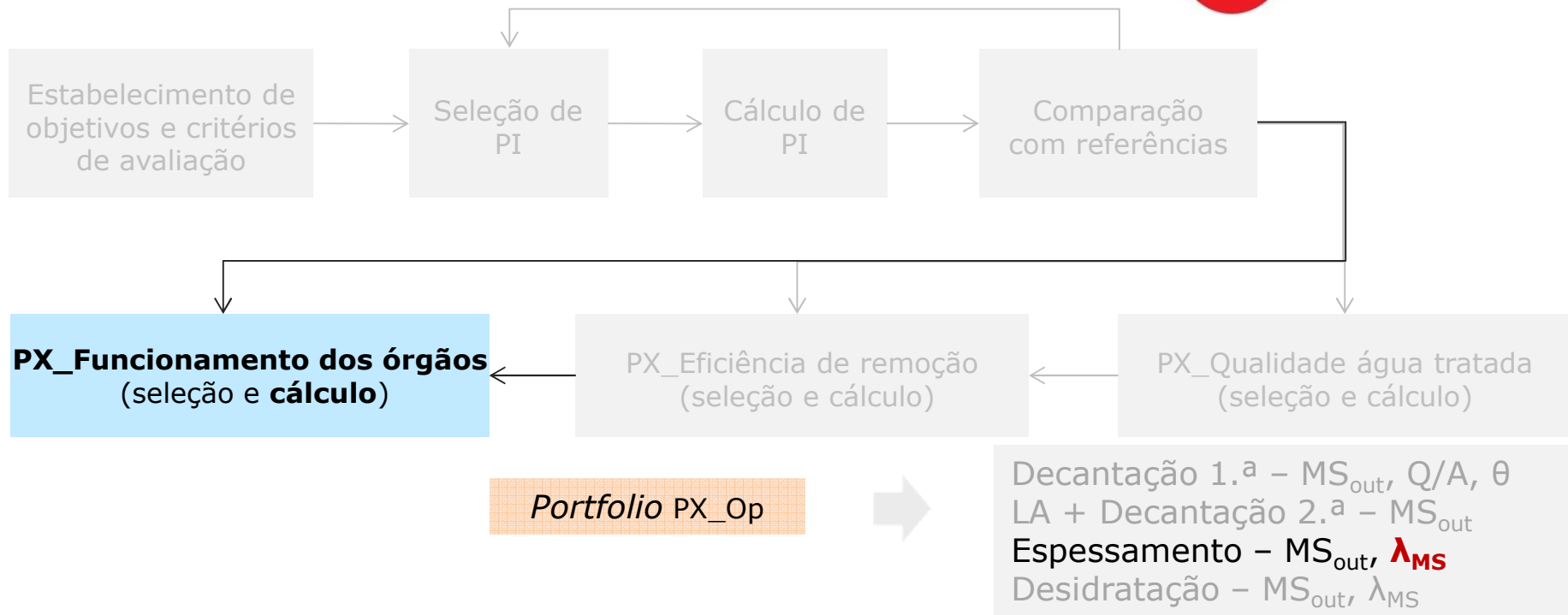
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



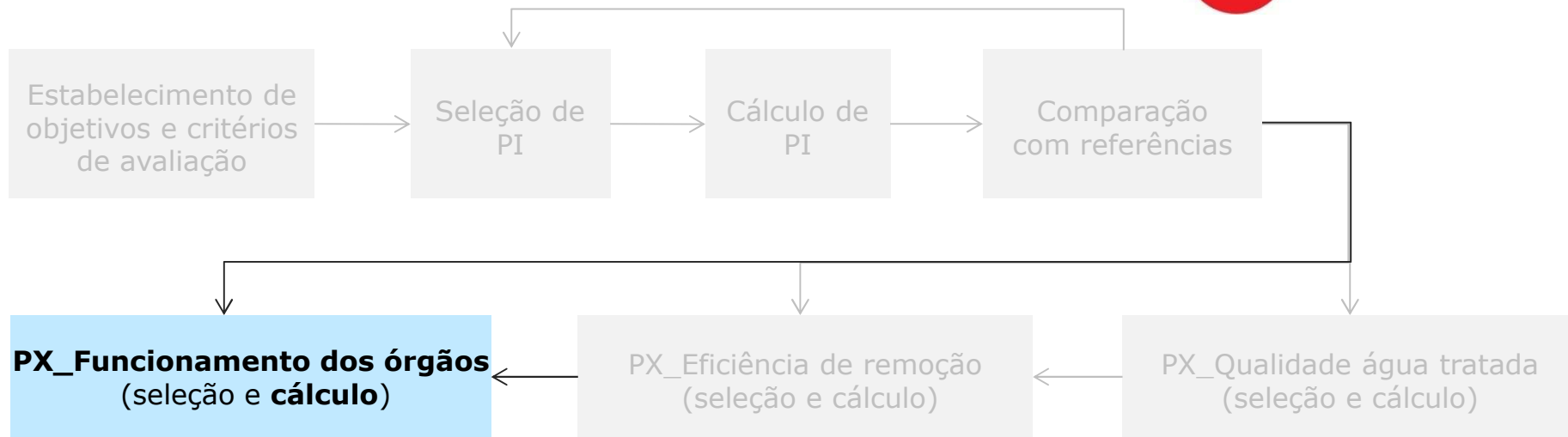
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



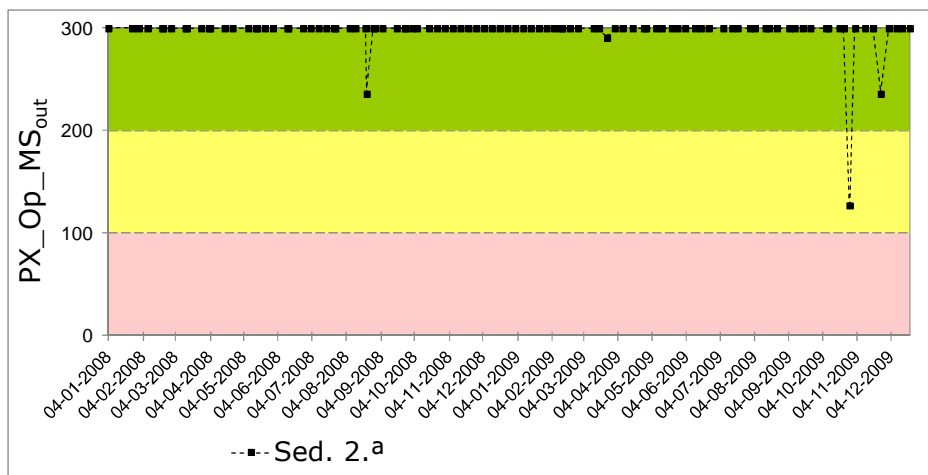
4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



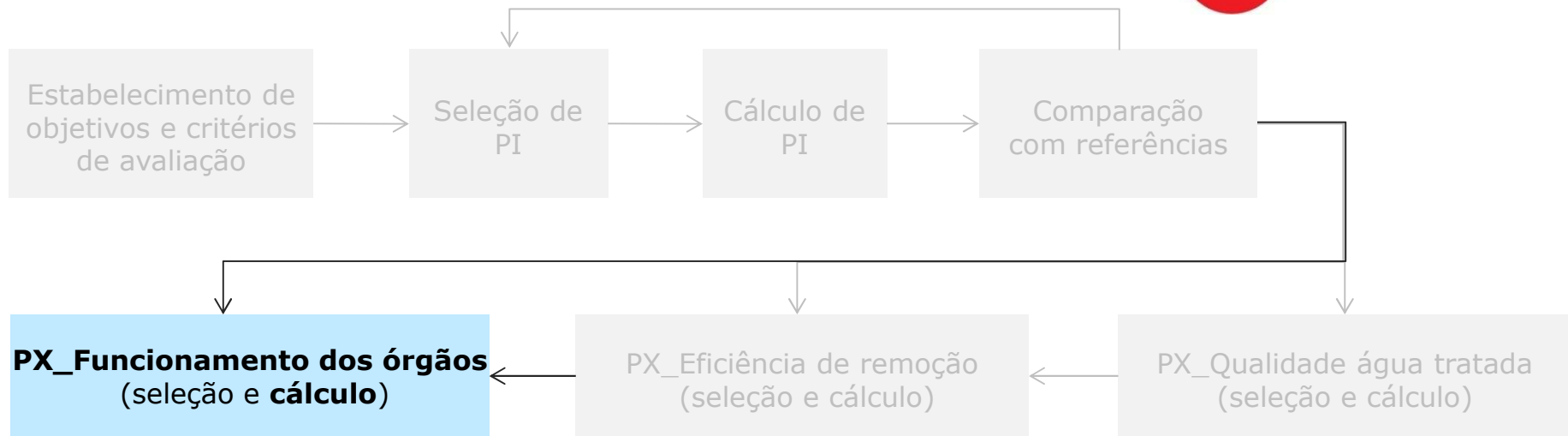
Decantação 1.^a – MS_{out} , Q/A , θ
 LA + Decantação 2.^a – MS_{out}
 Espessamento – MS_{out} , λ_{MS}
 Desidratação – MS_{out} , λ_{MS}



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR

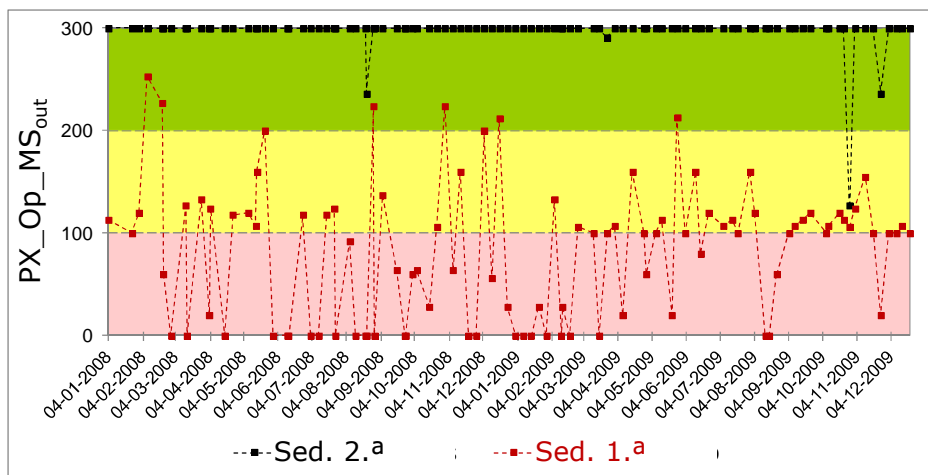


LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Decantação 1.^a - MS_{out} , Q/A , θ
 LA + Decantação 2.^a - MS_{out}
 Espessamento - MS_{out} , λ_{MS}
 Desidratação - MS_{out} , λ_{MS}

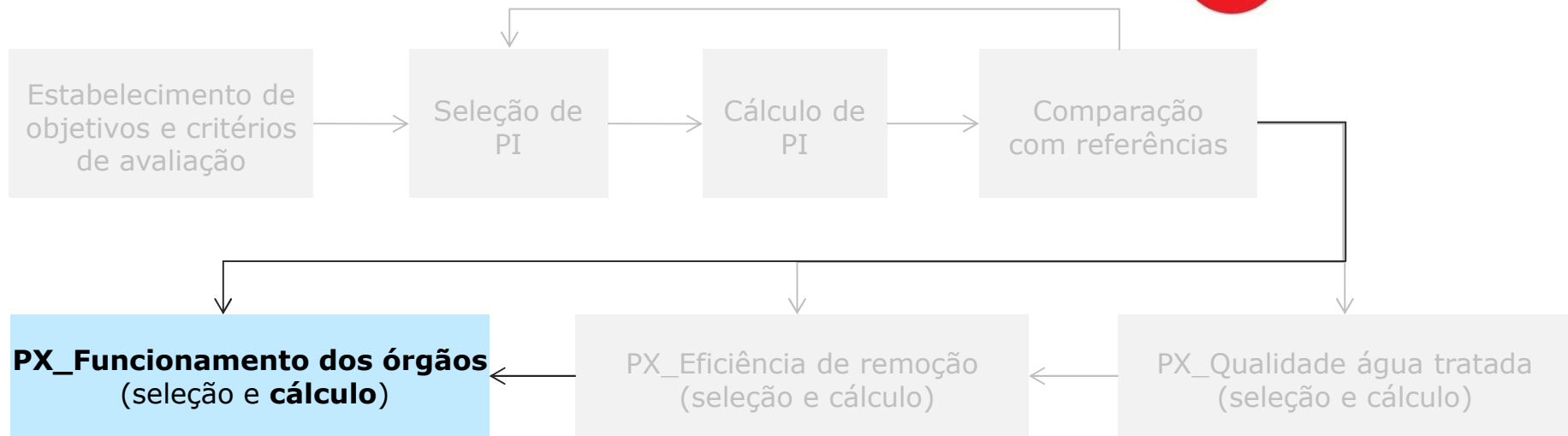
Onde !



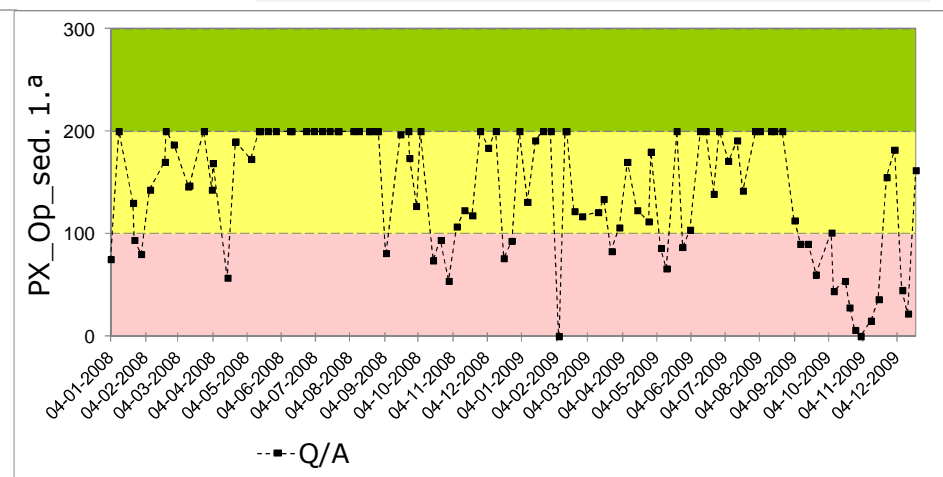
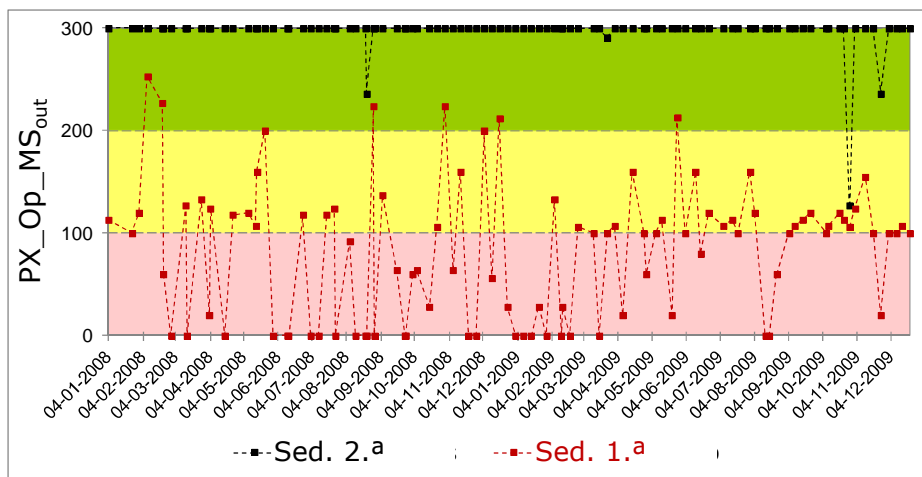
4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



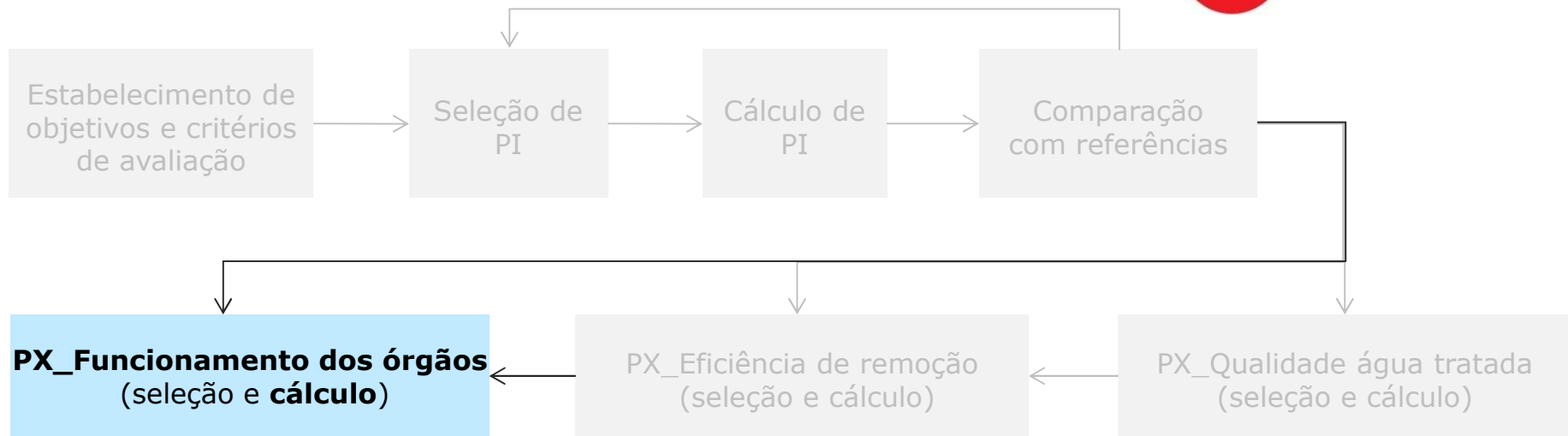
Decantação 1.^a - MS_{out} , Q/A , θ
 LA + Decantação 2.^a - MS_{out}
 Espessamento - MS_{out} , λ_{MS}
 Desidratação - MS_{out} , λ_{MS}



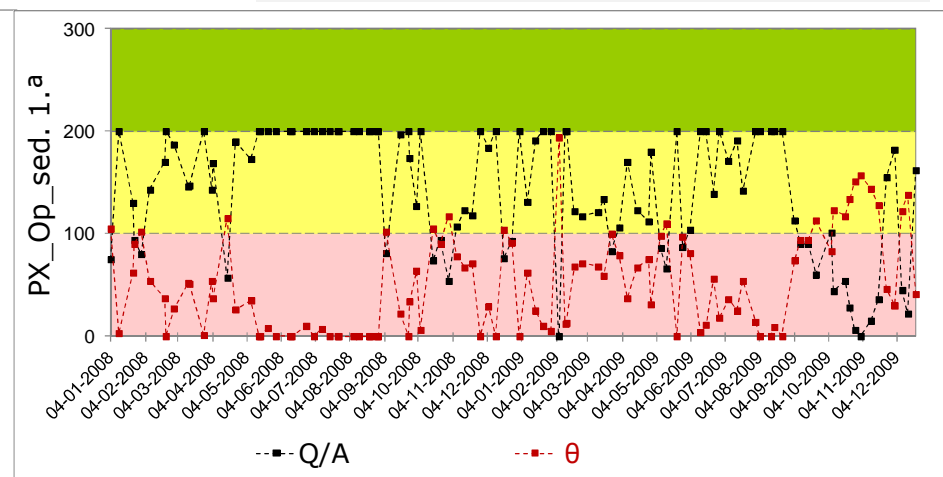
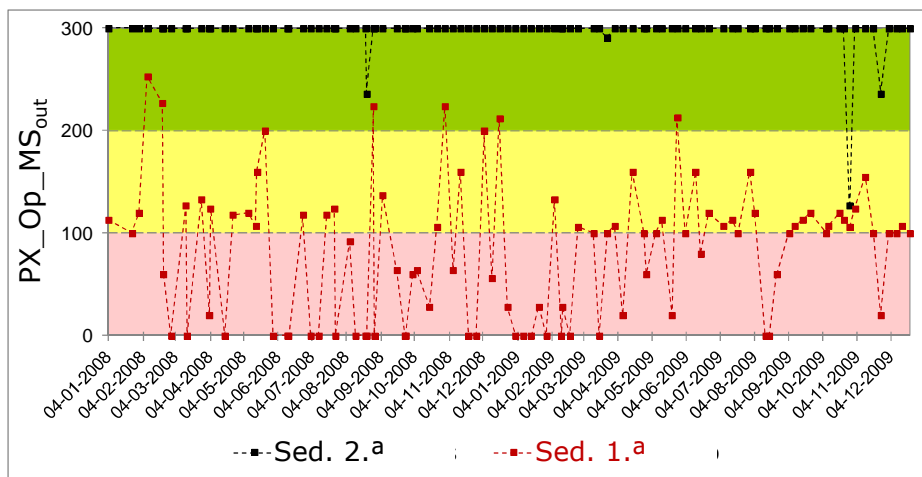
4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



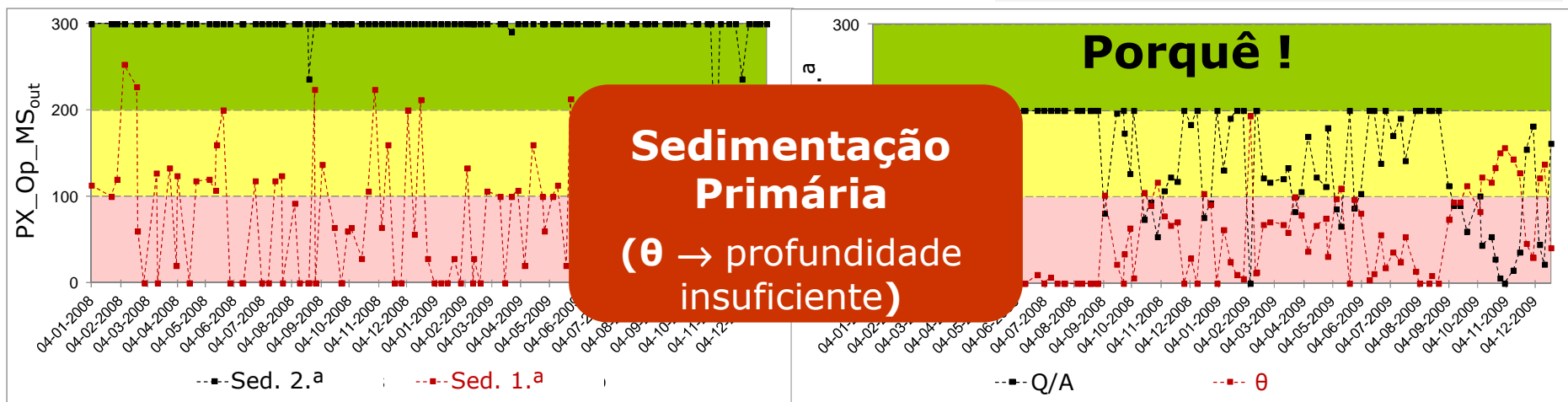
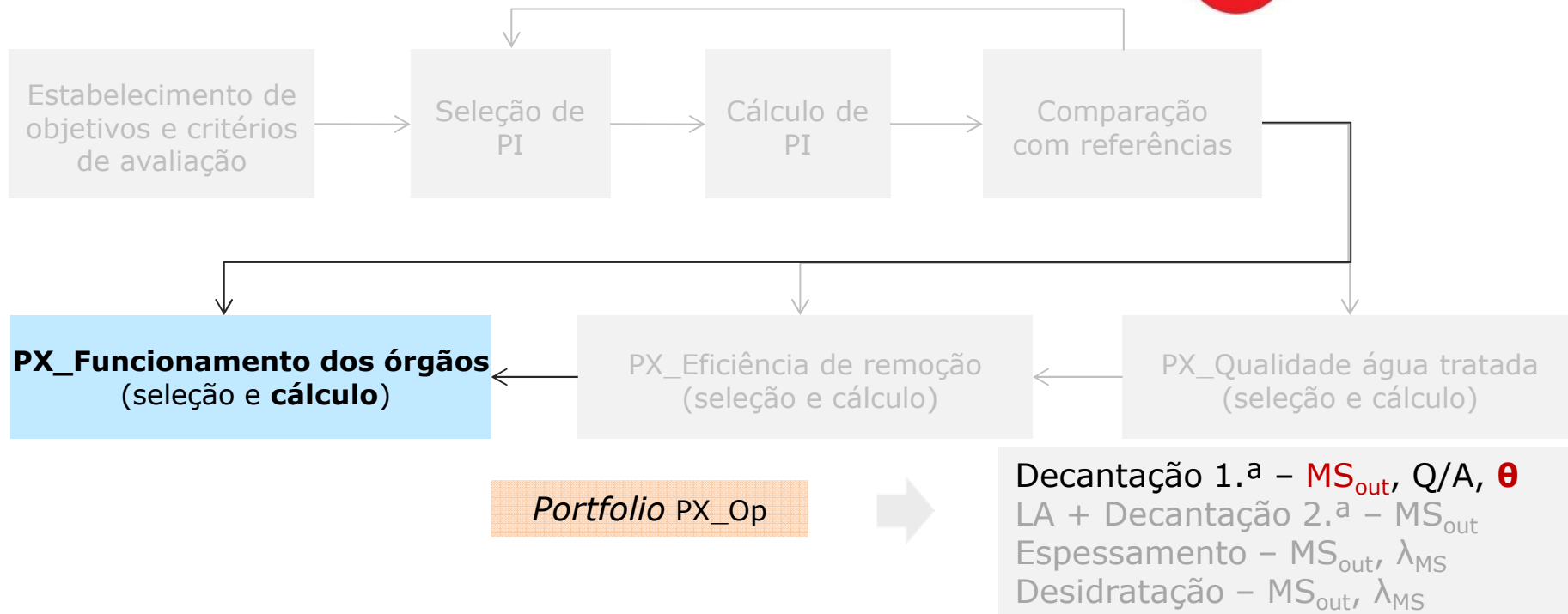
Decantação 1.^a - MS_{out} , Q/A, θ
 LA + Decantação 2.^a - MS_{out}
 Espessamento - MS_{out} , λ_{MS}
 Desidratação - MS_{out} , λ_{MS}



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



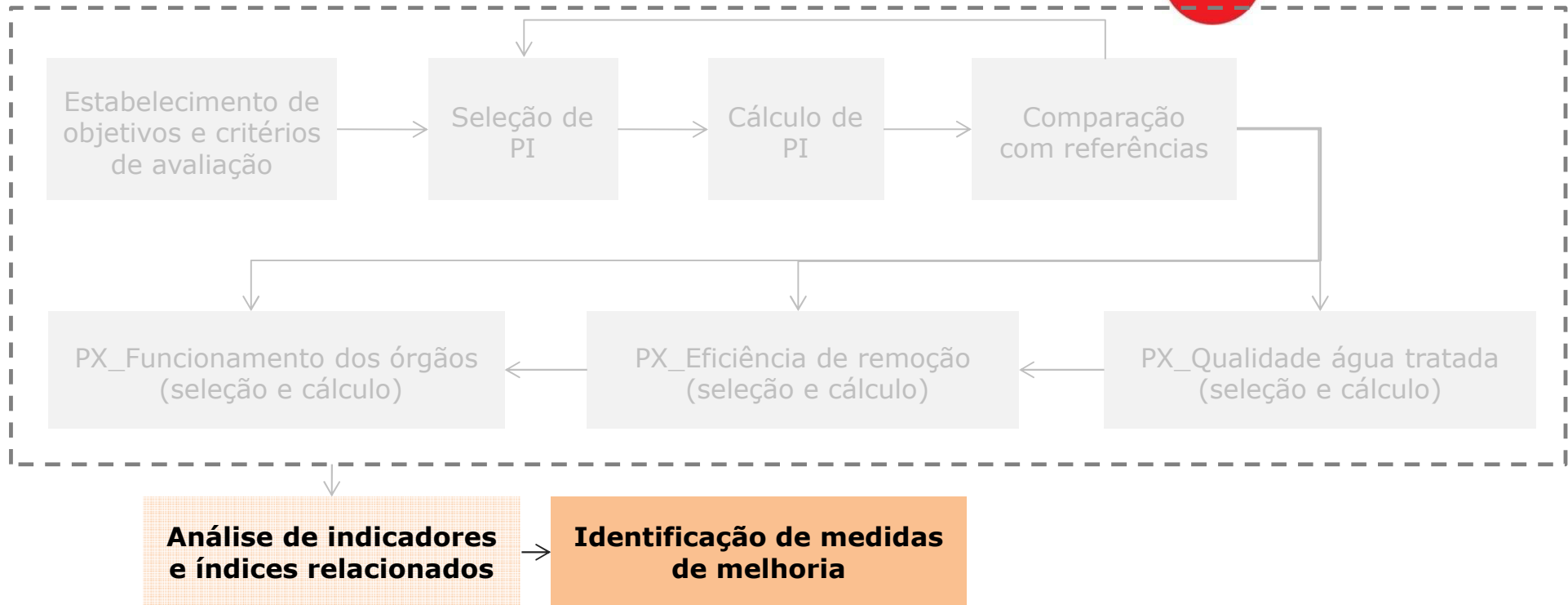
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



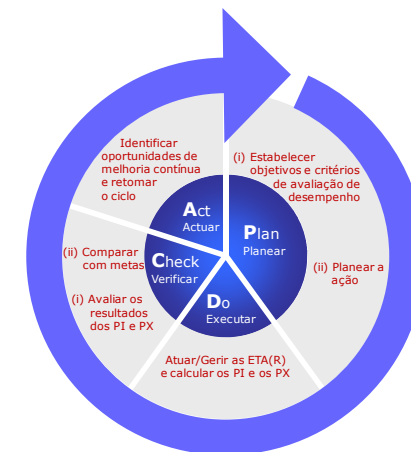
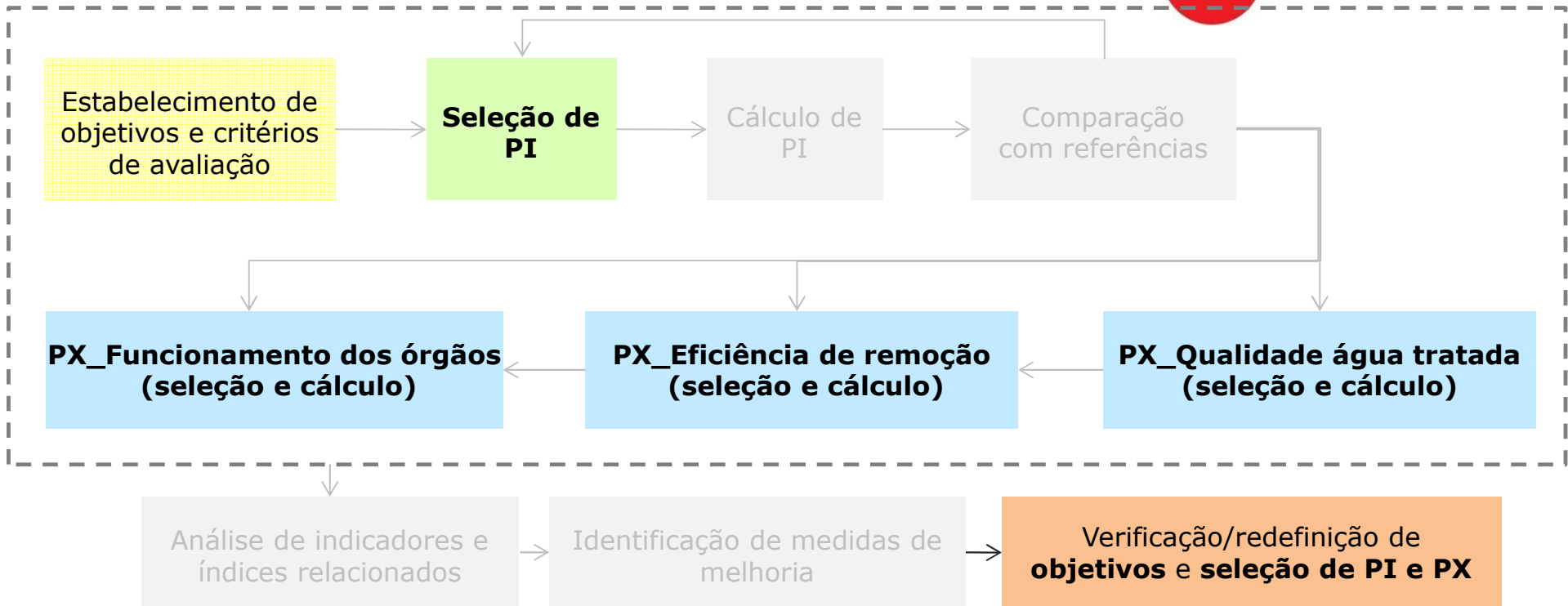
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



4. Exemplo de aplicação do PAS a ETAR



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



5. Notas finais



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- > As entidades gestoras demonstram uma saudável e **crecente preocupação** com a **melhoria do desempenho** das ETA e ETAR que exploram
- > O **benchmarking** é uma ferramenta adequada para a **melhoria do desempenho** destes serviços e a **avaliação de desempenho** é uma peça-chave
- > Os PAS “de referência mundial” cobrem insuficientemente os **aspectos operacionais** das ETA e ETAR, essenciais à sua otimização e melhoria do desempenho
- > Apresentou-se a iniciativa nacional **PAS21** e os **PAS @ Inec de ETA e ETAR**, que incluem **indicadores** e **índices** de desempenho
- > Os **índices complementam** os **indicadores**:
 - + os **PI** quantificam o **desempenho global** da estação num período de referência
 - + os **PX** identificam “**quando**”, “**onde**” e “**porquê**” se obteve desempenho insatisfatório, aceitável, bom e excelente
 - + da análise complementar de PI e PX é possível **diagnosticar** e **prever** situações de **maior risco de ineficácia** e **identificar oportunidades de melhoria** de eficiência **técnica, económica** e **ambiental** das ETA e ETAR

5. Notas finais



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

> Em **desenvolvimento** ...

- + **Índices operacionais de processos avançados** de tratamento – membranas, adsorção, processos híbridos adsorção/membranas usados para...
 - + **Tratamento de água para consumo humano**
 - + **Reutilização de água**
- + **Índices operacionais de energia, lamas, recuperação de fósforo** de ETAR convencionais e processos avançados
- + **Teste/validação** no âmbito de projetos FP7 (TRUST), LIFE, INTERREG

Benchmarking

ETA | ETAR

Dissolved air flotation

cyanobacteria

Adsorption

Biofiltration

Nanofiltration

Microfiltration

PAC/UF

cyanotoxins

emerging contaminants



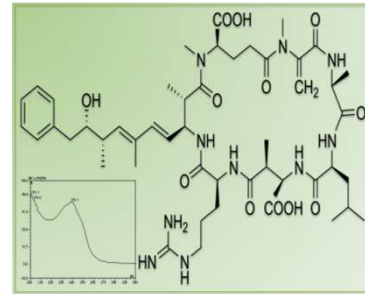
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

memb-tech@labes.Inec

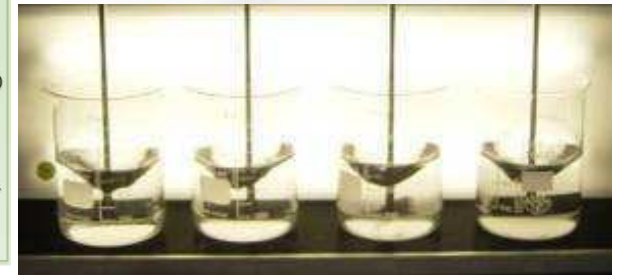
Tratamento avançado de água e de águas residuais



drinking WATER
WATER reuse



PASt



<http://www.Inec.pt/organizacao/dha/nes/trabalho-experimental/LABES>

mjrosa@Inec.pt