Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07368

# Modelagem da qualidade da água do Rio Jundiaí utilizando Streeter-Phelps como suporte à tomada de decisão

**Matheus Renato Gomes**
Anna Júlia Sigrist; Fernando Meletti Maciel; Carlos Meszaros Filho; Luiz Pannuti Carra
E-Agua Engenharia e Companhia Saneamento de Jundiaí

# Sumário


Apresentação | Proposta de trabalho e objetivos | Métodos

2-9

Fluxograma do modelo | Parâmetros de entrada | Pontos avaliados

10-14

Resultados | Apresentação gráfica | Aprendizados

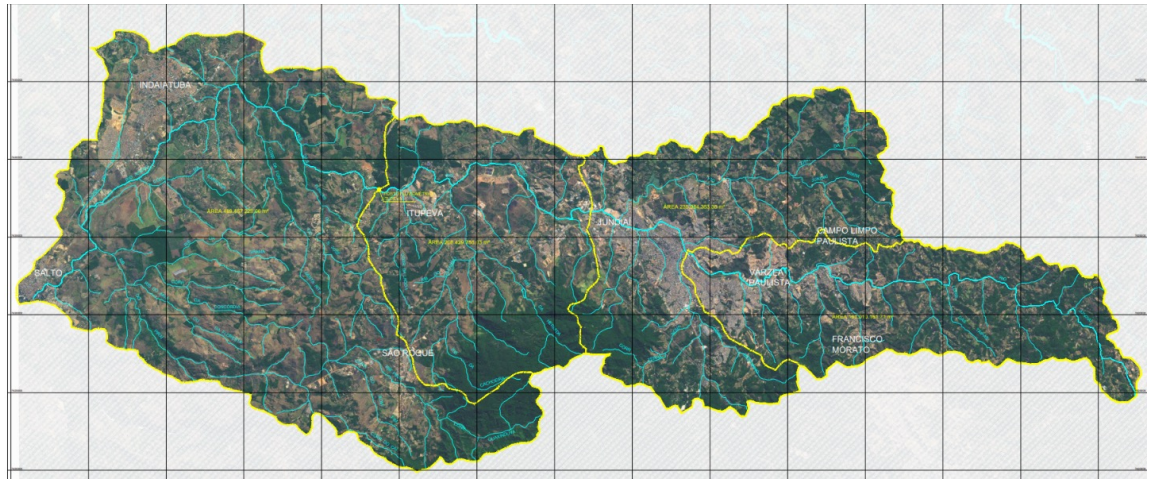
15-18

# Apresentação

**O Rio Jundiaí como pilar estratégico para a economia, o meio ambiente e o saneamento**

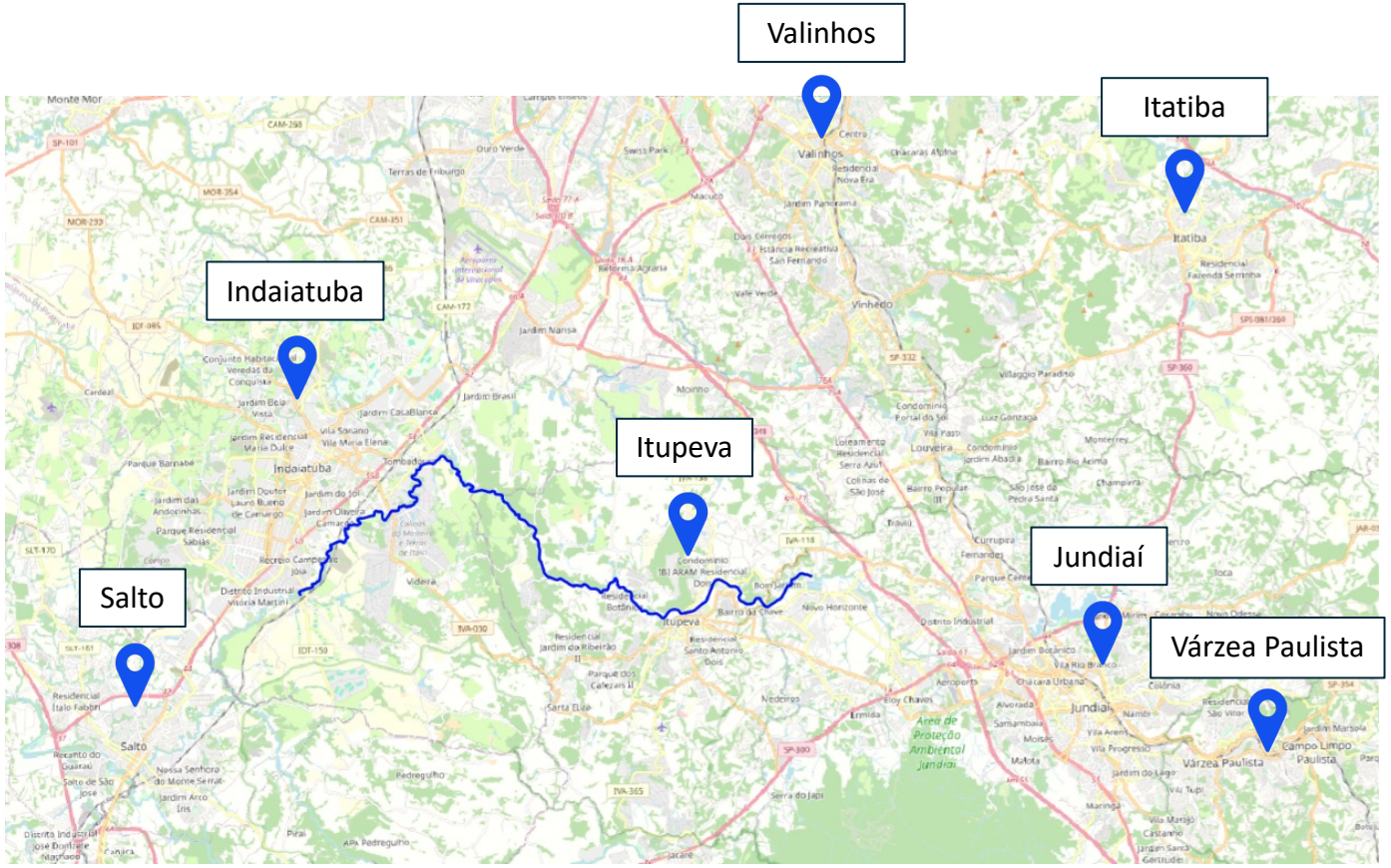
- Bacia hidrográfica em uma região de alta densidade populacional e fortes pressões antrópicas, com aproximadamente 1,5 milhão de habitantes.
- Existência de múltiplos pontos de lançamento de efluentes e contribuições difusas de poluição ao longo do rio,

o que exige gestão integrada e orientação baseada em dados.



# Proposta do trabalho

Desenvolver uma ferramenta em planilha, baseada no modelo de Streeter-Phelps, de forma customizada para simular a autodepuração e a diluição no Rio Jundiaí em diferentes cenários de lançamento da ETEJ (Companhia Saneamento de Jundiaí), integrando as demais fontes de poluição do trecho.




**Extensão do trecho avaliado: 40 km**

# Objetivos

❖ Analisar os processos de autodepuração e diluição do Rio Jundiaí, avaliar a qualidade da água e identificar potenciais impactos nos usos consuntivos no trecho.

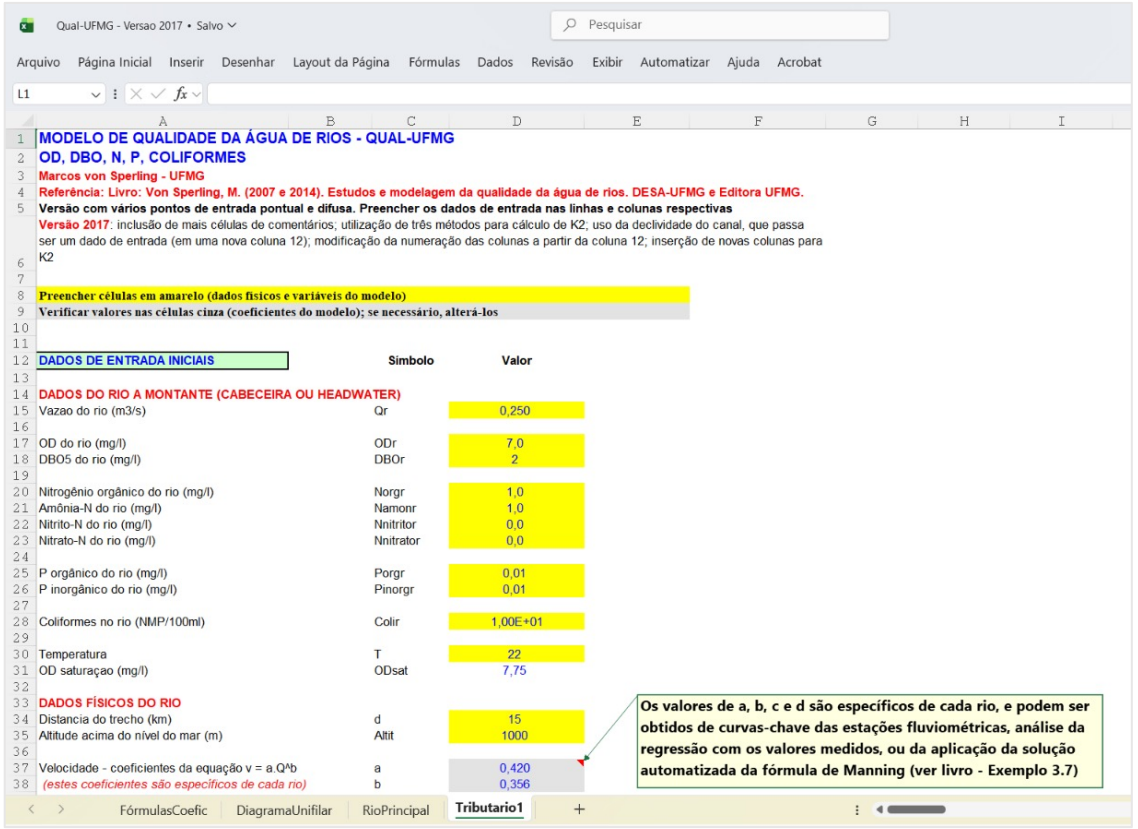
I. Desenvolver uma ferramenta customizada para simular o comportamento dos principais parâmetros de qualidade da água (DBO, OD, P, série de nitrogênio, coliformes) no Rio Jundiaí e comparar com os parâmetros de qualidade esperados para a classe;

II. Apoiar a gestão integrada dos recursos hídricos e a proposição de medidas de proteção da qualidade da água.

# Métodos

1. Customização do Modelo Clássico de Streeter-Phelps (QUAL-UFMG);

- Processos naturais de degradação e sedimentação da matéria orgânica (DBO);
- Mecanismos de nitrificação e desnitrificação para decaimento de NTK;
- Sedimentação de fósforo (P);
- Decaimento bacteriano.



# Métodos

2. Calibração do modelo com amostras de campo e parâmetros de qualidade esperados para:

- 4 ETEs;
- 2 captações de ETAs;
- 3 pontos de amostragem

no Rio Jundiaí.

❖ Simulação para vazões mínima (Q95), média (de longo termo, Qmlt) e máxima (Q25)

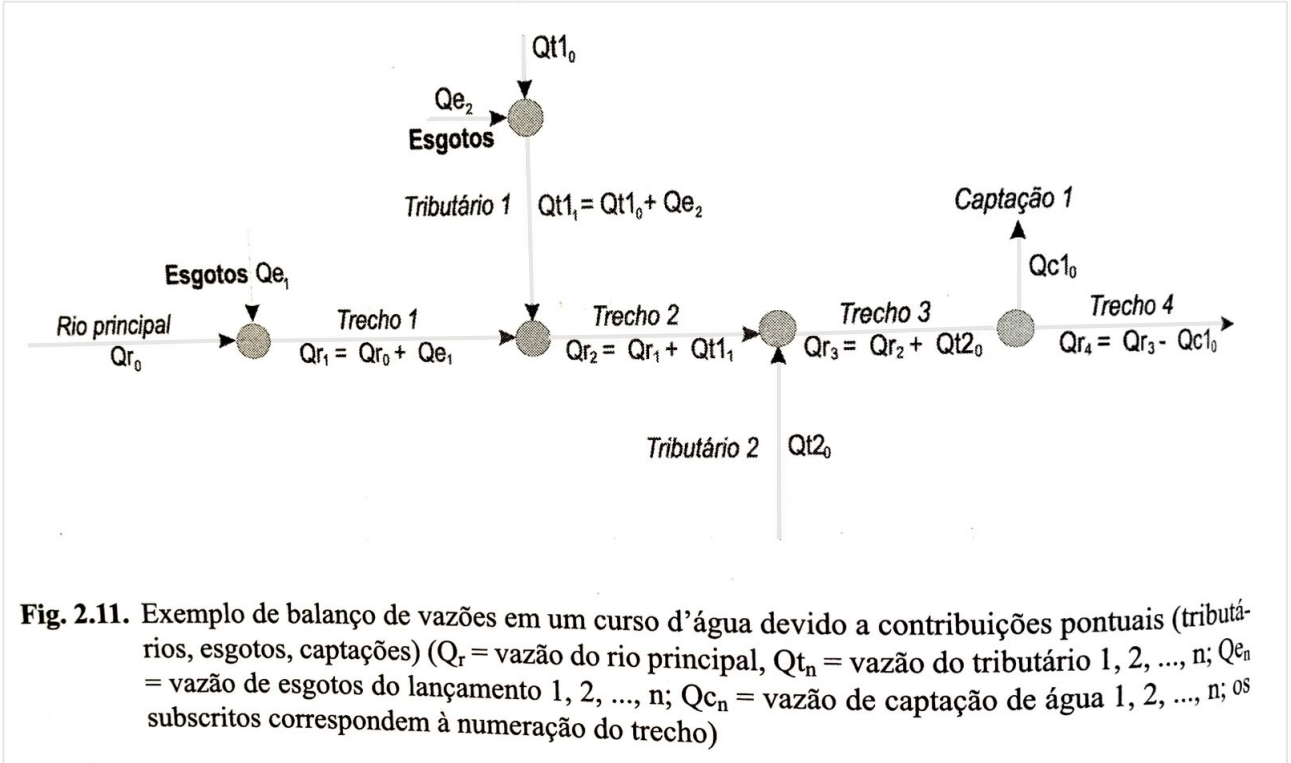



**Fig. 2.11.** Exemplo de balanço de vazões em um curso d'água devido a contribuições pontuais (tributários, esgotos, captações) ($Q_r$ = vazão do rio principal, $Qt_n$ = vazão do tributário 1, 2, ..., n; $Qe_n$ = vazão de esgotos do lançamento 1, 2, ..., n; $Qc_n$ = vazão de captação de água 1, 2, ..., n; os subscritos correspondem à numeração do trecho)

# Métodos

## 3. Coeficientes de reaeração (k2) calculados para diferentes trechos do Rio Jundiaí:

Determinação da vazão de interesse – Q95, Qml e Q25

↓

Definição da profundidade média (Rodrigues, 2005)

↓

Cálculo da velocidade de escoamento (Sperling, 2014)

↓

Definição das condições do leito e determinação de K2 (Chapra, 1997)

| | Profundidade Média (m) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Trecho | jan/fev/mar | abr/maio/jun | jul/ago/set | out/nov/dez |
| 1 | 1,469 | 1,432 | 1,409 | 1,439 |
| 2 | 1,531 | 1,492 | 1,471 | 1,500 |
| 3 | 1,571 | 1,530 | 1,508 | 1,541 |
| 4 | 1,599 | 1,557 | 1,533 | 1,570 |
| 5 | 1,616 | 1,572 | 1,546 | 1,587 |
| 6 | 1,974 | 1,585 | 1,557 | 1,600 |
| 7 | 2,069 | 1,751 | 1,575 | 1,859 |
| 8 | 2,207 | 1,883 | 1,705 | 1,995 |
| 9 | 2,308 | 1,979 | 1,800 | 2,094 |
| 10 | 2,602 | 2,223 | 2,014 | 2,358 |
| 11 | 2,528 | 2,153 | 1,944 | 2,288 |
| 12 | 2,573 | 2,188 | 1,973 | 2,327 |
| 13 | 2,647 | 2,249 | 2,029 | 2,395 |
| 14 | 2,744 | 2,333 | 2,109 | 2,485 |
| 15 | 2,818 | 2,398 | 2,172 | 2,554 |

$$k_2 = 3{,}93 \cdot U^{0{,}5} \cdot H^{-1{,}5}$$

$k_2$ = coeficiente de reaeração ($d^{-1}$);
U = velocidade média da água (m/s);
H = profundidade média (m).

# Métodos

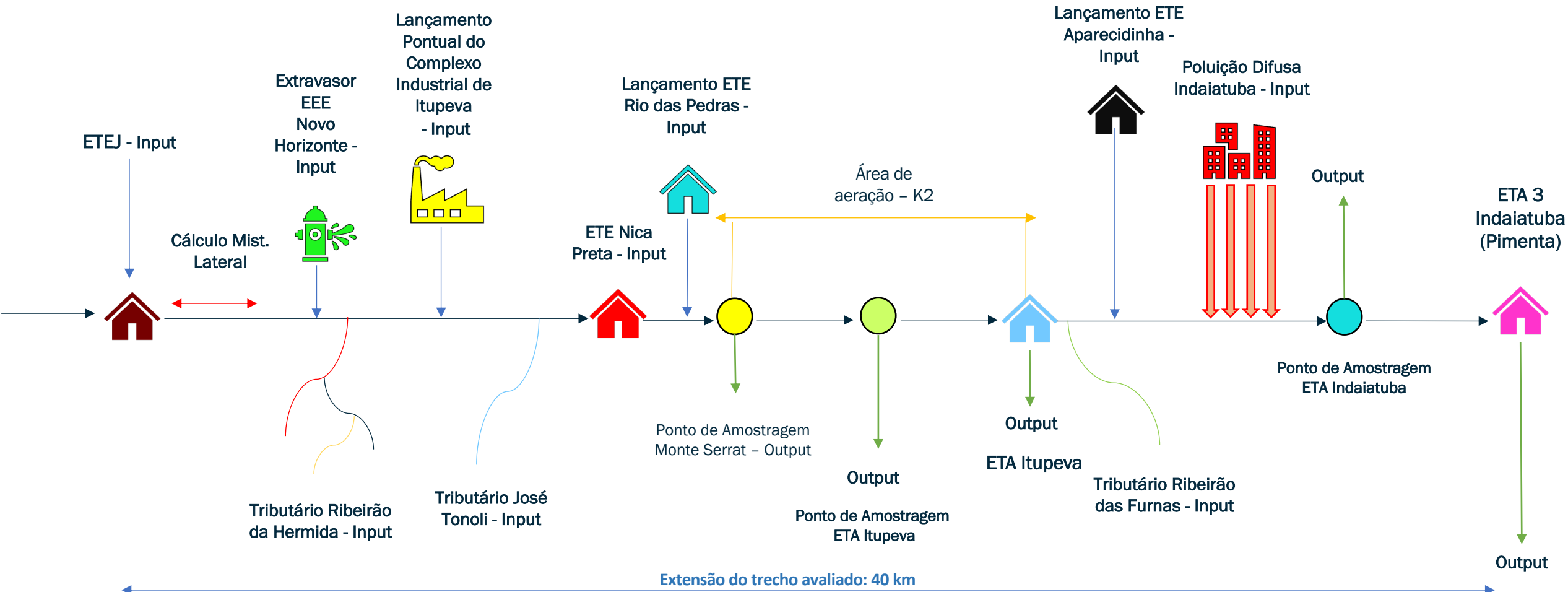
4. Integração de múltiplas fontes hídricas e de poluição (ETEs da região, atividades urbanas e tributários):

- ETE Nica Preta – Reator UASB
- ETE Rio das Pedras – Sistema de lodos ativados
- ETE Aparecidinha – Filtros aerados submersos
- ETE J – Lagoas aeradas

- Tributários: Ribeirão das Furnas, José Tonoli e Ribeirão da Hermida

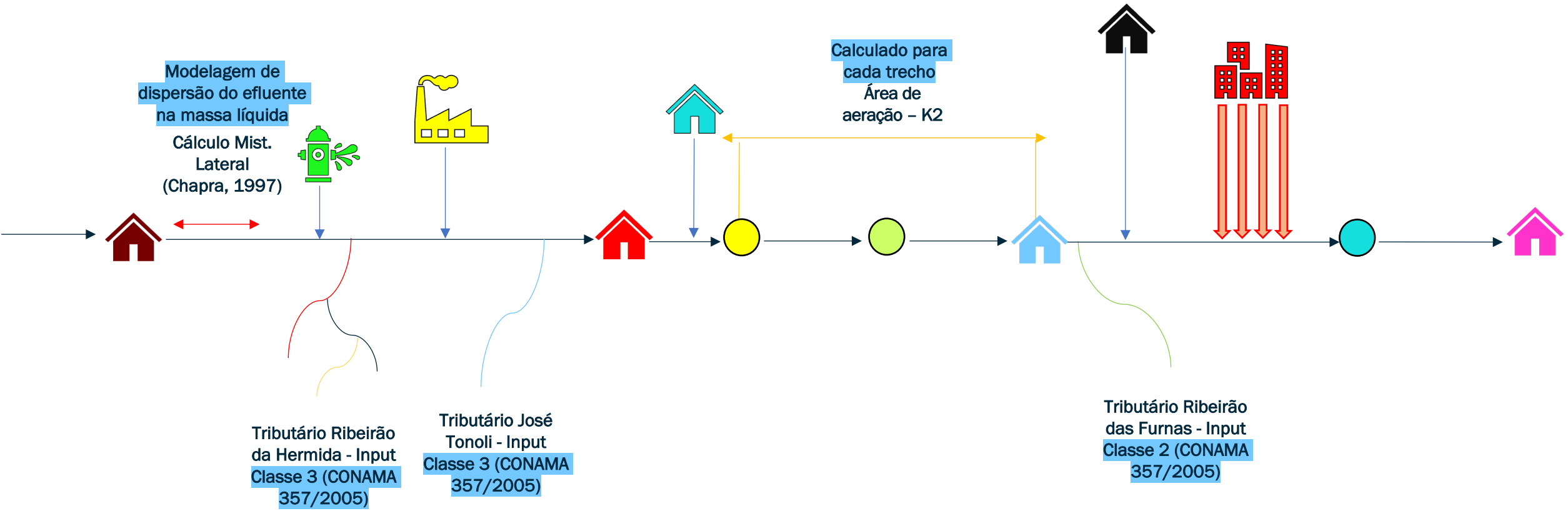
- Complexo industrial de Itupeva
- Poluição difusa do déficit de coleta de esgoto em Indaiatuba (SNIS)

# Fluxograma de contribuições

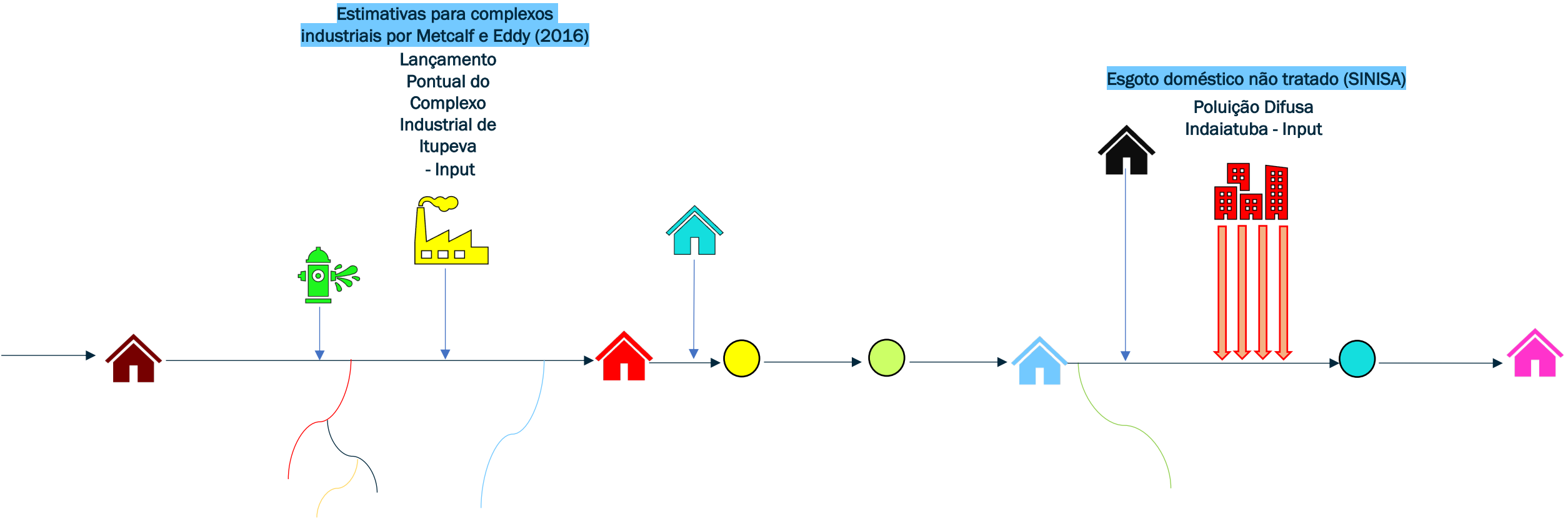


# Parâmetros de entrada – Hidrologia

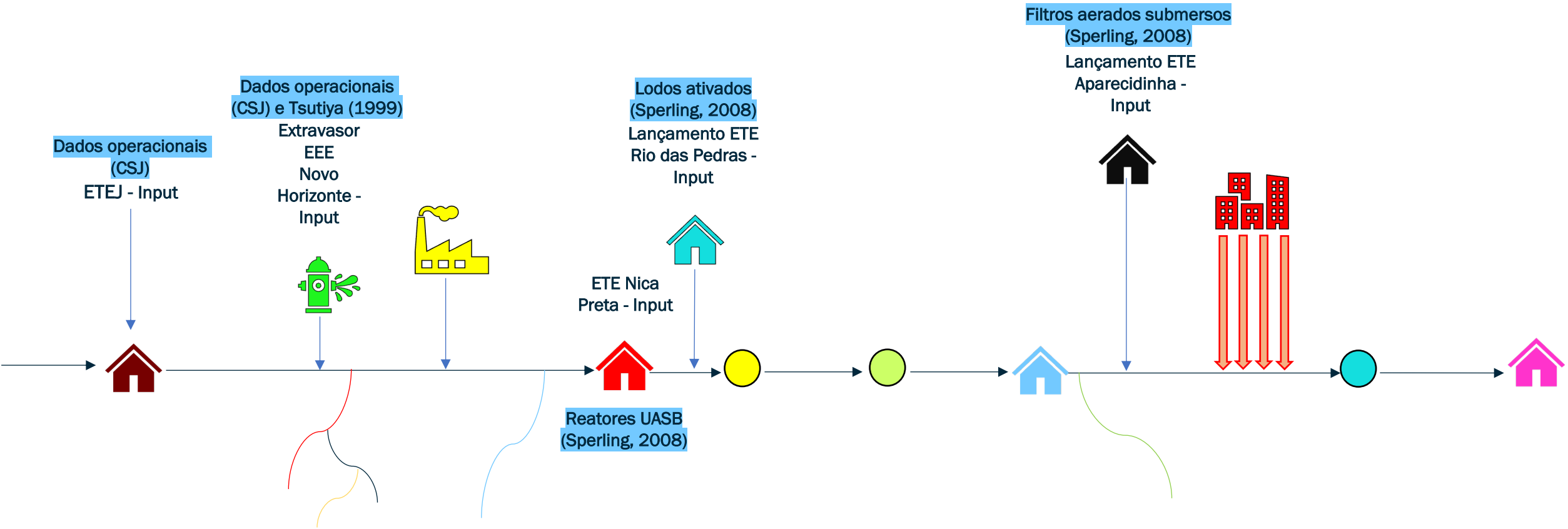
Simulações para vazões mínima (Q95), média (de longo termo, Qmlt) e máxima (Q25), calculadas pelo software do antigo DAEE



# Parâmetros de entrada – Poluição urbana

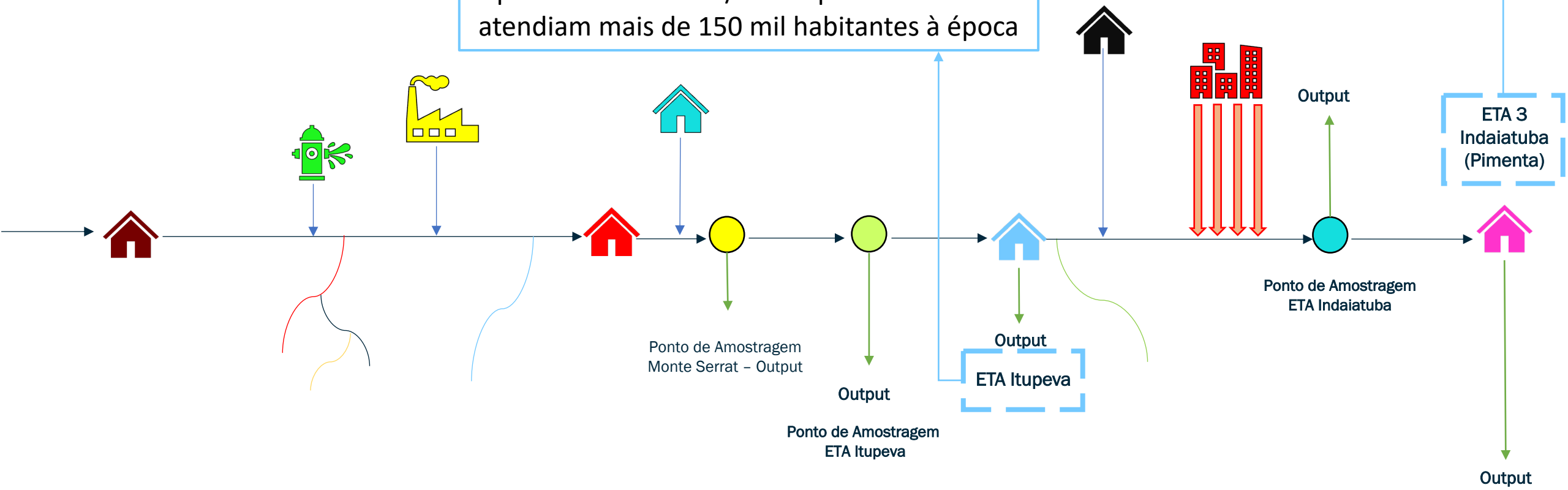


# Parâmetros de entrada – SES



# Pontos avaliados

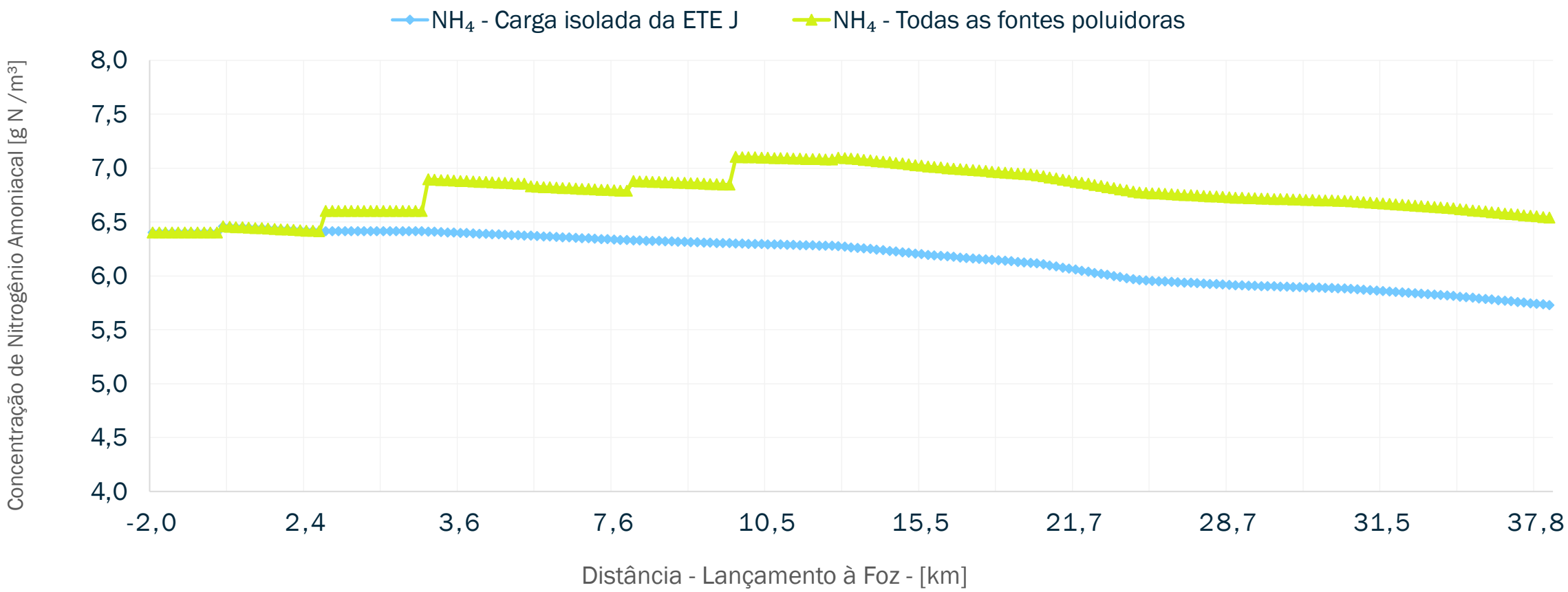
Avaliação da qualidade da água nos pontos de captação das ETAs 3 (Indaiatuba) e Itupeva, que somavam 530 L/s de capacidade total e atendiam mais de 150 mil habitantes à época



# Resultados

| Parâmetro | Rio Jundiaí (montante da ETE J) | Captação na ETA Indaiatuba | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Contribuição de todas as fontes de poluição | | | Contribuição isolada da ETE J | | |
| | | Q95 | Qmlt | Q25 | Q95 | Qmlt | Q25 |
| Vazão ($m^3/s$) | - | 2,00 | 10,00 | 17,00 | 2,00 | 10,00 | 17,00 |
| OD ($g/m^3$) | 1,40 | 2,76 | 2,21 | 2,77 | 3,94 | 2,49 | 2,94 |
| DBO ($g/m^3$) | 7,00 | 14,07 | 8,16 | 7,52 | 10,82 | 7,08 | 6,81 |
| N-$NH_4$ ($g/m^3$) | 6,40 | 7,18 | 6,17 | 6,11 | 5,91 | 5,77 | 5,86 |
| $N_{ORG}$ ($g/m^3$) | 0,00 | 1,15 | 0,34 | 0,22 | 0,56 | 0,15 | 0,10 |
| N-$NO_3$ ($g/m^3$) | 0,80 | 8,13 | 3,61 | 2,78 | 9,06 | 3,73 | 2,83 |
| N-$NO_2$ ($g/m^3$) | 0,30 | 1,15 | 0,94 | 0,79 | 0,99 | 0,91 | 0,78 |
| Fósforo ($g/m^3$) | 0,68 | 2,41 | 1,14 | 0,96 | 2,32 | 1,08 | 0,91 |
| Coliformes termotolerantes ($g/m^3$) | 2,20E+04 | 7,55E+06 | 2,23E+06 | 1,50E+06 | 1,12E+04 | 1,27E+04 | 1,41E+04 |

# Resultados




Perfil Longitudinal de N-NH₄ no Rio Jundiaí considerando a vazão Q25, considerando os cenários de todas as fontes poluidoras (linha verde) e da contribuição isolada da ETE J (linha azul)

# Aprendizados

- A ferramenta tem fundamentação teórica e é acessível e replicável, de baixo custo, de fácil atualização e customizável para o corpo hídrico de interesse e os dados disponíveis;
- Simulação de cenários para apoio à decisão e à gestão integrada dos recursos hídricos, gerando perfis de OD, DBO, série de nitrogênio, coliformes termotolerantes e fósforo, permitindo identificar trechos críticos e tempos de recuperação entre a ETE e as ETAs;
- Análise do comportamento do corpo hídrico frente a cargas pontuais e difusas na dinâmica de estiagem, média e cheias;
- Fundamento à gestão integrada, pois os resultados orientam ações holísticas de controle de cargas difusas, ampliação dos SES, monitoramento dos tributários e de cargas industriais.

# Referências e bibliografia


BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005.

CHAPRA, C. Environmental Engineering Science and Technology. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997. METCALF, L.; EDDY, H.P. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. São Paulo: McGraw Hill Brasil, 2015.

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ. Relatório Final - Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035. Piracicaba, São Paulo, 2020.

METCALF, L.; EDDY, H.P. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 2008p. ISBN 9788580555233.

RODRIGUES, R.B. SSD RB – Sistema de Suporte à Decisão proposto para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água. 2005. 261 f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Regionalização Hidrológica (software de regionalização). São Paulo: DAEE.

SPERLING, M. V. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 4ª ed. Editora UFMG. Belo Horizonte – MG, 2014.

SPERLING, M. V. Estudo e Modelagem da Qualidade da Água dos Rios. 2ª ed. Editora UFMG. Belo Horizonte – MG, 2018.

# Obrigado!

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp


## Matheus Renato Gomes

matheus.gomes@e-agua.com
+55 (16) 99644-0605
https://www.linkedin.com/in/matheus-renato-gomes-207036115/


## Coautores


**Anna Sigrist**
annajulia.sigrist@e-agua.com

**Fernando Maciel**
fernando.maciel@e-agua.com

**Carlos Meszaros**
carlos.meszaros@saneamento.com.br

**Luiz Pannuti**
luiz@saneamento.com.br