



Encontro Técnico **AESABESP**

Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente

MODELAGEM POR REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS PARA PREDIZER O TEOR DE FÓSFORO E NITROGÊNIO PRESENTES EM EFLUENTES - 34ETC-06163

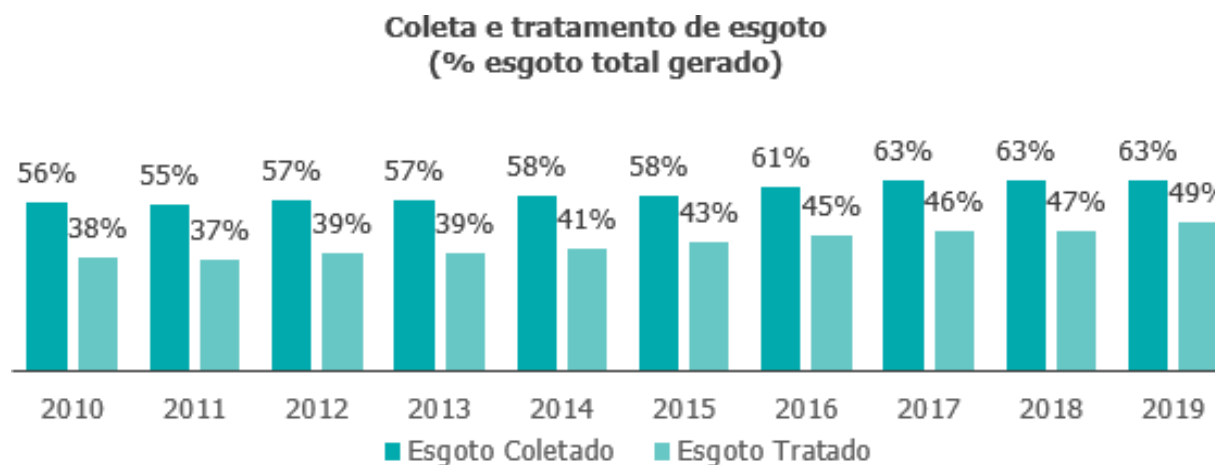
Giulia Rosado de Oliva Maya
giulia.maya@hotmail.com

OBJETIVOS  **DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

INTRODUÇÃO

- O Brasil em 2017, conforme a Agência Nacional das Águas (ANA), detém 12% das reservas de água doce do planeta;
- As bacias hidrográficas brasileiras estão comprometidas devido à falta de tratamento dos esgotos.

Figura 1: Cobertura brasileira de coleta e tratamento de esgoto tratado dos últimos anos.

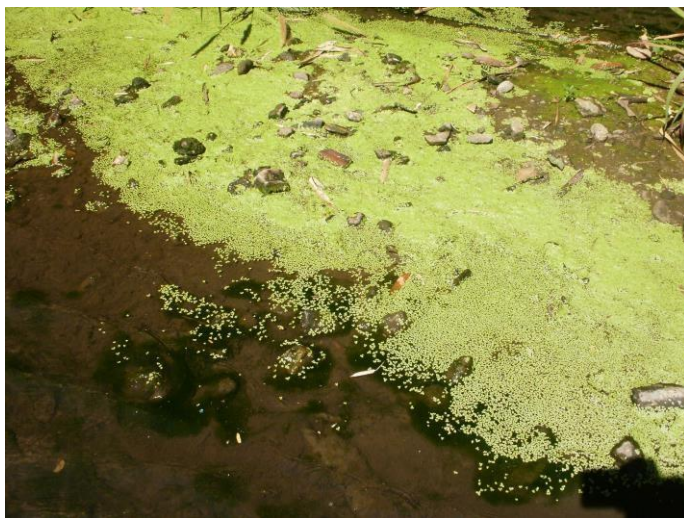


Fonte: SNIS, 2019.

INTRODUÇÃO

- O nitrogênio e o fósforo são elementos essenciais para o equilíbrio dos ecossistemas;
- Elevados aportes estimulam o crescimento excessivo de organismos (eutrofização) (KITSIOU; KARYDIS, 2011; SALES; LACERDA, 2017).

Figuras 2 e 3: Exemplos de lagos eutrofizados.



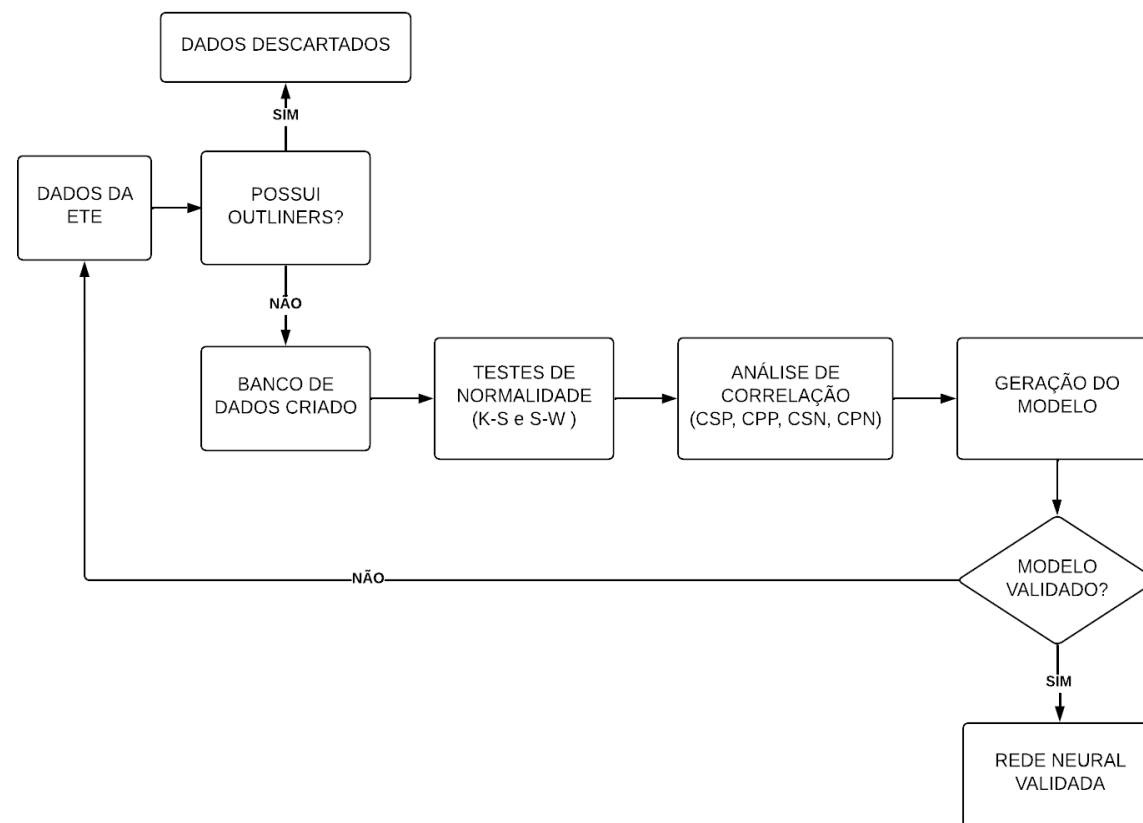
OBJETIVOS

- **Objetivo Geral:**

Propor um modelo baseado em Redes Neurais Artificiais (RNA) para prever o teor de fósforo e nitrogênio ao final do processo de reatores do tipo UASB em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

METODOLOGIA

Figura 4: Fluxograma da Metodologia Proposta.



Fonte: Autora, 2023.

ANÁLISE DE NORMALIDADE

Tabela 1: Resultado dos testes de K-W e S-W pelo software.

Variável	Kolmogorov-Smirnov (K-S)				Shapiro-Wilk (S-W)			
	<i>Statistic</i>	<i>df*</i>	<i>sig**</i>	<i>Conclusão</i>	<i>Statistic</i>	<i>df*</i>	<i>sig**</i>	<i>Conclusão</i>
1 SST _i	0,122	19	0,2	Não rejeita H0	0,915	19	0,09	Não rejeita H0
2 DQO _i	0,189	19	0,074	Não rejeita H0	0,884	19	0,025	Rejeita H0
3 DBO _i	0,114	19	0,2	Não rejeita H0	0,956	19	0,495	Não rejeita H0
4 SSED _i	0,215	19	0,019	Rejeita H0	0,863	19	0,011	Rejeita H0
5 FÓSFORO _i	0,133	19	0,2	Não rejeita H0	0,937	19	0,236	Não rejeita H0
6 NITROGÊNIO _i	0,217	19	0,042	Rejeita H0	0,874	19	0,017	Rejeita H0
7 pH _i	0,151	19	0,2	Não rejeita H0	0,927	19	0,15	Rejeita H0
8 COND _i	0,201	19	0,021	Rejeita H0	0,876	19	0,019	Rejeita H0

Fonte: Autora, 2023.

ANÁLISE DE NORMALIDADE

Tabela 2: Resumo resultados de normalidade

Concordam em não rejeitar H0	Concordam em rejeitar H0	Discordam
SST	SSED	DQO
DBO	Nitrogênio	pH
Fósforo	COND	

Fonte: Autora, 2023.

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Tabela 3: Resultado das análises de correlação pelo software.

Variável	CSP	CPP	CSN	CPN
SST _i	-0,184	-0,041	0,655	0,619
DQO _i	0,184	0,029	-0,15	-0,381
DBO _i	-0,113	-0,188	0,556	-0,532
SSED _i	-0,129	-0,382	0,226	0,19
FÓSFORO _i	0,938	0,861	-0,304	-0,203
NITROGÊNIO _i	-0,321	-0,245	1	1
pH _i	-0,176	-0,066	-0,392	-0,292
COND _i	-0,259	-0,033	-0,753	0,217

Legenda

CSP: Correlação de Spearman de Fósforo;

CPP: Correlação de Pearson de Fósforo;

CSN: Correlação de Spearman de Nitrogênio;

CPN: Correlação de Pearson de Nitrogênio;

Fonte: Autora, 2023.

MODELOS RAP

Tabela 4: Variáveis descartadas nos 4 reatores analisados.

Modelo Rede Neural Artificial		RAP1	RAP2	RAP3
Variáveis Excluídas		<i>DQO</i>	<i>SST</i> <i>DQO</i> <i>DBO</i> <i>SSED</i> <i>pH</i>	<i>SST</i> <i>DQO</i> <i>DBO</i> <i>SSED</i> <i>pH</i> <i>COND</i>
Somadas dos erros quadráticos	Treinamento	9,60%	4,90%	7,50%
	Validação	0,50%	1,30%	1,30%
Eficiência		90,40%	95,10%	98,50%

Fonte: Autora, 2023.

MODELOS RAN

Tabela 5: Variáveis descartadas nos 4 reatores analisados.

Modelo Rede Neural Artificial		RAN2	RAN3	RAN4	RAN5	RAN6
Variáveis Excluídas		<i>DQO</i>	<i>DQO</i> <i>SSED</i>	<i>DQO</i> <i>SSED</i> <i>FÓSFORO</i>	<i>DQO</i> <i>SSED</i> <i>FÓSFORO</i> <i>pH</i>	<i>DQO</i> <i>DBO</i> <i>SSED</i> <i>FÓSFORO</i> <i>pH</i>
Somados dos erros quadráticos	Treinamento	7,30%	8,20%	1,90%	3,80%	0,80%
	Validação	11,50%	1,60%	0,60%	7,10%	1,40%
Eficiência		92,70%	91,80%	98,10%	96,20%	99,20%

Fonte: Autora, 2023.

ODS 2023

- **6** – ÁGUA POTAVÉL E SANEAMENTO;
- **14** – VIDA NA ÁGUA;
- **17** – PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO;

CONCLUSÃO

- Conclui-se que os dados remanescentes aplicados nas Análises de Normalidade se comportaram de forma diferente de normal, atendendo aos testes de Kolmogorov- Smirnov (K-S);
- A correlação dos parâmetros com as saídas estudadas, os testes melhor se comportaram nos modelos de Spearman (variáveis não lineares) complementando as conclusões anteriores das análises de normalidade;
- A melhor RNA para nitrogênio é a RAN6 para variáveis com correlações iguais ou maiores que 0,6. Para fósforo a melhor é RAP3, para correlações maiores ou iguais a 0,3.
- Conclui-se que o modelo estatístico de Redes Neurais Artificiais pode ser utilizado como importante ferramenta, configurando assim, a possibilidade de ser aplicado para a predição de fósforo e nitrogênio em uma estação de tratamento de esgoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA. Agência Nacional de Águas. **Indicadores de qualidade-índice do estado trófico**. 2018. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso em: 19 set. 2023.
- GUIMARÃES, Paulo Ricardo B. **Análise de Correlação e medidas de associação**. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.pdf>. Acesso em: 14 de set de 2023.
- HENRIQUES et al. **Modelo de predição de desempenho de estações de tratamento de água de pequeno porte usando redes neurais artificiais**. 2018. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_221_n_1833.pdf. Acesso em: 19 de set de 2023.
- VIEIRA, Sonia. **Estatística básica – 2ª edição** revista e ampliada: Cengage Learning Brasil, 2018. 9788522128082. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522128082/>. Acesso em: 20 set. 2023.