



## **ANÁLISE TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA DA REPRESA DO JAGUARI POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO**

Felipe dos Santos Coelho<sup>1</sup>

Tatiane Almeida Lemos<sup>2</sup>

Vinicius de Leles Almagro<sup>3</sup>

Viviane Moschini-Carlos<sup>4</sup>

Marcelo Luiz Martins Pompêo<sup>5</sup>

Estudo das práticas de gestão de recursos hídricos, incluindo conservação, tratamento de água e políticas de uso sustentável

### *Resumo*

O monitoramento da qualidade da água constitui a base principal das ações de recuperação e conservação dos recursos hídricos, que encontram-se cada vez mais ameaçados e com menor qualidade. Embora essencial, a implementação de tais programas não é simples, exige substancial esforço técnico, logístico e grandes investimentos monetários. No entanto, estas condições não podem ser limitantes para a realização do monitoramento. Na atualidade, existem meios alternativos que possibilitam superar, ou ao menos amenizar tais dificuldades. O uso de técnicas de sensoriamento remoto se mostra cada vez mais promissor no campo do monitoramento ambiental. Neste sentido, esta pesquisa utilizou imagens do satélite Sentinel-2 para analisar a variação da qualidade da água no Reservatório do Jaguari, no Estado São Paulo. As imagens foram processadas no *software* livre *Sentinel Application Platform* (SNAP) e, posterior ao processamento, automaticamente foram obtidos os valores da concentração de clorofila-a, por meio de um algoritmo nativo do SNAP. As concentrações de clorofila foram utilizadas para classificar a qualidade da água do reservatório com base no Índice de Estado Trófico (IET), para um período de cinco anos (2017 a 2021). foi possível constatar que o reservatório apresentou IETs variando entre as classes mesotrófico a supereutrófico.

**Palavras-chave:** Eutrofização; Monitoramento; Recursos Hídricos;

---

<sup>1</sup>Mestrando em Ciências Ambientais.UNESP- Sorocaba; Departamento de Engenharia Ambiental. fs.coelho@unesp.br.

<sup>2</sup>Doutoranda em Ciências Ambientais.UNESP- Sorocaba; Departamento de Engenharia Ambiental. tatianealmeidalemos@gmail.com

<sup>3</sup>Doutorando em Ciências Ambientais.UNESP- Sorocaba; Departamento de Engenharia Ambiental. viniciusdeleles@gmail.com

<sup>4</sup>Profa. Dra.; UNESP- Sorocaba; Departamento de Engenharia Ambiental. viviane.moschini@unesp.br

<sup>5</sup>Prof. Dr.; Universidade de São Paulo (USP). Departamento de Ecologia. mpompeo@ib.usp.br



## INTRODUÇÃO

A gestão das águas tem se tornado cada vez mais complexa na atualidade. Em termos quantitativos, presencia-se em escala mundial fenômenos climáticos extremos como secas severas, que comprometem a disponibilidade hídrica (ANA, 2024). Em termos qualitativos, classificar as águas como próprias ou impróprias para o consumo humano ou para outras finalidades, exige extenso processo amostral e analítico.

Embora a gestão tenha pela frente uma gama de novos poluentes, alguns problemas crônicos de qualidade da água exigem ações constantes e inovadoras para serem contornados. Um deles é o fenômeno da eutrofização, que ameaça a disponibilidade hídrica tanto em quantidade, quanto em qualidade (Guillen, 2022).

O enfrentamento à eutrofização já possui bases consolidadas no campo da ação e da prevenção ao fenômeno, no entanto observa-se que tais ações, se aplicadas, não tem alcance necessário para frear ou inibir a eutrofização. Em termos operacionais, destaca-se a precariedade do monitoramento das águas, que ineficiente, conduz a ações subestimadas ou superestimadas.

No Estado de São Paulo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) faz o monitoramento da qualidade da água de rios e reservatórios desde 1974, e publica relatórios anuais sobre o estado de qualidade da água, que permitem compreender o avanço da deterioração dos corpos hídricos.

Apesar de ser uma sólida referência nacional, a CETESB não apresenta um programa de monitoramento abrangente para todas as massas de água do estado, em número de pontos e frequência de amostragens. Isso é possível constatar ao analisar os Relatórios de Qualidade de Água Interiores, publicados anualmente, em especial para o monitoramento dos reservatórios. Em parte, devido aos elevados custos relacionados à logística, corpo técnico e análises laboratoriais. Neste sentido, é preciso pensar em alternativas complementares, que auxiliem na ampliação do programa de monitoramento, sem onerar sobremaneira a Companhia, mas também sem que se perca a qualidade do monitoramento.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Pesquisadores, como Pompêo *et. al.* (2021), vêm estudando a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, aplicadas à análise da qualidade da água, têm se mostrado uma alternativa bastante viável (Pompêo et al. 2021 e 2022; Pompêo, 2024). Os resultados demonstram que tais técnicas têm grande potencial para contribuir com o monitoramento oficial da qualidade da água dos reservatórios, pois podem ser aplicadas a todos os reservatórios paulistas, sem exceção.

Sendo assim, este trabalho se propõe, como um modelo, a analisar a variação do Índice de Estado Trófico (IET) no reservatório do Jaguari, localizado no município de Bragança Paulista (SP), utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Ao fim do trabalho, espera-se mostrar que esta abordagem é eficiente e que amplia a escala de observação para toda a massa de água superficial, não mais restrita a um ou poucos pontos de monitoramento, decorrentes das fundamentais coletas presenciais.

## METODOLOGIA

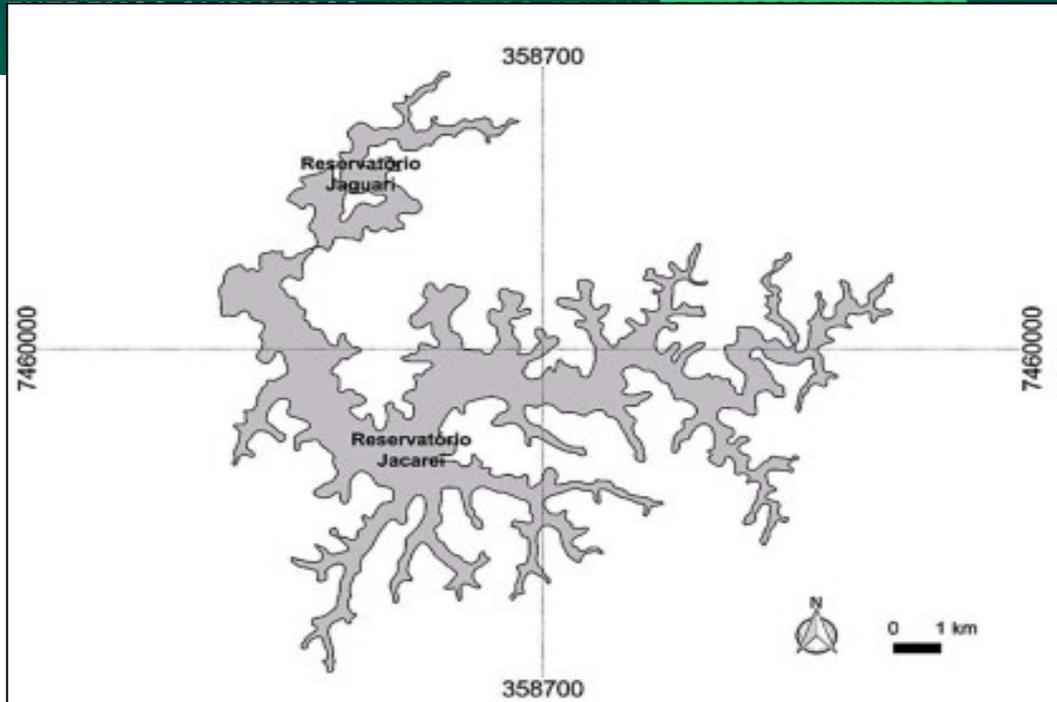
### ÁREA DE ESTUDO

O reservatório do Jaguari está localizado no município de Bragança Paulista (SP), e é um dos seis reservatórios que compõe o Sistema Cantareira, responsável por abastecer a região metropolitana de São Paulo. O reservatório foi construído através da barragem do Rio Jaguari, que chega do município de Extrema (MG) até São Paulo. Além disso, o Jaguari está associado ao reservatório Jacareí, conforme Figura 1, e juntos formam o sistema Jaguari-Jacareí, e contribuem com cerca de 45% da água do Sistema Cantareira (De Carli *et. al.* 2020).

Um levantamento realizado por De Carli *et. al.* (2020) e Oliveira *et. al.* (2006) apontam que as principais classes de uso e ocupação do solo no entorno do sistema foram: área florestal (categoria predominante), uso rural, agropecuário, urbano e industrial.



Figura 1: Localização Reservatório do Jaguari.



Fonte: De Carli, *et. al.* 2020

## COLETA DE DADOS

Para este estudo foram utilizadas duas bases de dados distintas: a) dados de campo dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores publicados pela CETESB (<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>) para os anos de 2017 a 2022, e b) imagens do satélite Sentinel-2 (A e B) obtidas na plataforma *Copernicus Browser* (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>) da Agência Espacial Europeia.

Para extrair os dados de campo dos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores, acessou-se o Apêndice: “Dados brutos das coletas”, de onde se obteve as seguintes informações: nome do sistema hídrico, código da CETESB para o ponto, UGRHI, coordenada geográfica do ponto de coleta, data da coleta e concentração de clorofila-a (mg/L) que foram transcritas para uma planilha Excel.



As imagens Sentinel 2 foram baixadas em datas próximas às coletas de campo realizadas pela CETESB.

## PROCESSAMENTO DE IMAGENS

As imagens baixadas na plataforma *Copernicus Browser* foram processadas pelo software SNAP (*Sentinel Application Platform*), também da Agência Espacial Europeia. Nele procedeu-se com o *resampling* das imagens, onde foi realizada a padronização do tamanho de *pixels* para 20 metros e as correções atmosféricas através do *plug-in* C2RCC-Nets. Este *plug-in*, além de realizar a correção atmosférica das imagens, possui alguns produtos nativos, como para o caso da clorofila-a (Chl-a), de onde se obteve os valores de concentração.

Para retirar os valores de concentração de Chl-a das imagens, foi calculado a média das concentrações de Chl-a referente a *pixels* adjacentes, com base nas coordenadas do ponto de coleta executado pela CETESB. Os resultados de média foram transcritos para uma planilha do Excel, de onde foram realizadas as classificações de IET de cada ponto.

## CLASSIFICAÇÃO IET

Segundo Lamparelli (2004), o IET revela a relação entre as concentrações de nutrientes presentes na massa d'água com o crescimento do fitoplâncton ou macrófitas. Para este estudo foi utilizado a tabela de classificação de ambientes lênticos (Tabela 1), conforme apresentado por esta autora.

Tabela 1: Classes de Trofia para ambientes lênticos, segundo Lamparelli (2004).

<b>Categoria</b>	<b>Clorofila-a(mg.m<sup>3</sup>)</b>
<b>Ultraoligotrófico</b>	$CL \leq 1,17$
<b>Oligotrófico</b>	$1,17 < CL \leq 3,24$
<b>Mesotrófico</b>	$3,24 < CL \leq 11,03$
<b>Eutrófico</b>	$11,03 < CL \leq 30,55$
<b>Supereutrófico</b>	$30,55 < CL \leq 69,05$
<b>Hipereutrófico</b>	$69,05 < CL$

Fonte: Adaptado de CETESB, 2013.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 podem ser observados os dados de campo, baixados dos Relatórios de Qualidade da Água, bem como a classificação com base no IET somente para a concentração Chla, e a média por ano.

Figura 2: Dados de campo, baixados dos Relatórios de Qualidade da Água.

Data coleta	Conc. de clorofila-a (mg/L)	IET
04/01/2017	32,61	Supereutrófico
17/05/2017	22,72	Eutrófico
06/07/2017	17,61	Eutrófico
09/11/2017	19,78	Eutrófico
<b>2017</b>	<b>23,18</b>	<b>Eutrófico</b>
03/01/2018	27,88	Eutrófico
22/05/2018	9,80	Mesotrófico
18/07/2018	8,22	Mesotrófico
08/11/2018	33,95	Supereutrófico
<b>2018</b>	<b>19,96</b>	<b>Eutrófico</b>
03/01/2019	23,26	Eutrófico
08/05/2019	10,14	Mesotrófico
24/07/2019	10,42	Mesotrófico
26/11/2019	33,22	Supereutrófico
<b>2019</b>	<b>19,26</b>	<b>Eutrófico</b>
06/02/2020	18,29	Eutrófico
07/07/2020	18,71	Eutrófico
02/09/2020	29,41	Eutrófico
04/11/2020	40,10	Supereutrófico
<b>2020</b>	<b>26,63</b>	<b>Eutrófico</b>
22/02/2021	23,68	Eutrófico
27/05/2021	11,51	Eutrófico
24/08/2021	15,37	Eutrófico
10/11/2021	25,73	Eutrófico
<b>2021</b>	<b>19,07</b>	<b>Eutrófico</b>

Fonte: Adaptado de CETESB (2017-2022)

Os dados de campo mostram a variação nos níveis de trofia presentes neste reservatório, que variaram de Mesotrófico a Supereutrófico, entretanto houve a predominância da classe Eutrófico ao longo dos anos, o que demonstra um estado de degradação já em curso, como apontado por De Carli *et. al.* (2020). Segundo este autor, e dados dos Relatórios de Qualidade da água (CETESB), a principal fonte de fósforo que chega ao reservatório está relacionada ao despejo de efluentes domésticos sem tratamento. Outro aspecto apontado por Pompêo *et. al.*(2021), é para o fato de que reservatórios a montante geralmente se apresentarem em estado Eutrófico.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Na Figura 3 estão descritas as imagens baixadas e a diferença em dias, entre as datas das imagens baixadas e o respectivo trabalho de campo. Para algumas datas de campo da CETESB, não haviam imagens de satélite disponíveis, seja pela indisponibilidade da mesma data em que a da coleta, ou por cobertura de nuvens. Na tentativa de minimizar este problema, admitiu-se uma janela de cinco dias antes ou depois da data de coleta em campo.

Figura 3: Diferença entre campo e sensoriamento remoto

Coleta de campo	Coleta SR	Diferença de dias	Imagem Sentinel
06/07/2017	06/07/2017	0	S2B_MSIL1C_20170706T131239_N0205_R138_T23KLQ_20170706T131242_SAFE
09/11/2017	13/11/2017	4	S2B_MSIL1C_20171113T131229_N0206_R138_T23KLQ_20171113T193925_SAFE
22/05/2018	22/05/2018	0	S2B_MSIL1C_20180522T131239_N0206_R138_T23KLQ_20180522T144941_SAFE
18/07/2018	16/07/2018	2	S2A_MSIL1C_20180716T131241_N0206_R138_T23KLQ_20180716T145502_SAFE
08/11/2018	13/11/2018	5	S2A_MSIL1C_20181113T131241_N0500_R138_T23KLQ_20230703T194121_SAFE
03/01/2019	07/01/2019	4	S2B_MSIL1C_20190107T131239_N0500_R138_T23KLQ_20221216T081113_SAFE
08/05/2019	12/05/2019	4	S2A_MSIL1C_20190512T131251_N0500_R138_T23KLQ_20230706T145603_SAFE
24/07/2019	26/07/2019	2	S2B_MSIL1C_20190726T131249_N0500_R138_T23KLQ_20230509T051314_SAFE
26/11/2019	23/11/2019	3	S2B_MSIL1C_20191123T131239_N0500_R138_T23KLQ_20230614T150636_SAFE
06/02/2020	10/07/2020	4	S2B_MSIL1C_20200710T131249_N0209_R138_T23KLQ_20200710T135831_SAFE
07/07/2020	03/09/2020	4	S2A_MSIL1C_20200903T131251_N0209_R138_T23KLQ_20200903T163907_SAFE
02/09/2020	07/11/2020	5	S2B_MSIL1C_20201107T131249_N0500_R138_T23KLQ_20230302T055547_SAFE
22/02/2021	20/02/2021	2	S2A_MSIL1C_20210220T131241_N0500_R138_T23KLQ_20230520T102140_SAFE
27/05/2021	26/05/2021	1	S2B_MSIL1C_20210526T131249_N0500_R138_T23KLQ_20230207T233326_SAFE
24/08/2021	24/08/2021	0	S2B_MSIL1C_20210824T131039_N0301_R138_T23KLQ_20210824T150048_SAFE
10/11/2021	07/11/2021	3	S2A_MSIL1C_20211107T131251_N0500_R138_T23KLQ_20221230T182604_SAFE

Fonte: Os autores

Após o processamento das imagens pelo SNAP, os resultados das concentrações de Chl-a estão apresentadas na Figura 4, bem como o IET obtido.

Figura 4: Classificação IET (Sensoriamento Remoto)

Data	Conc. De Clorofila-a (mg/L)	IET
06/07/2017	7,43	Mesotrófico
13/11/2017	15,96	Eutrófico
<b>2017</b>	<b>11,70</b>	Eutrófico
22/05/2018	5,50	Mesotrófico
16/07/2018	3,67	Mesotrófico
13/11/2018	43,31	Supereutrófico
<b>2018</b>	<b>17,49</b>	Eutrófico
07/01/2019	24,09	Eutrófico
12/05/2019	6,03	Mesotrófico
26/07/2019	3,65	Mesotrófico
<b>2019</b>	<b>11,26</b>	Eutrófico
10/07/2020	8,78	Eutrófico
03/09/2020	11,93	Eutrófico
07/11/2020	30,83	Supereutrófico
<b>2020</b>	<b>17,18</b>	Eutrófico
20/02/2021	14,74	Eutrófico
26/05/2021	8,49	Mesotrófico
24/08/2021	7,64	Mesotrófico
07/11/2021	17,44	Eutrófico
<b>2021</b>	<b>12,08</b>	Eutrófico

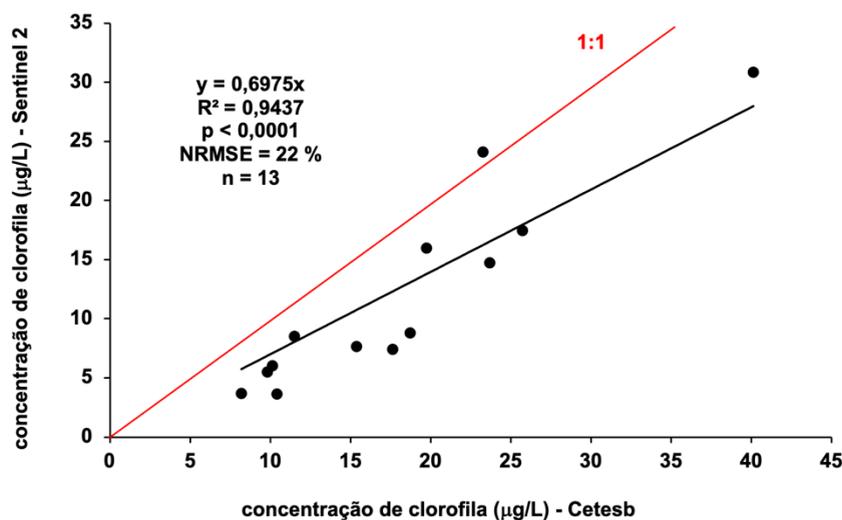
Fonte: Os autores



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

A fim de comparar os resultados das concentrações de Chl-a, obtidos através das imagens, com o levantamento a campo executado pela Cetesb, a análise estatística One-way Anova não sugeriu diferenças estatísticas ( $F = 2,391$ ;  $df = 27,32$ ;  $p = 0,1335$ ) entre ambas.

Na Figura 2 pode ser observada a validação do modelo nativo. É possível verificar nesta figura que há um baixo NRMSE (%), apesar do modelo nativo sugerir subestimar os valores de Chla.



As estimativas realizadas através das imagens de satélite apresentaram bons resultados, e a validação do modelo nativo do SNAP se demonstrou mais uma vez viável para uso no monitoramento da qualidade da água, como apontado por Pompêo *et. al.* (2021) no estudo do Sistema Cantareira. De acordo com esse autor, modelos de estimativa de células de cianobactérias utilizando dados de sensoriamento remoto possibilitam uma análise mais homogênea da qualidade da água, e permite alcançar um monitoramento mais eficiente e menos oneroso.

Estudos individuais dos reservatórios do Sistema Cantareira, podem contribuir ainda para composição de modelos de estimativa mais amplos, que permitam calcular com robustez as concentrações de clorofila-a em mais de um reservatório ao mesmo tempo, como realizado por Merchan Camargo (2024), para os reservatório do Jaguari e Jacareí.



## CONCLUSÕES

Observou-se que o IET do Jaguari oscilou de mesotrófico a supereutrófico, todavia houve a predominância da classe Eutrófico, o que demonstra instabilidade do sistema causada pelo lançamento de efluentes não tratados e influências ambientais.

Além disso, o modelo nativo do SNAP se apresentou robusto para fazer estimativas de clorofila-a, neste sentido, a adoção de imagens orbitais e de técnicas de sensoriamento remoto para avaliação da qualidade da água do reservatório do Jaguari deve ser incentivado.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Estudo sobre impactos da mudança climática nos recursos hídricos das diferentes regiões do Brasil: resumo executivo. Brasília, 2024. Disponível em: [https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-lanca-estudo-sobre-impactos-da-mudanca-climatica-nos-recursos-hidricos-das-diferentes-regioes-do-brasil/resumo-executivo\\_26012024.pdf](https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-lanca-estudo-sobre-impactos-da-mudanca-climatica-nos-recursos-hidricos-das-diferentes-regioes-do-brasil/resumo-executivo_26012024.pdf). Acesso em: 19 set. 2024

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no Estado de São Paulo: relatório 2015. Parte I.** São Paulo: CETESB, 2015. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasSuperficiais2015\\_ParteI\\_25-07.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2015_ParteI_25-07.pdf). Acesso em: 30 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório 2016.** São Paulo: CETESB, 2016. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb\\_QualidadeAguasInteriores\\_2016\\_correção02-11.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasInteriores_2016_correção02-11.pdf). Acesso em: 30 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório 2017.** São Paulo: CETESB, 2017. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relatório-de-Qualidade-das-Águas-Interiores-no-Estado-de-São-Paulo-2017.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório 2018**. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2019/10/Relatório-de-Qualidade-das-Águas-Interiores-no-Estado-de-SP-2018.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório 2019**. São Paulo: CETESB, 2019. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Relatorio-da-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório 2020**. São Paulo: CETESB, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2021/09/Relatorio-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo-2020.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: relatório 2021**. São Paulo: CETESB, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2022/11/RAI-2021-Relatorio-Qualidade-das-Aguas-Interiores-no-Estado-de-Sao-Paulo.pdf>. Acesso em: 30 set. 2024.

DE CARLI, B. *et. al.* Os reservatórios Jaguari-Jacareí. In: POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V. (Orgs). Reservatórios que abastecem São Paulo. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2020. 2 -11. p. Disponível em: [https://ecologia.ib.usp.br/portal/publicacoes/all\\_book\\_2020.pdf](https://ecologia.ib.usp.br/portal/publicacoes/all_book_2020.pdf). Acesso em: 09 out. 2024.

GUILLEN, Rubens Diego Marineli. **Água tóxica: contaminantes emergentes e a universalização do acesso à água de qualidade**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Franca, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/6667b84a-d933-451b-823a-3b81a2c91630/content>. Acesso em: 19 set. 2024.

MERCHAN CAMARGO, Zahia Catalina. Análises espacial e temporal de variáveis de qualidade da água no reservatório Jaguari-Jacareí através de imagens Sentinel-2. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2024.

MONTIBELLER, Ana Carolina; ANDRADE, Eduardo de; GONÇALVES, Elieser Jesuino; REZENDE, Roberto. Aplicação do índice de vulnerabilidade natural à erosão nos solos de áreas do cerrado mineiro. *Engenharia Agrícola*, v. 33, n. 6, p. 1224-1235, nov./dez. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/sSqctTQ4mvLzYNtn9kgBzvL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 set. 2024.

OLIVEIRA, P. E. de. *et. al.* Análise da evolução da paisagem no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacareí, estado de São Paulo, com base em sensoriamento remoto e SIG. *Revista Geociências*, v. 27,



[arquivos/27\\_4/Art%208\\_Oliveira.pdf](#). Acesso em: 19 set. 2024.

PEREIRA, L. A. Influência de Variáveis Climáticas na Disponibilidade Hídrica de Açudes em Petrolina, PE. In: **Simpósio de Mudanças Climáticas e Desertificação no Semiárido Brasileiro**, 3., 2011, Juazeiro. Experiências para mitigação e adaptação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51553/1/Luiza.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

Pompêo, M., Moschini-Carlos, V., Bitencourt, MD *et al.* Avaliação da qualidade da água usando imagens Sentinel-2 com estimativas de clorofila a, profundidade do disco de Secchi e número de células de cianobactérias: reservatórios do Sistema Cantareira (São Paulo, Brasil). *Environ Sci Pollut Res* **28**, 34990–35011 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12975-x>

Pompêo, M., Moschini-Carlos, V. Avaliação da degradação da qualidade da água do reservatório Carlos Botelho em Itirapina, São Paulo, Brasil, por meio de imagens do satélite Sentinel 2. *Eng. Sanit. Ambient.*, 27(2): 279-290, 2022

Pompêo, M. **A avaliação da qualidade da água de reservatórios na limnologia brasileira: do clássico às novas abordagens**, In: Pompêo, M.; Cardoso-Silva, C.; Figueira, R.C.L.; Moschini-Carlos (Orgs.) *Limnologia: do clássico às novas abordagens*, 188 pg. ed. São Paulo: Instituto de Biociências, 2024.