

## **Análisis de la interacción de un efluente industrial con el Índice de Calidad del Agua del Río Pessegueirinho, Curitiba, Santa Catarina, Brasil**

*Analysis of the interaction of an industrial effluent with the Water Quality Index of the Pessegueirinho River, Curitiba, Santa Catarina, Brazil*

Roger Francisco Ferreira de Campos<sup>1</sup> Tiago Borga<sup>2</sup> e Eric Marcos Vazquez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Maestría, Ingeniería Ambiental, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina, Brasil  
*roger@uniarp.edu.br*

<sup>2</sup>Maestría, Ingeniería Ambiental, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Caçador, Santa Catarina, Brasil  
*tiagoborga@gmail.com*

<sup>3</sup>Graduación, Ingeniería Química, Universidad de las Américas Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México  
*erick.mv@gmail.com*

### **Resumen**

Los recursos hídricos están perdiendo sus características fundamentales debido a la interacción antrópica, provocando una contaminación de los manantiales y perjudicando de forma general a una calidad ambiental. Ante la exposición de este tipo de trabajo con el objetivo de evaluar el Índice de Calidad de la Agua - ICA de un cuerpo hídrico que unido a un tratado industrial. En el caso de Río Pessegueirinho ubicado en el municipio de Curitiba/SC, a través de un proyecto establecido por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental - CETESB en el estado de São Paulo, obteniendo un índice de pésimo nivel. El lugar del estudio tiene una calificación de calidad "buena" su variación entre 51 a 79, sin embargo una interacción del efecto industrial con los valores de ponerse de acuerdo con las leyes aplicables a una interpretación negativa, interacción antrópica mayor a la pérdida de calidad del Cuerpo hídrico. Así, el presente estudio se refiere a la importancia del acompañamiento de ICA por presente empresa y otras empresas que lanzan sus efluentes directamente en cuerpos hídricos.

**Palabras clave:** Efluentes industriales; Calidad de la Índice de Agua; Interaction Antrópico

### **Abstract**

Water resources are losing their natural characteristics due to anthropic interaction, causing contamination of water sources and generally impairing environmental quality. In view of the above, this study aims to evaluate the water quality index of a water body that receives treated industrial effluent. The work was developed in the Rio Pessegueirinho located in the municipality of Curitiba/SC, through parameters established by the Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB of the state of São Paulo, obtaining a poor to optimum index. The study site has a "Good" quality classification due to its variation between 51 and 79, however the interaction of the industrial effluent even though it was with the values of release according to the pertinent legislation presented a negative interaction, since the greater the anthropic interaction greater loss of water body quality. Thus, the present study aims at the importance of monitoring the WQI by the present company and other companies that release their effluents directly into water bodies.

**Keywords:** Efluente Industrial; Water Quality Index; Anthropic Interaction

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural esencial para el desarrollo humano, siendo utilizada de diversas formas, donde se destaca la irrigación, consumo de animales, abastecimiento público e innumerables formas en la industria (GUIMARAES; CARVALHO; SILVA, 2007). La contaminación es ocasionada por cualquier tipo de degradación del medio ambiente causando indirecta o directamente por acciones del hombre (ROCHA et al., 2011). La contaminación ambiental puede ser definida a través de acciones u omisiones del hombre que, por la descarga de energía o de materia sobre las aguas, suelo, aire causando un desequilibrio ecológico, ya sea de corto o de largo plazo sobre el medio ambiente (VALLE, 2004).

La urbanización trae consigo cambios en los escenarios que son necesarios y hasta cierto punto inevitables para proporcionar calidad de vida a las personas. Para que esas interferencias en el ambiente ocurran con el mínimo de perjuicio al ambiente ya los recursos naturales, la planificación del proceso de urbanización debe ser esencial. Sin embargo, incluso las ciudades dotadas de planificación en su formación y gestión no logran eliminar todos los impactos negativos referentes al proceso de urbanización (DIAS; GOMES; ALKMIM, 2011). Según Carvalho y Moreira (2017) la legislación brasileña presenta un gran avance sobre las cuestiones de los recursos hídricos, cuando se relaciona con la cuestión de la participación social, sin embargo, la participación equitativa presenta dificultades, ya que la población presenta poca formación.

De acuerdo con Archela et al., (2003) uno de los principales contaminantes de los cuerpos hídricos en área urbana es el agotamiento doméstico y efluentes industriales, siendo que muchos no poseen el tratamiento adecuado y están dispuestos en redes pluviales y conexiones directas a los ríos, lagos y otra. La calidad del agua es un indicador importante de la calidad ambiental. El uso de este indicador consiste en el empleo de variables que se correlacionan con las alteraciones ocurridas en la microcuenca, sean éstas de orígenes antrópicos o naturales (TOLEDO; NICOLELLA, 2002).

Para Araújo et al., (2009) a través de acciones mitigadoras y manejo ambiental adecuado, se puede obtener una mejora en la calidad del agua e indirectamente en la Cuenca Hidrográfica, ya que el control de la contaminación ambiental antrópica mejora la calidad de vida y proporciona el mejoramiento del desarrollo sustentable. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la interacción del efluente industrial con el cuerpo receptor, con análisis físico-químicos y biológicos establecidos por el Índice de Calidad del Agua – ICA.

## MATERIALES Y MÉTODO

### LUGAR DEL ESTUDIO

El estudio fue realizado en el Río Pessegueirinho que recibe los efluentes industriales tratados de la empresa de producción de palillo de fósforo, ubicado en la Cuenca Hidrográfica del Río Canoas, Curitiba - Santa Catarina. Para que el objetivo fuera saneado, se desarrolló el análisis de la interacción del efluente industrial con el Índice de Calidad del Agua - ICA, siendo determinado en un área con interacción sólo con el efluente, correspondiendo a un área de vegetación nativa, que componen un área de preservación permanente del río del estudio, conforme Tabla 1.

Tabla 1 - Descripción de los puntos de recolección de las muestras

PUNTOS	LATITUDE (S)	LONGITUDE (W)	DESCRIÇÃO
01	27°19'8.07"	50°33'3.10"	Punto de confluencia
02	27°19'6.55"	50°33'6.18"	A continuación
03	27°19'8.50"	50°32'59.39"	Aguas arriba

### MÉTODO DE ANÁLISIS

La recolección fue realizada el día 29/04/2017, conforme a la Figura 1. Para el análisis de la interacción del efluente industrial con el cuerpo hídrico, fueron seleccionados tres puntos las mues-

tras (Punto de confluencia, A continuación y Aguas arriba), obteniendo una distancia de 100 m por debajo del punto de confluencia. Los parámetros analizados fueron temperatura, pH, sólidos totales, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), aceites y grasas totales, nitrógeno total, fósforo total y coliformes termotolerantes.



Figura 1 - Proceso de recolección de agua en el Río Pessegueirinho: Punto muestral al margen del desagüe del efluente industrial (A) y (B); Punto muestral de confluencia entre el efluente industrial y el recurso hídrico (C) y (D); Punto aguas abajo del desagüe del efluente (E) y (F).

Para realizar el levantamiento del ICA fue utilizada la metodología desarrollada por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental - CETESB del estado de São Paulo, con el propósito de analizar la calidad de agua de los ríos y reservorios.

Según la CETESB (2016) el cálculo del índice de calidad de las aguas proporciona resultados representados por ( $q_i$ ) que varían en una escala de 0 a 100, obtenidos a través de las ecuaciones representativas de las curvas de calidad de cada parámetro, las cuales fueron retiradas del libro “Estudios y modelaciones de la calidad del agua de ríos” del autor Marcos Von Sperling. Los valores de ( $Q_i$ ) asociados con los pesos respectivos pueden calcular el ICA partir de la ecuación (1).

$$ICA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

$$ICA = \frac{q_{DBO} / 100^{w_{DBO}}}{D_{BO}} * \frac{q_{OD} / 100^{w_{OD}}}{OD} * \frac{q_{NT} / 100^{w_{NT}}}{NT} \dots \quad (1)$$

Donde:

ICA: Índice de Calidad de las Aguas, un número entre 0 y 100;

qi: calidad del i-ésimo parámetro, un número entre 0 y 100;

wi: peso correspondiente al i-ésimo parámetro (número entre 0 y 1, atribuido en función de su importancia para la conformación global de calidad).

Tabla 2 - Pesos relativos de los parámetros para el cálculo del (ICA-CETESB)

<i>LOS PARÁMETROS</i>	<i>PESO RELATIVO</i>
<i>Oxígeno disuelto</i>	<i>0,17</i>
<i>Coliformes termotolerantes</i>	<i>0,15</i>
<i>pH</i>	<i>0,12</i>
<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	<i>0,10</i>
<i>Fosforo total</i>	<i>0,10</i>
<i>Temperatura</i>	<i>0,10</i>
<i>Nitrógeno total</i>	<i>0,10</i>
<i>Turbidez</i>	<i>0,08</i>
<i>Sólidos totales</i>	<i>0,08</i>

Fuente: CETESC, 2016.

A partir de los cálculos realizados, se compara con la clasificación de calidad del cuerpo de recepción que recibe efluentes industriales, indicados por el ICA - CETESB parametrizado de acuerdo con la Tabla 3.

Tabla 3 - Clasificación de la calidad del agua (ICA-CETESB)

<i>CATEGORÍA</i>	<i>PONDERACIÓN</i>
<i>Gran</i>	<i>79&lt;ICA≤100</i>
<i>Bueno</i>	<i>51&lt;ICA≤79</i>
<i>Regular</i>	<i>36&lt;ICA≤51</i>
<i>Malo</i>	<i>19&lt;ICA≤36</i>
<i>Pésimo</i>	<i>ICA≤19</i>

Fuente: CETESC, 2016.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 4. Presenta los resultados muestrales según los parámetros establecidos por la CETESB, con el respectivo índice de calidades del agua.

Tabla 4 - Parámetros muestrales y resultados

<i>PARÁMETROS</i>	<i>Unidades</i>	<i>Aguas arriba</i>	<i>Punto de confluencia</i>	<i>A continuación</i>	<i>Resolución CONAMA</i>
<i>Turbidez</i>	<i>NTU</i>	<i>19,80</i>	<i>20,90</i>	<i>22,90</i>	<i>&lt;100,00</i>
<i>Fósforo total</i>	<i>mgP/L</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>&lt;0,05</i>
<i>DBO5</i>	<i>mg/L</i>	<i>4,50</i>	<i>5,00</i>	<i>4,30</i>	<i>&lt;5,00</i>
<i>Nitrógeno total</i>	<i>mg/L</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>n.d.</i>	<i>-</i>
<i>Aceites y Grapas Minerales</i>	<i>mg/L</i>	<i>6,40</i>	<i>7,30</i>	<i>7,30</i>	<i>-</i>

Tabla 4 - continuación

PARÁMETROS	Unidades	Aguas arriba	Punto de confluencia	A continuación	Resolución CONAMA
Oxígeno disuelto	mg/L	9,49	9,11	7,27	> 5,00
pH	pH a 25°C	7,15	7,16	7,39	5 a 9
Sólidos totales	mg/L	58,00	66,00	58,00	-
Temperatura de la muestra	°C	10,20	10,20	10,30	-
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	2,30x10 <sup>3</sup>	4,70x10 <sup>3</sup>	8,90x10 <sup>3</sup>	< 1x10 <sup>3</sup>
DQO	mg/L	30,31	31,05	31,77	-
IQA		62,17	59,10	55,10	

(n.d.) – No se ha detectado.

A través de los análisis es posible observar que los puntos muestrales poseen como clasificación de calidad, denominados como “Bueno”, ya que posee una variación entre 51 a 79. Sin embargo, el efluente industrial de la empresa presenta una interacción en el cuerpo hídrico, esa cuestión puede ser (Sólidos Totales y Turbidez), ya que el aumento de los valores está relacionado con Corg. (Carga orgánica del efluente). Para Silveira et al., (2014) el ICA es una ferial que auxilia en el proceso demostrativo de vulnerabilidad ambiental, auxiliando en el proceso informativo del potencial de fragilidad ambiental, auxiliando en la gestión y desarrollo sostenible de una región.

En el marco de la Resolución CONAMA 357/2005, el Río Pessegueirinho es clasificado como Clase II (Agua Dulce), en una comparación de los parámetros analizados por el presente estudio y la legislación pertinente el único parámetro que no presenta compatibilidad es coliformes termotolerantes, siendo que se establece un número inferior a 1x10<sup>3</sup> UFC/100mL, presentando una contaminación por efluentes domésticos en áreas rurales. Para Santiago, Jesus y Santos (2016) la contaminación por la disposición de residuos sólidos y el lanzamiento en la naturaleza de efluentes domésticos es la principal causa que indica un ICA bajo, estando relacionados con la contaminación hídrica. Aunque la empresa del estudio lance efluentes industriales en el río de estudio lo mismo no es la principal causa de contaminación, necesitando de una atención para los órganos ambientales y gubernamentales del municipio. De acuerdo con Batista et al., (2016) la agricultura, la falta de preservación de los bosques ciliar y áreas como suelo expuesto de una cuenca también está relacionada con esta cuestión.

La contaminación por coliformes termotolerantes está relacionada con el lanzamiento in natura del desagüe doméstico, afectando directamente los recursos hídricos debido a su falta de tratamiento (ANDRADE; FELCHAK, 2009). Como también por la filtración del agua después del paso del sistema de tratamiento fosa y filtro, pues aun no estando en la naturaleza los efluentes presentan contaminantes, obteniendo entre esas los coliformes termotolerantes (SILVA et al., 2012). Para alcantarillas y moradas (2016) el alcantarillado doméstico presenta una gran cantidad de materia orgánica y otras fuentes de iones, que sin tratamiento generan impactos significativos en los recursos hídricos. De acuerdo con Bullata et al., (2016) el lanzamiento del desagüe doméstico está relacionado con el estado trófico del de los cuerpos hídricos, ya que el mismo aumenta el proceso de eutrofización.

El estudio presenta que la calidad del agua del río Pessegueirinho es afectada por el lanzamiento del efluente industrial, ya que cualquier alteración del cuerpo hídrico presenta una contaminación, sin embargo, el desagüe del efluente no presenta una contaminación ambiental, siendo que su interacción no ocasiona impacto directo en la fauna y la flora local. Sin embargo, la empresa debe procurar minimizar la carga orgánica lanzada y monitorear el efluente industrial para que el mismo no presente la caracterización de impacto ambiental o contaminación ambiental. Esta cuestión está relacionada con el aumento del DQO, DBO, sólidos totales, turbidez, aceites y grasas totales en el punto de lanzamiento, que consecuentemente disminuyó la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

El presente trabajo es un análisis preliminar del análisis de la interacción del efluente industrial con el cuerpo hídrico, sin embargo, sabiendo de la interacción negativa de ese proceso es viable el desarrollo de nuevos trabajos que busquen describir mejor esa interacción, así como de la aplicación de otros índices de calidad ambiental, como el índice de toxicidad del agua por metales pesados como el índice del estado trófico que la analiza la interacción del proceso de eutrofización.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos y discutidos en el presente estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

a) El Índice de Calidad del Agua de un cuerpo hídrico es afectado por el lanzamiento de efluentes industriales, con ello es necesario desarrollar el monitoreo no sólo del efluente final tratado, sino también de la interacción del cuerpo hídrico que recibe efluentes industriales.

b) Es viable y notoria la solicitud del Índice de Calidad del Agua, Índice de Toxicidad del Agua, Índice del Estado Trófico y otros, de los cuerpos hídricos que reciben los efluentes industriales por los organismos ambientales fiscalizadores. Siendo que, con mayor monitoreo menor será la generación de impactos ambientales por las empresas y consecuentemente mejora la calidad de los recursos hídricos.

c) El área rural del municipio del estudio necesita un monitoreo y seguimiento sobre el agotamiento sanitario, ya que el parámetro de coliformes termotolerantes está arriba de los establecidos en las legislaciones pertinentes;

d) La empresa del estudio necesita desarrollar una readecuación de su tratamiento, ya que está presentando una interacción negativa con el recurso hídrico del estudio.

## REFERENCIAS

ALVES, W.S.; MORAES, W.A. Qualidade e estado trófico da água do córrego barrinha localizado no município de Rio Verde, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Geoambiente On-line*, Jataí, n.26, v.1, p.1-18, Jan./Jun. 2016.

ANDRADE, A.R.; FELCHAK, I.M. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do Rio das Antas – Irati/PR. *Geoambiente On-line*, Jataí, n.12, v.1, p.108-132, Jan./Jun. 2009.

ARAÚJO, L.E.; SANTOS, M.J.; DUARTE, S.M.; OLIVEIRA, E.M. Impactos Ambientais em bacias hidrográficas – Caso da Bacia do Rio Paraíba. *TECNO-LÓGICA*, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 2, p. 109-115, jul./dez. 2009.

BATISTA, D.F.; CABRAL, J.B.P.; CARVALHO, C.B.; NASCIMENTO, E.S. Caracterização e diagnóstico das águas do Ribeirão Paraíso em Jataí-Goiás. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.9, n.6, p.2132-2147, 2016.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BELLUTA, I.; JESUS, S.A.; VIEIRA, M.P.; CORRÊA, N.M.; RALL, V.L.M.; VALENTE, J.P.S. Qualidade da Água, Carga Orgânica e de Nutrientes na Foz do Córrego da Cascata: Contribuição da Sub-Bacia para a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê (SP). *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.9, n.1, p.305-318, 2016.

CAPOANE, V. *Qualidade da Água e sua Relação com o Uso da Terra em duas Pequenas Bacias Hidrográficas*. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - Rs, 2011.

CARVALHO, M.E.S.; MOREIRA, O.B. Reflexões sobre a participação social na gestão hídrica no Brasil. *Geoambiente On-line*, Jataí, n.28, v.1, p.93-109, Jan./Jun. 2017.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índice de Qualidade das Águas. São Paulo. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguassuperficiais/108-indices-de-qualidade-das-aguas/01.pdf/02.pdf/03.pdf>> Acesso em: 29 de maio de 2017.

DIAS, F. A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. *Sociedade e natureza*. V.23, n.1, p.127-147. 2011.

ROCHA, G.A; ASSIS, N.M.M.V.; MANCINI, R.M.O.M.; MELO, T.S.; BUCHIANERI, V.; BARDOSA, W.E.S. Caderno de Educação Ambiental: Recursos Hídricos. Governo do Estado de Santa Catarina. São Paulo. nº14. 2011.

SANTIAGO, B.E.C.; JESUS, T.B.; SANTOS, L.B.O. Avaliação da qualidade da água no perímetro urbano de Riachão do Jacuípe, Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, v.9, n.4, p.1058-1071, 2016.

SILVA, D.D.; MIGLIORINI, R.B.; SILVA, E.C.; LIMA, Z.M.; MOURA, I.B. Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa, Cuiabá (MT). Eng Sanit Ambient, v.19, n.1, p.43-52, Jan./Mar. 2014.

SILVEIRA, T.; REGO, N.A.C.; SANTOS, J.B.S.; ARAÚJO, M.S.B. Qualidade da Água e Vulnerabilidade dos Recursos Hídricos Superficiais na Definição das Fragilidades Potencial e Ambiental de Bacias Hidrográficas. Revista Brasileira de Geografia Física, v.7, n.4, p.642-652, 2014.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade da água em microbacia sob uso agrícola e urbano. Scientia Agricola, Jaguariúna SP, v.59, n.1, p.181-186. 2002.

VALLE, C. E. Qualidade Ambiental: ISO 14000. 5ªed. São Paulo: SENAC, 2004.