

Modelagem de poluentes em sedimentos de ambiente lântico

Modeling of pollutants on lentic environment sediments

RESUMO

Carolina Dallabrida
carolinadallabrida@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

Luciane Maria Vieira do Couto
lucianeutfpr@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

O presente trabalho tem por objetivo conhecer a concentração e origem dos poluentes presentes nos sedimentos de um reservatório em uma pequena bacia hidrográfica, através da análise de n-Alcanos e os metais pesados. Foram coletados 4 testemunhos de sedimento de 1,5m cada, para análises laboratoriais de datação, extração e quantificação de n-alcanos e metais (Pb e Zn). Foram utilizados os índices, *Odd/Even*, *IPC*, *LMW/HMW*, *TAR*, P_{aq} para análise dos n-Alcanos. Foram encontrados n-Alcanos do C₈-C₄₀, sendo n-C₃₅ e n-C₃₆ predominantes. *Odd/Even* indicou prevalência de fontes biogênicas, *IPC* indicou predominância de n-alcanos de origem de plantas terrestres junto a presença de óleo, o que é comprovado por *LMW/HMW* nos anos de 1934 e 1931. *TAR* mostrou maior contribuição de n-alcanos terrestres e P_{aq} indicou fontes terrígenas na década de 70 e 80, nos demais anos, maior contribuição de plantas aquáticas submersas e flutuantes. Os metais mostraram presença de poluição antropogênica.

PALAVRAS-CHAVE: N-alcanos. Metais pesados. Sedimentos de testemunho

ABSTRACT

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



This paper has for objective to know the concentration and origin of the pollutants present in the sediments of a reservoir in a small hydrographic basin, through the analysis of n-Alkanes and the heavy metals. Four sediment cores were collected, with 1.5m, for laboratory analysis of dating, extraction and quantification of n-alkanes and metals (Pb and Zn). Some distribution indexes were used, such as *Odd Even*, *IPC*, *LMW/HMW*, *TAR*, P_{aq} for the analysis of n-alkanes. N-alkanes from C₈-C₄₀ were found, with n-C₃₅ and n-C₃₆ being the predominant ones. *Odd/Even* ratio indicated the prevalence of biogenic sources, *IPC* indicated a predominance of n-Alkanes from terrestrial plants together with the presence of oil, which is confirmed by the *LMW/HMW* in the years 1934 and 1931. *TAR* showed a greater contribution of terrestrial n-alkanes and P_{aq} indicated terrestrial sources in the 70s and 80s, in the other years, greater contribution from submerged and floating aquatic plants. Metals showed anthropogenic pollution.

KEYWORDS: N-alkanes. Heavy metals. Core sediment.



INTRODUÇÃO

A qualidade dos ambientes aquáticos é afetada por fatores como o crescimento populacional e o desenvolvimento de infra-estrutura sanitária deficiente, irregularidades de indústrias nas cidades e atividades agrícolas, podendo ser utilizado como destino final de efluentes não tratados (SOUZA, 2011). Nesta problemática, existe uma grande preocupação com a contaminação de ambientes aquáticos e do solo a partir de elementos tóxicos, como por exemplo, metais pesados, estes persistentes e com capacidade de bioacumulação, sendo os mais graves poluentes de sedimentos (BING *et al.*, 2019; HE *et al.*, 2016).

Os sedimentos, formados por partículas minerais e por matéria orgânica, revelam a integração de todos os processos biológicos, físicos e químicos que ocorrem em um ecossistema aquático (PANE *et al.*, 2008)

Estudos com análise de sedimentos aquáticos, em sua maioria, fornecem informações sobre a qualidade da água, a presença de contaminantes inorgânicos e orgânicos (PANE *et al.*, 2008). A matéria orgânica presente nos sedimentos de corpos de água podem conter marcadores moleculares, estes fornecerem informações importantes, são considerados uma “assinatura molecular”, sobre os processos biogeoquímicos no passado geológico e sobre a resposta destes processos a alterações ambientais (EGLINTON, *et al.*, 1993; SALIOT, 1994; MEYERS, 1997), podendo ainda estes serem associados a uma origem ou processo evolutivo específico (CARREIRA, 2000). Podem ainda ser usados para reconstruir fatos passados e identificar o impacto do crescimento populacional, uso do solo, e o estabelecimento de cidades (VIEIRA, 2018). A exemplo de marcadores, o grupo de compostos chamados hidrocarbonetos alifáticos, estes são utilizados em pesquisas devido à facilidade de alcançar o fundo dos corpos hídricos, se unirem facilmente ao material particulado (MEDEIROS *et al.*, 2005).

Os hidrocarbonetos encontrados nos sedimentos de ambientes aquáticos podem ter origem antropogênica (resíduos de petróleo, principalmente), e aqueles originados de alterações diagênicas do material biológico (DASKALOU *et al.*, 2009), sendo assim, os hidrocarbonetos resultam de uma mistura complexa de várias fontes e a distinção entre origens biogênicas e antrópicas envolve a utilização de diversos marcadores moleculares ou geoquímicos (MEDEIROS *et al.*, 2005; ZAGHDEN *et al.*, 2007). Os metais pesados são um grupo de elementos importante no entendimento de poluentes presentes nos sedimentos, devido sua capacidade de adsorção e acúmulo nos ambientes, o que auxilia no entendimento de eventos de poluição ambiental passados e do presente.

O presente trabalho tem por objetivo conhecer a concentração e origem dos marcadores moleculares presentes nos sedimentos de fundo de uma pequena bacia hidrográfica, ao longo dos anos através da análise de n-Alcanos (C₈-C₄₀) e os metais pesados Pb e Zn.

MATERIAL E MÉTODOS

O lago Arthur Thomas, localizado no centro da cidade de Londrina, Paraná. É um lago artificial inserido em uma Unidade de Conservação Municipal na região sul do município (LONDRINA, 2018), possui área de 33 km²; foi formado em 1939 pela construção da barragem de Arthur Thomas com o objetivo da geração de

eletricidade para Londrina. Este recebe águas de 26 afluentes locais da bacia do rio Cambé que é fortemente influenciada por atividades humanas que a cercam (BALLAROTTI, 2010).

Foram coletados 4 testemunhos de sedimentos de 1,5m cada, as amostras foram mantidas a 4 °C durante o transporte para o laboratório, onde foram totalizados 90cm de profundidade e fracionadas em intervalos de 2 cm, totalizando 45 subamostras, e armazenados a - 20 °C até secagem e preparado para as análises de metais e hidrocarbonetos alifáticos. Parte das amostras foram encaminhadas a laboratório de análises de datação para o entendimento da data da deposição da mesma e também para análise da concentração dos metais Pb e Zn.

Existem diversos índices de distribuição de hidrocarbonetos alifáticos, baseados em razões. Estes são utilizados para revelar as possíveis fontes e origem, alóctone ou autóctone, de matéria orgânica e de n-Alcanos em sedimentos (PETERS *et al.*, 2005). As razões utilizadas foram: *Odd/Even* (Ímpar/Par) Eq. (1) que indica a fonte de matéria orgânica, IPC (Índice Preferencial de Carbono) Eq. (2) proposta por Aboul-Kassim & Simoneit (1996), verifica o predomínio de compostos ímpares sobre pares, empregado na identificação de fontes de hidrocarbonetos a partir de plantas vasculares (fontes biogênicas) ou de contaminação por combustíveis fósseis em sedimentos marinhos (ABOUL-KASSIM & SIMONEIT, 1996; MILLE *et al.*, 2007; WANG *et al.*, 2006; YUNKER *et al.*, 2011), LMW / HMW, sendo a razão entre baixo peso molecular e alto peso molecular de n-Alcanos Eq. (3), que junto ao índice IPC, auxilia na discussão de origem de n-Alcanos e possível contaminação com óleo, TAR (Razão Aquática Terrestre) Eq. (4), proposta por Bourbonniere e Meyers (1996) é utilizada para relacionar a proporção dos n-alcanos de origem terrestre e aquática e P_{aq} (índice de produção aquática) Eq. (5) proposta por Ficken *et al.* (2000) que é utilizado para verificar a contribuição das plantas aquáticas.

$$\frac{Odd}{Even} = \frac{\sum nC_{odd}}{\sum nC_{even}} \quad (1)$$

$$IPC = \frac{1}{2} \left(\frac{\sum nC_{25+...+nC_{33}}}{\sum nC_{24+...+nC_{32}}} + \frac{\sum nC_{25+...+nC_{33}}}{\sum nC_{26+...+nC_{34}}} \right) \quad (2)$$

$$\frac{LMW}{HMW} = \frac{\sum nC_{low}}{\sum nC_{high}} \quad (3)$$

$$TAR = \frac{nC_{27}+nC_{29}+nC_{31}}{nC_{15}+nC_{17}+nC_{19}} \quad (4)$$

$$P_{aq} = \frac{nC_{23}+nC_{25}}{nC_{23}+nC_{25}+nC_{31}} \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

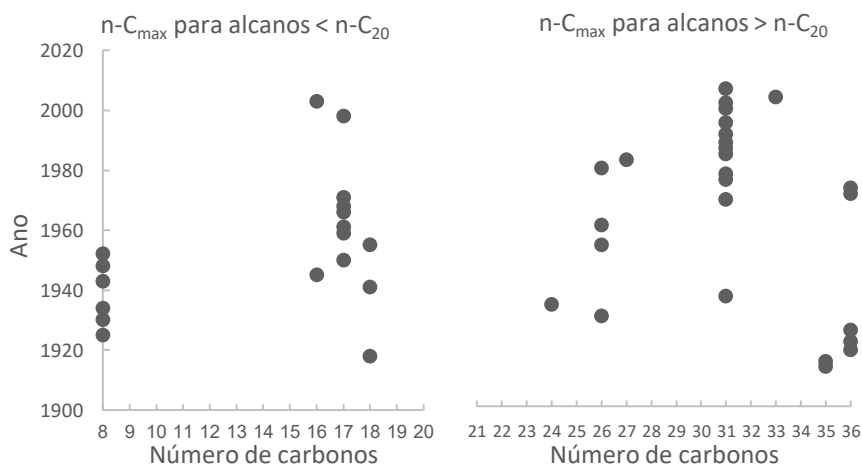
Nas amostras de sedimentos foram encontrados n-Alcanos do n-C₈ ao n-C₃₆, com concentrações de 1,8 ppm (n-C₁₂) no ano de 1930 a 2849466.6 ppm (n-C₃₆) no ano de 1975. As concentrações totais predominantes foram de n-C₃₅ 2.789.454,93 ppm e n-C₃₆, 4.941.942,00 ppm. Em estudos Cranwell (1973) observou que picos de n-C₃₁ está relacionado a locais com prevalência de gramíneas, já as concentrações elevadas de n-C₂₇ e n-C₂₉ são encontrados em lagos com vegetação próxima tomada por árvores. As altas concentrações das estruturas de número 23,

25 e 31, segundo Bass *et al.* (2000) podem estar relacionadas com a presença da espécie aquática de musgo *Sphagnum*, porém, esta é pouco comum no Brasil.

Sedimentos contaminados em ambientes aquáticos poluídos por petróleo cru possuem uma distribuição das estruturas que decresce com o aumento do número de carbonos, e, não apresentam predominância de cadeias carbônicas ímpares, isto permite uma clara diferenciação de fontes biogênicas destes compostos (WANG *et al.*, 2007). Os n-Alcanos de cadeia carbônica maior que 35, também foram observados em compostos de betume que atuam como substância aglutinante no pavimento e, portanto, podem ser característicos de ambas as fontes. Altas concentrações de n-C₃₆ no sedimento, em comparação com outros comprimentos de cadeia, sugerem que o impacto é principalmente devido à contribuição de partículas advindas da poeira do pavimento.

Os picos de concentração de n-Alcanos no lago correspondem aos anos 1975, 1977 e 1984. Nestes respectivos anos, é possível observar na Figura 1 que houve predominância de n-C₃₆ e n-C₂₆. Entre as amostras 1973 a 2012 variaram de n-C₁₆ a n-C₃₆, porém é possível visualizar que houve predominância de n-C₃₁ ao decorrer dos anos, este tendo sua origem biológica relacionada a ceras epicuticulares de plantas superiores terrestres. (EGLINTON & HAMILTON (1963, 1967); CRANWELL, 1973).

Figura 1 - Concentrações máximas anuais.



Fonte: Autoria própria.

As razões de n-Alcanos auxiliam na interpretação da origem da matéria orgânica. Na relação *Odd/Even* (Ímpar/Par), quando existe predominância de estruturas com número ímpares sobre as de números pares, é demonstrado a presença de n-alcanos de fontes biogênicas com forte contribuição de ceras epicuticulares de plantas superiores terrestres presentes nos arredores ou nas bordas dos lagos (EGLINTON & HAMILTON, (1963, 1967); CRANWELL, 1973; CRANWELL *et al.*, 1987). Pode-se observar, na Figura 2, que no lago AT a partir de 1955, em sua maioria, os valores são maiores que 1, indicando predominância de ímpares sobre os pares, salientando presença de fontes biogênicas. De 1914 à 1952 no lago os valores ficam abaixo de 1, exceto o ano 1939 foi maior, este fato pode ser explicado pela formação do lago neste período, ou seja, a inundação da área que anteriormente possuía cobertura vegetal. Esta cobertura vegetal mostrou

influência nos resultados encontrados, onde neste período existe indícios de maior contribuição de material de origem natural. A predominância de cadeias pares de n-alcanos não são comuns como as ímpares (EKPO *et al.*, 2005), mas podem indicar a presença de microrganismos como fungos, bactérias e leveduras quando curtas n-C₁₂, n-C₁₄ e n-C₁₆, sendo que entre n-C₁₄ a n-C₂₂ as fontes são provenientes da redução de ácidos graxos, as cadeias de n-C₁₈ a n-C₃₄ podem indicar como fonte o zooplâncton ou as cadeias longas de n-C₂₄ a n-C₃₄ podem indicar a presença de bactérias (WELTE *et al.*, 1968, NISHIMURA *et al.*, 1985; WANG *et al.*, 2010).

Na análise do índice *LMW/HMW*, é possível observar na Figura 2, que nos anos 1948, 1950, 1952 e 1966 valores maiores que 2, indicando presença de óleos frescos. Os valores encontrados pelo índice IPC nesses anos comprovam a análise, pois também indicam presença de óleo (COMMENDATORE *et al.*, 2000), corroborando com os resultados de IPC para estas datas. Nos anos 1934, 1971, 2000 e 2005 os valores encontrados foram próximos de 1 o que indica fontes de petróleo ou de origem planctônica (GEARING *et al.*, 1976). Comparando com os valores de IPC se comprova a presença de óleo em 1934 e 1931 (COMMENDATORE *et al.*, 2000). Já em 2000 o IPC diz que os compostos são de origem antrópica e em 2005 de origem natural.

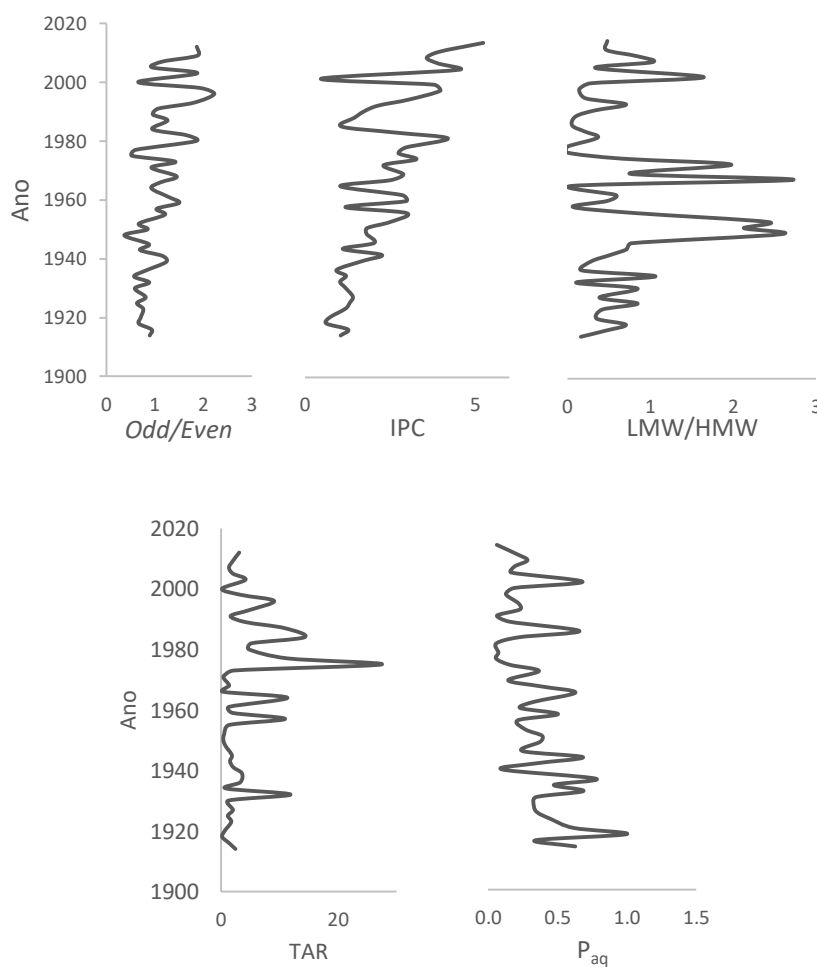
Na análise TAR vemos, na Figura 2, que obtivemos valores menores que 1 somente nos anos 1918, 1920, 1934, 1948, 1952, 1966, 1971 e 2000, indicando maior contribuição de n-alcanos aquáticos. Os demais valores foram maiores que 1, indicando assim maior contribuição de n-alcanos terrestres (BOURBONNIERE & MEYERS, 1996; PETERS *et al.*, 2005). Sugere-se que esse comportamento encontrado se deve a adaptação do ambiente com as novas condições inseridas em 1939, sendo o ano da construção da barragem, onde anteriormente um ambiente lótico com área menor, após a inundação das áreas adjacentes, se torna lântico, os valores eram menores que 1 ou muito próximos. Altos valores de TAR, como em 1975, indicam elevada parcela de material lipídico originado do solo e vegetação terrestre em relação às fontes da flora aquática. A curva apresentada na Figura 2 mostra que houve um pico na década de 70 chegando a 27,46. Esta curva se comporta de forma crescente, onde no testemunho, em amostras mais antigas encontramos valores baixos, que se não menores que 1 são próximos a ele, e com o passar dos anos, os valores vão aumentando. Isto pode ser explicado pelas mudanças que ocorreram no ambiente neste período, junto ao aumento populacional, este resultado representa os efeitos antrópicos no lago, Sanez *et al.* (2013) obteve mesmas observações, e ainda relaciona com o fato de os materiais terrestres possuírem a tendência de maior resistência à degradação quando comparados aos de origem aquática, por este motivo observa-se maior influência aquática nas camadas superiores da amostra. O autor ainda relacionou os maiores valores de TAR com os altos valores de n-C₃₁, indicativos da presença de gramíneas, o que sugere períodos de poda e subsequentemente entrando no corpo d'água e deposição adicional de sedimentos.

Com índice de proporção de plantas aquáticas P_{aq} , a partir da Figura 2, é possível visualizar que o máximo encontrado foi 1,00 em 1918, e o mínimo de 0,05 em 1975. Valores de até 0,495 foram encontrados por Sanez *et al.*, (2013) e entre 0,02 e 0,46 em mesmo local por Souza (2011) indicando maior contribuição de matéria orgânica proveniente de macrófitas aquáticas emergentes. Em nosso estudo, pode-se observar que houve apenas o índice menor que 0,1 em 1975, 1977, 1980, 1989 e 2012, que indicam predominância de fontes terrígena; os

demaís valores observados maiores que 0,4 são referentes ao predomínio de plantas aquáticas submersas e flutuantes (FICKEN *et al.*, 2000).

Quando comparamos P_{aq} com o índice TAR podemos visualizar uma relação. Temos valores altos de TAR no período entre o início da década de 50 até o fim da década de 80, indicando elevada parcela de material lípidico originado do solo e vegetação terrestre em relação às fontes da flora aquática, já o P_{aq} nesse período temos em sua maioria presença de macrófitas emersas.

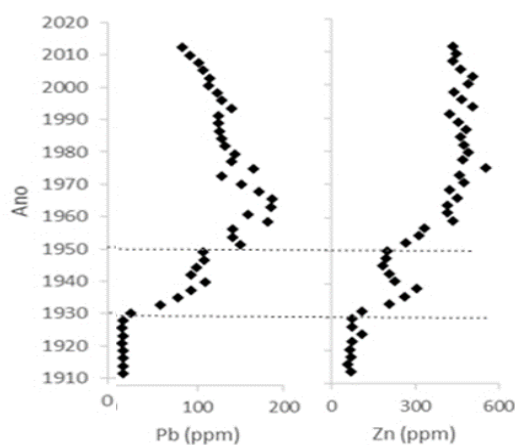
Figura 2 – Razões entre n-Alcanos (ppm/ppm) utilizadas no trabalho, sendo elas, Odd/Even, IPC, LMW/HMW, TAR e P_{aq} .



Fonte: Autoria própria.

A concentração dos metais Pb e Zn foram observados em todo o testemunho dos sedimentos, como mostra a Figura 3, indicando a presença de poluição antropogênica em especial após a década de 30, quando houve a construção do lago e após a década de 50 período de forte crescimento do município.

Figura 3 - Concentrações dos metais Pb e Zn.



Fonte: Autoria própria.

CONCLUSÃO

O estudo mostra que é possível entender a influência das ações antrópicas sobre os ambientes aquáticos ao longo de anos e estes podem ser medidos pela concentração de marcadores moleculares nos sedimentos de testemunhos.

A partir das análises realizadas, podemos concluir que grande parte da matéria orgânica constituinte do sedimento do lago é de origem autóctone, de grande parte terrígenas. Em meados da década de 40, com a construção do lago existem indícios e vestígios de óleo no sedimento, como mostrou os valores obtidos pelo IPC e LMW/HMW. O mesmo ocorre pelas análises de metais que indicam forte influência antropogênica após este período.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Fundação Araucária, pelo auxílio financeiro durante este período de trabalho, a Universidade (UTFPR) pela estrutura e disponibilizações, e ainda a minha orientadora, Prof^a. Doutora Luciane Maria Vieira do Couto pela ajuda, paciência, correções e todo suporte oferecido.

REFERÊNCIAS

ABOUL-KASSIM, T. A. T.; SIMONEIT, B. R. T. Lipid geochemistry of surficial sediments from the coastal environment of Egypt 1. Aliphatic hydrocarbons: characterization and sources. **Marine Chemistry**, v.54, n. 1/2, p. 135-158, 1996.

ALBERGARIA-BARBOSA, A. C. R. **Avaliação da influência do canal do Valo Grande na composição molecular e isotópica da matéria orgânica depositada no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape-SP**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências, área de Oceanografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 144 p., 2013.

BALLAROTTI, C. R. PARK CITY ARTHUR THOMAS IN LONDRINA - PR: **Political and environmental conflicts in a land of diversity (1975–2009)**. 2010. Tese (Presented to the Post-Graduation Program in Social History - Political Territories - Human Sciences Center) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, 2010

BASS, M.; PANCOST, R. GEEL, B. V.; DAMSTÉ, J. S. S. A comparative study of lipids in Sphagnum species. **Organic Geochemistry**. 31, 535-541. 2000.

BING, H.J., WU, Y.H., ZHOU, J., SUN, H.Y., WANG, X.X., ZHU, H. Spatial variation of heavy metal contamination in the riparian sediments after two-year flow regulation in the three gorges reservoir, China. **Sci. Total Environ.** 649, 1004–1016, 2019.

BOURBONNIERE, R. A; MEYERS P. A. Sedimentary geolipid records of historical changes in the watersheds and productivities of Lakes Ontario and Erie. **Limnology and Oceanography**. Vol. 41, nº 2, 352-359, 1996.

CARREIRA, R. S. **Investigação sobre o acréscimo da estocagem de carbono em ambientes fertilizados pela ação antropogênica: a Baía de Guanabara como modelo**. 2000. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Católica do Rio de Janeiro, RJ, 201pp., 2000

COLONIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO NORTE DO PARANÁ. COMPANHIA MELHORAMENTOS NORTE DO PARANÁ – Publicação comemorativa do cinquentenário da companhia melhoramentos norte do Paraná, 1975.

COMMENDATORE, M.G., ESTEVES, J.I., COLOMBOS, J.C. Hydrocarbons in coastal Sediments of Patagonia, Argentina: Levels and probable sources. **Marine Pollution Bulletin**. V. 40, p.989–998, 2000.

CRANWELL, P. A. Chain-length distribution of n-alkanes from lake sediments in relation to post-glacial environmental change. **Freshwater Biology**. Vol. 3, 259–265, 1973.

CRANWELL, P. A.; EGLINTON, G.; ROBINSON, N. Lipids of aquatic organisms as potential contributors to lacustrine sediments—II. **Organic Geochemistry**. Vol. 11, 513–527, 1987.

DASKALOU, V.; VREČA, P.; MURI, G.; STALIKAS, C. Recent environmental changes in the shallow lake Pamvotis (nw greece): evidence from sedimentary organic matter, hydrocarbons, and stable isotopes. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**. Vol. 57, 21–31, 2009.

EGLINTON, G. e HAMILTON, R. J. The distribution of alkanes, In: Swaine, T. (Ed.), Chemical Plant Taxonomy. **Academic**, pp. 87–217, 1963.

EGLINTON, G. & HAMILTON, R. J. Leaf epicuticular waxes. **Science**. Vol.156, 1322–1335, 1967.

EGLINTON, G., PARKER, M., ZHAO, M. Lipid biomarkers in biogeochemistry: Future roles? **Marine Geology**., 113, 141-145, 1993.

EKPO, B. O.; OYO-ITA, O. E.; WEHNER, H. Even-n-alkane/alkene predominances in surface sediments from the Calabar River, SE Niger Delta, Nigeria. **Naturwissenschaften**. Vol. 92, 341–346, 2005.

FANG, J. *et al.* Source characterization of sedimentary organic matter using molecular and stable carbon isotopic composition of n-alkanes and fatty acids in sediment core from Lake Dianchi, China. **Science of the total environment**. 2014.

FICKEN, K.J., LI, B., SWAIN, D.L., EGLINTON, G.. An n-alkane proxy for the sedimentary input of submerged/floating freshwater aquatic macrophytes. **Organic Geochemistry**. 31, 745–749, 2000.

GEARING, P., GEARING, J.N., LYTLE, T.F., LYTLE, J.S. Hydrocarbons in 60 northeast Gulf of Mexico shelf sediments: a preliminary survey. **Geochim. Cosmochim. Acta** 40 (9), 1005–1017, 1976.

HE, W., BAI, Z.L., LIU, W.X., KONG, X.Z., YANG, B., YANG, C., JØRGENSEN, S.E., XU, F.L.. Occurrence, spatial distribution, sources, and risks of polychlorinated biphenyls and heavy metals in surface sediments from a large eutrophic Chinese lake (Lake Chaohu). *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 10335–10348, 2016.

MEDEIROS, P. M.; BÍCEGO M. C. Investigation of natural and anthropogenic hydrocarbon inputs in sediments using geochemical markers. II. São Sebastião, SP, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**. V. 49, p. 892–899, 2004b.

MEDEIROS, P. M.; BÍCEGO M. C.; CASTELAO, R. M.; DEL ROSSO, C.; FILLMAN, G.; ZAMBONI, A. J. Natural and anthropogenic hydrocarbon inputs to sediments of Patos Lagoon Estuary, Brazil. **Environment International**. 31, 77– 87. 2005.

MEYERS PA, ISHIWATARI R. Geoquímica orgânica lacustre - uma visão geral dos indicadores de fontes de matéria orgânica e diagênese em sedimentos de lago. **Organic Geochemistry**. 20: 867-00., 1993.

MEYERS, P.A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic processes. **Organic Geochemistry**, 27: 213-250, 1997.

MILLE, G.; ASIA, L.; GUILIANO, M.; MALLERET, L.; DOUMENQ, P. Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean sea (Gulf of Fos area, France). **Marine Pollution Bulletin**. V. 54, p 566- 575, 2007.

NISHIMURA, IXJGU, E EARL W BAKER. Possible origin of n-alkanes with a remarkable even-to-odd predominance in recent marine sediments. **Geochimica et Cosmochimica ACTa** 5: 299–305, 1985.

PANE, J. S.; BRONDI, S. H. G. Análise química de sedimentos de represas da Embrapa Pecuária Sudeste. In: Congresso de Iniciação Científica, 16.,2008, São Carlos. **Anais de Eventos da UFSCar**, v.4, p.1010, 2008.

PETERS, K. E.; WALTERS, C. C.; MOLDOWAN, J. M. **The Biomarker Guide**. Biomarkers and Isotopes in Petroleum Exploration and Earth History. Ed. Cambridge University Press v. 2., 2005.

LONDRINA (PR). Prefeitura Municipal De Londrina, 2018 **Dados**. Disponível em: <https://www.londrina.pr.gov.br/londrina-em-dados-2018-ano-base-2017>. Acesso em: 05 jun. 2020.

SALIOT, A. **Marine organic biogeochemistry**. Ed. Oceanis, v. 20, n. 1-2, p. 1-197, 1994.

SÁNEZ, J.; FROEHNER, S.; FALCÃO, F. . Use of biomarkers índices in a sedimento core to evaluate potential pollution sources in a subtropical reservoir in Brazil. **Chemie Der Erde**. V. 73, p. 555– 563, 2013.

SOUZA, DANIEL BOTELHO. **Avaliação da composição Geoquímica da matéria orgânica de sedimentos lacustres**. 2011. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

VIEIRA, L. M. C. **Diagnóstico das alterações ambientais nos últimos 100 anos de um lago urbano da cidade de Londrina, PR**. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

WANG X-C, SUN S, MA H-Q, LIU Y. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Jiaozhou Bay, Qingdao, China. **Marine Pollution Bulletin**. V. 52, p.129–138, 2006.

WANG, L.; LEE, F. S. C.; WANG, X.; YIN, Y.; LI J. Chemical characteristics and source implications of petroleum hydrocarbon contaminants in the sediments near major drainage outfalls along the coastal of Laizhou Bay, Bohai Sea, China. **Environ Monit Assess**. Vol. 125, 229–237, 2007.

WANG, X., YANG, H., GONG, P., ZHAO, X., WU, G., TURNER, S., AND YAO, T. One century sedimentary records of polycyclic aromatic hydrocarbons, mercury and trace elements in the Qinghai Lake, Tibetan Plateau. **Environmental Pollution** 158 :3065- 3070,2010.

WELTE, DIETRICH H., E GÖTZ EBHARDT. Distribution of long n-paraffins and n-fatty acids in sediments from the Persian Gulf. **Geochimica Notes** 32: 465–66, 1968.

YUNKER, M.B.; MACDONALD, R.W.; SNOWDON, L.R.; FOWLER, B.R. Alkane and PAH biomarkers as tracers of terrigenous organic carbon in Arctic Ocean sediments. **Organic Geochemistry**. V.42, p.1109–1146, 2011.

ZAGHDEN, H.; KALLEL, M.; ELLEUCH, B.; OUDOT, J.; SALIOT, A. Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in sediments of Sfax, Tunisia, Mediterranean Sea. **Marine Chemistry**. Vol. 105, 70–89, 2007.

ZHANG, Y., et al. Sedimentary lipid biomarker record of human-induced environmental change during the past century in Lake Changdang. Lake Teihu basin, Eastern China. **Science of the total environment** 613-614, 907 – 918, 2018b.