

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**ETEC DE CUBATÃO**  
**ENSINO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE**

**A ESPECTROSCOPIA NA ANÁLISE DE MICROPLÁSTICOS NO RIO  
CASQUEIRO – CUBATÃO/SP**

**Adrienne N. Rozena<sup>1</sup>**  
**Laura R. Dall’Amico<sup>2</sup>**  
**Sophia G. F. da Costa<sup>3</sup>**

**RESUMO**

A utilização de técnicas espectroscópicas para a detecção e caracterização de microplásticos configura-se como um instrumento robusto e de alta precisão para a avaliação da qualidade ambiental em sistemas aquáticos. Métodos como a espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e a espectroscopia Raman permitem identificar a composição polimérica das partículas, distinguindo-as de outros materiais orgânicos e inorgânicos presentes no ambiente. Essa capacidade analítica é fundamental para a determinação das principais fontes emissoras, a avaliação de processos de transporte e deposição e a compreensão dos mecanismos de degradação dos polímeros em condições naturais. A identificação acurada dos microplásticos possibilita, ainda, subsidiar estratégias de mitigação, contribuindo para a conservação da biodiversidade aquática, a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a segurança hídrica das populações humanas. Nesse contexto, a EMARC estabelece como objetivo central a aplicação sistemática da espectroscopia na análise e identificação de microplásticos nos corpos hídricos do município de Cubatão/SP. O estudo inicial concentra-se no rio Casqueiro, onde serão realizadas análises superficiais para detecção, quantificação e classificação dos polímeros presentes. Os resultados obtidos fornecerão subsídios técnicos para o monitoramento contínuo, para o desenvolvimento de políticas públicas e para ações de gestão ambiental voltadas à redução da carga de microplásticos nos ecossistemas locais.

**PALAVRAS CHAVE: Espectroscopia. Microplástico. Análise. Rio. Cubatão.**

**ABSTRACT**

The use of spectroscopic techniques for the detection and characterization of microplastics constitutes a robust and highly precise tool for assessing environmental quality in aquatic systems. Methods such as Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and Raman spectroscopy make it possible to identify the polymeric composition of particles, distinguishing them from other organic and inorganic materials present in the

environment. This analytical capability is essential for determining the main emission sources, evaluating transport and deposition processes, and understanding the mechanisms of polymer degradation under natural conditions. Accurate identification of microplastics also supports mitigation strategies, contributing to the conservation of aquatic biodiversity, the maintenance of ecosystem services, and the water security of human populations. In this context, EMARC establishes as its central objective the systematic application of spectroscopy in the analysis and identification of microplastics in the water bodies of the municipality of Cubatão/SP. The initial study focuses on the Casqueiro River, where surface analyses will be carried out to detect, quantify, and classify the polymers present. The results obtained will provide technical support for continuous monitoring, the development of public policies, and environmental management actions aimed at reducing the load of microplastics in local ecosystems.

**KEYWORDS: Spectroscopy. Microplastic. Analysis. River. Cubatão.**

<sup>1</sup>Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, na Etec de Cubatão, [adrienne.rozena@etec.sp.gov.br](mailto:adrienne.rozena@etec.sp.gov.br)

<sup>2</sup>Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, na Etec de Cubatão, [laura.amico@etec.sp.gov.br](mailto:laura.amico@etec.sp.gov.br)

<sup>3</sup>Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, na Etec de Cubatão, [sophia.costa3@etec.sp.gov.br](mailto:sophia.costa3@etec.sp.gov.br)

## I. INTRODUÇÃO

Essa pesquisa tem como objetivo apontar a necessidade de análises de maior precisão e sustentabilidade no cenário cubatense, especialmente sobre o tópico da poluição por plásticos. Uma ameaça assustadoramente presente e muitas vezes difícil de identificar.

Desse modo, o grupo visa coletar amostras do rio Casqueiro em Cubatão e identificar a concentração de microplásticos no mesmo. A partir dos dados obtidos, será apresentado a problemática, sendo essa, a falta de investimentos em equipamentos eficazes de análise para tal problema, e negligência.

Por menores que sejam as partículas de plástico no ambiente, seus impactos são inegavelmente nocivos. Eles podem não só acabar sendo ingeridos por animais marinhos causando danos neurológicos, imunológicos e hormonais, levando muitas vezes à morte do animal, como também podem liberar substâncias tóxicas, entre elas os bisfenóis que são disruptores endócrinos e afetam o sistema hormonal dos animais marinhos. Segundo um estudo do instituto de Pesquisa de Sistemas ambientais da Universidade de Osnabrück (2020), o plástico tem uma grande capacidade de absorver produtos tóxicos (metais pesados, pesticidas e Poluentes Orgânicos Persistentes) o que multiplica os danos ao ecossistema marinho.

Além disso os plásticos podem se acumular ao serem transportados pelas correntes marítimas e formar “ilhas de lixo” no oceano, que servem como moradia de bactérias e algas que causam desequilíbrio para o meio ambiente. Ademais plânctons e pequenos animais se alimentam desse plástico contaminado, e quando peixes maiores se alimentam dos mesmos, propagam infecções causadas pelo plástico contaminado.

Sendo o objetivo do grupo, o mesmo citado acima, faz-se surgir o seguinte questionamento, há espectrofotômetros que se adequam ao objetivo específico do presente estudo, que requer técnicas voltadas à identificação de microplásticos?

Dito isso, referente aos microplásticos, a crescente produção industrial faz com que os materiais plásticos sejam largamente utilizados em diversos segmentos, por ser um material versátil e diversificado (CARVALHO, Karla, et al, 2021). Por conseguinte, os resíduos produzidos dessa matéria, em sua maioria, não são encaminhados para seu destino correto, tendo por consequência o seu despejo em corpos hídricos. Dessa forma, com o aumento de plástico no meio ambiente e com sua lenta degradação, ocorre o surgimento do microplástico.

A partir disso, foram elaboradas três hipóteses que explicam o que o grupo pode encontrar em suas análises, e seus métodos, sendo elas, a alta quantidade de plásticos descartados incorretamente nas ruas de Cubatão acarretam na presença de microplásticos nos rios da cidade; a falta de análises atualizadas referentes ao microplásticos; a espectroscopia é uma técnica de alta eficiência para a análise de corpos hídricos. Nesse contexto, esse trabalho justifica-se no estudo da incidência dos microplásticos, que são fragmentos oriundos da degradação de plásticos de maior dimensão; que se dispersam amplamente pelo ambiente, especialmente pelo ar e pela água; e a espectroscopia, um método eficaz e sustentável de análise que torna possível apontar a presença dessa ameaça invisível e chamar a atenção para o problema.

A EMARC demonstra a relevância da espectroscopia como um método de análise científica eficaz e sustentável, evidenciando seu potencial para monitoramento e vigilância ambiental. O estudo reforça a necessidade de investimentos em pesquisas contínuas, aperfeiçoamento tecnológico e educação ambiental, especialmente no município de Cubatão, que enfrentou graves episódios de poluição em décadas anteriores.

## **II. METODOLOGIA**

O polipropileno, conhecido popularmente como plástico, é um problema já evidente no meio ambiente, porém ainda não suficientemente explorado. Um problema cada vez mais recorrente, é a poluição proveniente da degradação desse material que prejudica os ecossistemas aquáticos. Por ser extremamente pequeno, o microplástico é uma ameaça extremamente difícil de ser identificada. Os animais marinhos acabam ingerindo essas partículas, e por conseguinte muitas vezes entram no sistema humano, das pessoas que se alimentam desses animais, afetando diretamente a vida marinha e a vida terrestre. Danos irreparáveis são causados em decorrência das milhões de toneladas de resíduos que são ingeridos todos os dias.

“O microplástico, é um problema crescente na contemporaneidade no qual a produção de plástico aumentou 380 milhões de toneladas\ano em 2015 e é projetada para a 3,4 bilhões de toneladas nos próximos 30 anos” (AFONSO,2022, p.78)

Tendo isso em vista, é notório que o plástico tem efeitos profundamente negativos no meio ambiente. Segundo Afonso (2024), o microplástico, por ser um plástico bruto fragmentado pelo o decorrer dos anos, com tamanho que varia entre 0,001 mm e 5 mm, tem a capacidade de se dispersar facilmente, aumentando cada vez mais a quantidade do poluente no meio ambiente. Ademais, o consumo excessivo e o descarte incorreto desse

material, favorece o alargamento da problemática vigente. Entre os efeitos negativos do microplástico estão os seus impactos na natureza.

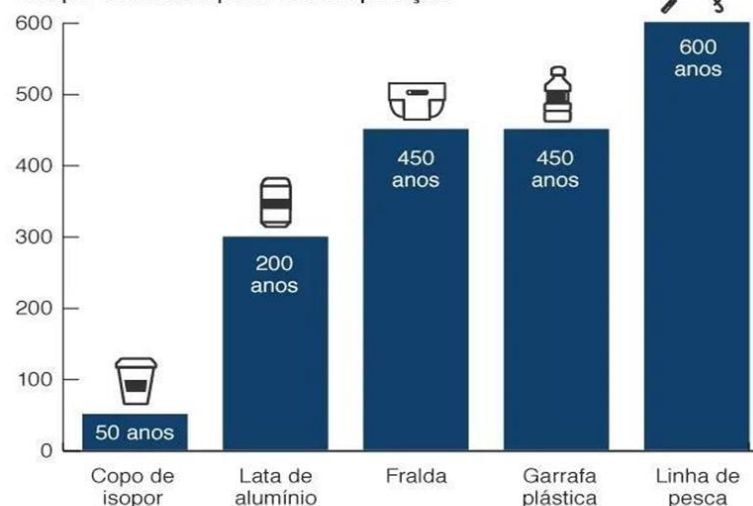
Segundo Duarte (2025), o excesso do poluente aumenta os riscos de doença cardíaca, derrames e pode causar cancro e inflamações crónicas, além dos efeitos no meio ambiente estimando que aproximadamente 1 bilhão e 386 milhões de km<sup>2</sup> da superfície do planeta correspondam a recursos hídricos, o monitoramento dos meios aquáticos requer um caráter mais rigoroso, pois apesar de se tratar de um recurso extenso, ainda assim é finito, principalmente quando 97,5% da água da Terra, é salgada e, portanto, inviável para o consumo humano.

Segundo Lorena Duarte (2012), 68,9% da água doce e própria para consumo humano, está distribuída em geleiras e calotas polares. Tendo em vista os efeitos negativos causados pelos poluentes e a finitude dos recursos hídricos acessíveis, é de tamanha importância entender, identificar e analisar a presença tóxica do plástico no meio ambiente, assim, será possível minimizar os efeitos do microplástico no meio ambiente. Portanto, é necessário destacar que o plástico pode levar até 600 anos para se degradar, a depender do tipo de polipropileno, afetando durante esse processo, todo e qualquer meio em que se encontrar, contaminando componentes essenciais tanto para a vida marinha, quanto a terrestre (NOAA/ Woods Hole Sea Grant).

O plástico prejudica o sistema digestivo de aves e baleias, podendo levar até a morte (BBC). Além disso uma pesquisa da Universidade de Plymouth, na Inglaterra, mostrou que resíduos de plástico foram encontrados em um terço dos peixes capturados no Reino Unido, entre eles o Bacalhau. (BBC) Dessa forma, convém destacar que ao ter conhecimento sobre os danos do polipropileno no meio ambiente é essencial que haja medidas que minimizem os efeitos danosos do material.

### Quanto tempo vai levar para o plástico desaparecer?

Tempo estimado para decomposição



Tempo exato varia de acordo com o tipo de produto e as condições ambientais

Fonte: NOAA / Woods Hole Sea Grant

BBC

**Imagem 1:** O gráfico relaciona o número de plástico encontrado no meio ambiente com o material que é descartado incorretamente e o quanto de tempo demora para a degradação do material por completo. Exemplo: A garrafa de plástico demora 450 anos para se degradar, estando propícia a se degradar em diversos pedaços de plástico se tornando assim microplástico.

A primeira etapa para realizar a os dados quantitativos do poluente na amostra, é analisar o material. Para isso é possível utilizar técnicas eficientes de análise, como a técnica termoanalítica, onde a principal informação obtida é a identidade do polímero.

Usando produtos de decomposição térmica sob uma atmosfera inerte, essa técnica é denominada de pirolise, onde o microplástico, ao ser aquecido, passa por transformações físico-químicas.

Outrossim, é importante entender que não existe melhor técnica de análise de microplásticos, mas sim a mais adequada para a captação do resultado específico desejado. Entretanto, a técnica mais avançada e eficaz para os diferentes tipos de análise, é a espectroscopia infravermelha. Essa técnica analisa a interação do polímero com a radiação eletromagnética. Uma vez que se obtêm o espectro emitido pela amostra a partir da absorção da radiação, interpretando esses dados através de duas medidas principais, a transmitância e reflectância, é possível determinar cada material presente na amostra analisada, em virtude que cada material reage à luz de maneira completamente individual e característica. Ou seja, o espectro emitido por um material funciona tal qual uma impressão digital.

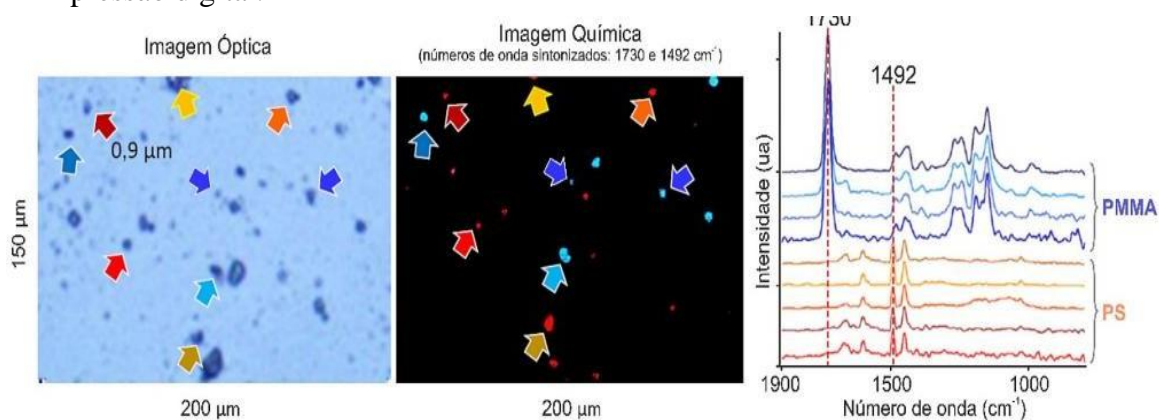


Figura 2: Na figura é possível observar uma imagem óptica e química além de um gráfico com às relaciona. Nas imagens captadas pelo espectrofotômetro os pontos coloridos são substâncias dentro de um corpo hídrico, já o gráfico mostra a relação das cores dos pontos e a intensidade necessária para captar cada substância. Portanto, entende-se que quanto menor a substância maior a intensidade necessária para ser possível observa-la.

A espectroscopia estuda essas interações, entre a luz (radiação eletromagnética) e a matéria (SKOOG et al., 2014). Ela surge no século XVII, descoberta por Isaac Newton, que primeiro usou a palavra “espectro” para definir as cores do arco íris, emitidas do prisma que, por sua vez, decompunha a luz branca. Em 1800, William Herschel descobre a radiação infravermelha ao observar que termômetros colocados além da luz vermelha se aqueciam, indicando a presença de radiação invisível (KUTZ, 2005). Logo em 1801, Johann Ritter identifica a radiação ultravioleta ao notar que o cloreto de prata escurecia mais rapidamente, além da extremidade violeta do espectro visível. Em 1814, Joseph von Fraunhofer aperfeiçoa o espectroscópio e descobre centenas de linhas escuras no espectro solar, nomeadas linhas de Fraunhofer.

A próxima descoberta ocorre em 1859, quando Gustavo Kirchhoff e Robert Bunsen estabelecem que cada elemento químico possui um espectro único de emissão e absorção, permitindo a identificação de elementos desconhecidos. A partir disso, eles descobrem também o cézio e o rubídio utilizando espectroscopia (BALL, 2001). No ano de 1895,

Wilhelm Röntgen descobre os raios X, uma forma de radiação eletromagnética, ampliando o espectro conhecido e abrindo caminho para a espectroscopia de raios X; e em 1928, C.V. Raman observa o efeito que nomeia de Raman, um tipo de espalhamento inelástico de luz, permitindo a análise de estruturas moleculares.

A interação da radiação eletromagnética com a matéria provoca alterações nos estados de energia dos átomos e moléculas, à medida que estes absorvem ou emitem energia (Exemplos disso incluem o efeito fotoelétrico e a excitação vibracional e eletrônica) (ATKINS, 2011). Essas agitações geram respostas únicas; como exemplificado anteriormente com o funcionamento de uma impressão digital; e por cada uma dessas reações terem diferentes comprimentos de onda, se torna possível identificar os componentes da estrutura química da amostra.

Abordando três diferentes técnicas de espectroscopia; A espectroscopia UV/Vis é uma técnica utilizada para investigar como a luz ultravioleta (UV) e visível (Vis) interage com as substâncias químicas, fornecendo dados quantitativos e qualitativos sobre a composição e concentração da amostra (SKOOG et al., 2014); A espectroscopia de absorção atômica (AAS) é uma técnica amplamente empregada para quantificar os metais traço, baseada na absorção de radiação por átomos em estado gasoso, os átomos, gerados por meio de processos de atomização em chama ou forno de grafite, absorvem radiação em comprimentos de onda específicos, emitida por uma lâmpada de cátodo oco (SKOOG et al., 2014). A intensidade da absorção, registrada e medida por um detector, é proporcional à concentração do analito, conforme a Lei de Beer-Lambert (HARRIS, 2010). Devido à sua alta sensibilidade e seletividade, a AAS tem ampla aplicação em análises ambientais, clínicas e industriais (HOLME; PECK, 2018); a espectroscopia de infravermelho (FTIR) é um tipo de espectroscopia em que a energia absorvida se situa na região do infravermelho do espectro eletromagnético, pois, segundo Kumar et al. (2025, p. 2), “a espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier opera com base no princípio de que as moléculas absorvem luz infravermelha em frequências específicas, que correspondem aos modos vibracionais de suas ligações químicas”.

Tendo em mente que a espectroscopia é uma técnica que avalia tanto a concentração quanto a quantidade de uma substância específica, pode-se utilizá-la para identificar a presença de microplásticos em amostras de água, portanto se torna essencial compreender as técnicas adequadas de coleta de água, assim como ressalta Andrades et al., 2021 “a contaminação é um problema crítico na pesquisa de microplásticos. Durante a coleta e o processamento de amostras, há grandes chances de contaminação por deposição atmosférica, equipamentos, vidrarias e vestimentas, devendo-se empregar vidrarias e equipamentos de metal livres de contaminação, lavados com água Milli-Q e etanol antes e depois de cada uso”. Portanto, os microplásticos são analitos suscetíveis a contaminações e suas amostras podem ser facilmente comprometidas, se não forem armazenadas adequadamente. Para garantir a integridade das amostras de água destinadas à essa análise específica, é de suma importância seguir as orientações de coleta, transporte, armazenamento e manuseio das mesmas, segundo a CETESB (2012, p. 51):

“Verificar a limpeza dos frascos e dos demais materiais e equipamentos que serão utilizados para coleta (baldes, garrafas, pipetas etc.); Empregar somente os frascos e as

preservações recomendadas para cada tipo de determinação, verificando se os frascos e reagentes para preservação estão adequados e dentro do prazo de validade para uso. Em caso de dúvida, substitui-los; Certificar-se que a parte interna dos frascos, assim como as tampas e batoques, não sejam tocadas com a mão ou fiquem expostas ao pó, fumaça e outras impurezas [...] É importante, portanto, que os técnicos responsáveis pela coleta de amostras [...] utilizem uniformes e EPI adequados para cada tipo de amostragem (avental, luva cirúrgica ou de borracha de látex, óculos de proteção, entre outros), sempre observando e obedecendo às orientações de cada local ou ambiente onde será realizada a amostragem.”

Este artigo se delimita em métodos Raman e FTIR, por se tratar de dispositivos que nos informará dados referentes à incidência de microplásticos, ou seja, ambos são métodos que se alinham com os objetivos do estudo, alcançando resultados que serão pertinentes para esta pesquisa. As espectroscopias de FTIR e Raman podem ser utilizadas como métodos de identificação de microplásticos presentes em corpos d’água. Através da espectroscopia infravermelha (FTIR), pode-se identificar moléculas de polímeros provenientes das fibras sintéticas, especificando sua frequência de rotação ou vibração a depender dos seus níveis de energia (HOUCK, 2009).

O estudo de identificação e caracterização química consistiu na aplicação da espectroscopia FTIR para a análise dos grupos funcionais, e em complementação a espectroscopia Raman por ser uma técnica essencialmente microscópica que apresenta limite de difração bem menor que aquele alcançado pelo FTIR e possui bandas estreitas que facilitam a caracterização química (Montagner et al., 2021). Portanto, pode-se ser utilizado os dois tipos de espectroscopia com a finalidade de obter dados físicos e químicos com mais precisão (BACK, Henrique, 2020).

Pode-se observar que as frequências mantidas correspondem em geral aos picos característicos dos polímeros em questão. Para alguns polímeros, frequências do espectro que foram mantidas contém apenas ruído, porém as mesmas frequências são características de outros polímeros. Essa diferença permite que os algoritmos de classificação façam distinções entre as classes, mas sem a necessidade de incluir frequências que não são relevantes para a caracterização de nenhuma delas, dessa forma, reduzindo o tempo necessário para a computação dos modelos e possivelmente melhorando sua acurácia (BACK, 2020).

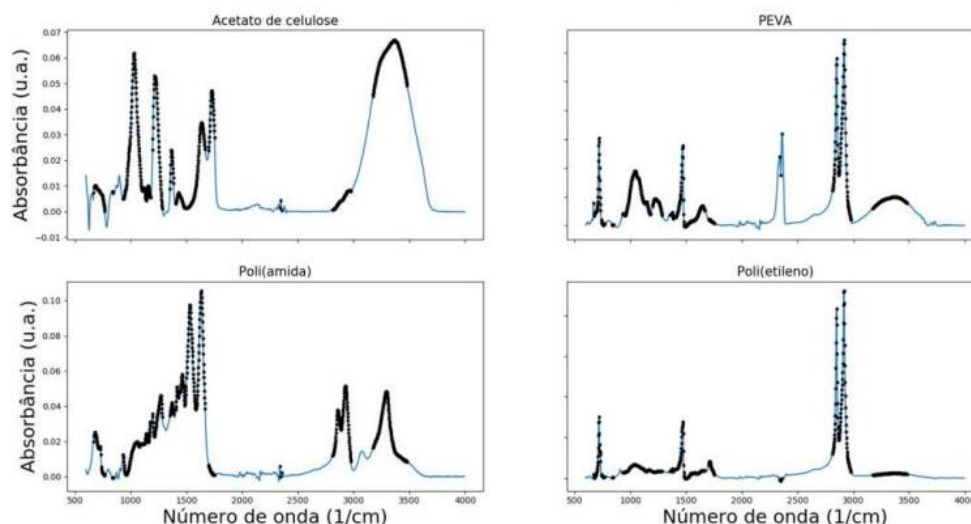


Figura 3: Na figura acima, informa três tipos de diferentes de polímeros que foram analisados pela espectroscopia FTIR como exemplo de análise. Na figura, mostra-se o número de ondas de cada substância, onde as ondas azuis são espectros originais, e as pretas são espectros filtrados de cada polímero.

Na imagem acima pode-se afirmar resultados de uma análise feita com equipamento de FTIR com amostras de água do Mar Mediterrâneo, evidenciando a presença de Acetato de celulose, PEVA, Poli(amida), e Polietileno, obtendo os resultados na análise feita pela espectroscopia. Resultados assim nos mostram precisão e composição química de cada amostra posta para análise, sendo possível obter dados estruturados se analisados de forma correta, sendo de uma maneira que não necessite de grandes investimentos, e não causando grandes impactos no ambiente aquático, requeirindo apenas a remoção de pequenas amostras de água do corpo hídrico que irá ser analisado.

Cubatão é um município que passou por um intenso processo de industrialização entre as décadas de 1950 e 1980, período esse que lhe rendeu o título de “Vale da Morte”. Posteriormente, com a implantação do Programa de Controle de Poluição (1983), foram observados avanços significativos em relação à recuperação ambiental da cidade, o que lhe rendeu, nos dias atuais, o título de cidade símbolo de recuperação ambiental pela ONU. A história ambiental do município é um lembrete vívido da necessidade de investimentos em tecnologias e educação ambiental, em razão disso, pode-se apontar que Cubatão em especial, deve estar sob monitoramento ambiental e vigília constante para que não revise o passado.

### III. CONCLUSÃO

Portanto, a espectroscopia de FTIR e Raman pode-se ter como utilidade, a análise precisa de amostras de rios e investigação de microplásticos em corpos d’água, avaliando parâmetros de qualidade com a finalidade de melhoria na saúde pública. A espectroscopia é um método que informa rapidez e competência, sendo uma forma sustentável e prática de evidenciar resultados seguros e contundentes na identificação da incidência de microplásticos.



Essa pesquisa se mostra válida por questões anteriormente experienciadas na cidade de Cubatão-SP, sendo seu histórico de intensa industrialização entre as décadas de 60 e 70, um fator decisivo na relevância do monitoramento ambiental da cidade. É necessário visar a mitigação de tais mazelas poluidoras tanto do ar, quanto dos corpos hídricos da cidade, que se mostra como foco desse trabalho no quesito de microplásticos encontrados em rios. Em razão disso, a espectroscopia se mostra como um modelo ideal de equipamento analítico para fins de conservação intensiva dos ecossistemas da cidade. Em suma, é necessário um base firme de investimentos na área ambiental para uma melhoria do meio ambiente como esse artigo sugere.

#### IV. REFERÊNCIAS

ANDRADES, R. et al. Microplastics: An overview on separation, identification and characterization of microplastics. [em linha]. Disponível em: ScienceDirect. Destaca a criticidade da contaminação durante coleta e processamento de amostras. Acesso em: 09/07/2025.

ATKINS, Peter; DE PAULA, Julio. Físico-química. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BALL, Philip. Bright Earth: Art and the Invention of Color. Chicago: University of Chicago Press, 2001. Acesso em: 20/07/2025.

BILA, Daniele Maia, et al. Desafios analíticos na detecção de microplásticos em amostras de água: uma abordagem integrada de microscopia de fluorescência e espectroscopia de infravermelho. Acesso em: 19/05/2025.

CARVALHO, K.; WIDMER, W.; LIRA, C. Metodologias para Quantificação de Microplásticos nas Águas do rio Cubatão do Sul, Palhoça - Santa Catarina. Estrabão, v. 2, p. 210–219, 2021. Acesso em: 19/05/2025.

CETESB. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos. São Paulo: CETESB, 2011. Disponível em:

[https://www.clean.com.br/downloads/Guia\\_Nacional\\_de\\_Coleta\\_e\\_Preservacao\\_de\\_Amostras\\_.pdf](https://www.clean.com.br/downloads/Guia_Nacional_de_Coleta_e_Preservacao_de_Amostras_.pdf). Acesso em: 07/07/2025.

HARRIS, Daniel C. Análise química quantitativa. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. Acesso em: 24/08/2025.

HOLLAS, J. Michael. Modern Spectroscopy. 4. ed. Chichester: Wiley, 2004. Acesso em: 25/07/2025.

KUMAR, P. et al. Fourier–Transform Infrared Spectroscopy: Principles and Applications. *Molecules*, v. 30, n. 3, p. 684, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules30030684>. Disponível em: 09/07/2025.

KUTZ, Myer. Standard Handbook of Biomedical Engineering and Design. New York: McGrawHill, 2005. Acesso em: 26/08/2025.

LEITE, Daniel Ferrari. Análise de metodologias de detecção de microplásticos nas águas do Rio Paraíba do Sul, no município de Guaratinguetá – SP. Acesso em: 19/05/2025.

MARIN, Eder. Espectroscopia de infravermelho e suas aplicações. Acesso em: 20/08/2025.

POMPÊO, Marcelo, et al. Microplástico nos ecossistemas: impacto e soluções. Acesso em: 29/09/2025.

PUGA, Adriana. Poluição, Meio Ambiente e Saúde: a Questão dos Plásticos e Microplástico. Acesso em: 19/06/2025.

SAMMON, C.; Yarwood, J.; Overall, N. A FTIR–ATR study of liquid diffusion processes in PET films: comparison of water with simple alcohols. *Polymer*, (mar. 2000), p. 2521–2534. doi:10.1016/S0032-3861(99)00405-X. Disponível em: 09/07/2025.

SKOOG, Douglas A. et al. Princípios de análise instrumental. 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. Acesso em: 10/10/2025.