

Ecologia e poluição: a atuação do Laboratório de Radioisótopos nos corpos hídricos fluminenses (décadas de 1970 a 2000)

Ecology and pollution: the work of the Radioisotope Laboratory in the water bodies of Rio de Janeiro (1970s to 2000s)

Jorge Tibilletti de Lara | Fundação Oswaldo Cruz

jorge.tibilletti@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1441-3362>

RESUMO Este artigo analisa a atuação de cientistas ligados ao Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro em corpos hídricos fluminenses. Entre as décadas de 1970 e 2000, esses pesquisadores estabeleceram diferentes agendas de pesquisas ecológicas tendo como recorte espacial rios, baías e enseadas da costa do Rio de Janeiro, constituindo, com isso, alguns dos primeiros trabalhos de ecologia de ecossistemas do Brasil. O texto dará atenção à formação e transformações desses estudos ecossistêmicos, a partir do histórico de pesquisas de um grupo específico de cientistas, que abrange, entretanto, um amplo conjunto de derivações de agendas, grupos, métodos e objetos de pesquisa. O argumento é de que, ao analisar em perspectiva as atividades do Laboratório de Radioisótopos nos ecossistemas aquáticos onde trabalharam durante pelo menos três décadas, é possível perceber o desenvolvimento de uma nova área do conhecimento por meio de alguns demarcadores, como o estudo da água, a incorporação de radioisótopos, o papel de organismos e elementos abióticos, e a articulação de cientistas frente a demandas políticas e ambientais.

Palavras-chave radioisótopos – ecologia – ecossistemas aquáticos – metais pesados.

ABSTRACT *This article analyzes the work of scientists linked to the Radioisotope Laboratory of the Institute of Biophysics of the Universidade Federal do Rio de Janeiro in water bodies in Rio de Janeiro. Between the 1970s and 2000s, these researchers established different ecological research agendas using rivers, bays and coves on the coast of Rio de Janeiro as their spatial focus, thus constituting some of the first works on ecosystem ecology in Brazil. The text will pay attention to the formation and transformations of these ecosystem studies, based on the research history of a specific group of scientists, which covers, however, a wide set of derivations of agendas, groups, methods, and research objects. The argument is that, when analyzing in perspective the activities of the Radioisotope Laboratory in the aquatic ecosystems where they worked for at least three decades, it is possible to perceive the development of a new area of knowledge through some demarcations, such as the study of water, the incorporation of radioisotopes, the role of organisms and abiotic elements, and the articulation of scientists in the face of political and environmental demands.*

Keywords *radioisotopes – ecology – aquatic ecosystems – heavy metals.*

Introdução¹

Este artigo tem como objetivo analisar a atuação de cientistas ligados ao Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ),² em corpos de água da região do Rio de Janeiro. Entre 1970 e os anos 2000, esses pesquisadores estabeleceram diferentes agendas de pesquisas ecológicas tendo como recorte espacial rios, baías e enseadas da costa fluminense, constituindo, com isso, alguns dos primeiros trabalhos de ecologia de ecossistemas do Brasil. O texto a seguir dará atenção à formação e às transformações desses estudos ecossistêmicos, utilizando um recorte temporal e institucional específico, que abrange um amplo conjunto de derivações de agendas e grupos de pesquisa e subsidia entender o desenvolvimento dessa área do conhecimento por meio de alguns demarcadores, como o estudo da água, a incorporação de radioisótopos, a contaminação por metais pesados, o papel da biota e de outros elementos não humanos, e a relação entre ciências e demandas ambientais.

Vários trabalhos compõem uma historiografia da ecologia, que, ao menos desde a década de 1980, se debruça sobre o processo histórico de constituição da ecologia como ciência, o que leva, quase sempre, a um debate sobre o seu marco zero entre Aristóteles, na Antiguidade, a geografia das plantas de Carl von Linné, no século XVIII, e o século XX. Talvez, mais dinâmico que esse debate, sejam as diferentes tentativas de situar a ecologia entre o pensamento ambiental mais alargado e o estabelecimento institucional, epistemológico e político desta como disciplina acadêmica no século XX (Bramwell, 1989; Acot, 1990; Deléage, 1991; Drouin, 1993). No Brasil, trabalhos como o de Fernandes (2016) apresentaram um primeiro esforço de sistematizar possíveis caminhos para uma história da ecologia no país, entre as décadas de 1940 e 1970, a partir de instituições como o Instituto Oswaldo Cruz (IOC) e o Museu Nacional. Outros estudos como o de Silva e Sá (2019), sobre a atuação do biólogo alemão Harald Sioli na região amazônica na década de 1950, pesquisando a esquistossomose a partir de uma perspectiva ecológica, também dialogam com discussões em torno da história da ecologia como ciência, ainda que não adentrem o tema da história de sua conformação.

Assim, neste texto, além de tentar dar uma contribuição sobre algo praticamente ainda não estudado, como a formação de uma nova ecologia (ecossistêmica) no Brasil pós-década de 1970, balizada por instrumentos específicos e metodologias multidisciplinares, outro ponto a ser trabalhado é a identificação dos elementos que estão presentes nessa história, além da esfera institucional e humana.

Nos anos seguintes ao fim da Segunda Guerra Mundial, pesquisas ecológicas inovadoras foram conduzidas por Evelyn Hutchinson (1903-1991) e seus colaboradores sob os auspícios da Atomic Energy Commission (AEC), nos Estados Unidos. Com a emergência de novos objetos disponíveis para a ciência, como os radioisótopos, subprodutos do Projeto Manhattan, seu uso pelos ecólogos que orbitavam as também novas agências nucleares favoreceu estudos sobre

1 Este trabalho é derivado da tese de doutorado *Radioisótopos, ciências da vida e ecologia no Brasil (1949-2007)*, defendida em abril de 2024 no Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e da Saúde, da Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz, sob orientação de André Felipe Cândido da Silva e financiada com bolsa Nota 10 da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

2 Na década de 2000, o Laboratório de Radioisótopos se dividiu em Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca e Laboratório de Traçadores em Ciências Ambientais Wolfgang Christian Pfeiffer. No processo entre a década de 1970 e o final do recorte deste artigo, o Instituto de Biofísica também se tornou Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF).

as consequências ambientais de contaminantes radioativos, contribuindo para a formação de agendas de pesquisa na nascente ecologia de ecossistemas. Assim, os radioisótopos se tornaram “poluentes-modelo” para detectar outros contaminantes ambientais não radioativos, como os produtos químicos sintéticos, e para visualizar o trânsito e a ciclagem de nutrientes em diferentes comunidades biológicas (Creager, 2013).

Já no final dos anos 1960, o laboratório nacional de Oak Ridge possuía um dos maiores programas de pesquisa em ecossistemas dos Estados Unidos (Bocking, 1995). Se nos EUA essas pesquisas iniciaram na década de 1950 e alguns anos depois já apresentavam grande envergadura, no Brasil, o trabalho envolvendo o que no Instituto de Biofísica da Universidade do Brasil (hoje IBCCF/UFRJ) chamou-se, a partir da década de 1960, de biofísica ambiental, vai se desenvolver em outro tempo, e com muitas outras especificidades. Apesar disso, existe uma semelhança entre a constituição de um amplo programa de ecologia de ecossistemas nos EUA, marcado profundamente pela incorporação da questão nuclear, seja em termos institucionais, políticos, práticos ou epistemológicos, e a formação de estudos ecossistêmicos no Brasil. Ou seja, a energia nuclear, de modo geral, e os radioisótopos, como objetos tecnológicos e instrumentos técnicos específicos, constituem-se como os demarcadores mais basilares do desenvolvimento histórico da ecologia de ecossistemas no Brasil, como veremos. Caminhando, entretanto, para períodos mais afastados do contexto de efervescência nuclear, que teve seu auge entre as décadas de 1950 e 1960, será possível vislumbrar outros aspectos fundamentais na ecossistemologia formada em território brasileiro, como por exemplo a preocupação em entender e, talvez, contribuir para a intervenção no problema da poluição ambiental dos corpos hídricos fluminenses, ou então a questão do garimpo e do mercúrio na Amazônia, desdobramento das agendas do grupo do Laboratório de Radioisótopos que não será possível abordar neste artigo.

Como pano de fundo dessa história, tem-se uma questão constitutiva dos debates historiográficos sobre ecologia, e colocada por Bocking (1995), que estudou a relação entre ecologia e proteção ambiental a partir da atuação dos ecólogos de Oak Ridge: a ecologia, como disciplina científica, deve fornecer base científica para a proteção do ambiente? No caso trabalhado por Bocking (1995), o autor concluiu que a relação da ciência da ecologia com as preocupações ambientais envolveu, dentre outras coisas, um esforço de ecólogos em defender a relevância prática de suas pesquisas para justificar um aumento de financiamento. De modo semelhante, Lindseth (2013) também analisou a relação entre ecologia e sociedade. Em seu estudo, o autor mostrou que os ecólogos eram úteis para o esforço da AEC em gerenciar o problema da precipitação radioativa, ao mesmo tempo em que conseguiam desenvolver seus próprios interesses de pesquisa. Analisando também a relação de ecólogos com o emergente movimento ambientalista, Lindseth argumenta que esses cientistas possuíam posições distintas, e muitas vezes desafiaram as normas de “neutralidade”, desde o século XIX associadas ao trabalho acadêmico em disciplinas especializadas, enfrentando, com isso, desafios à sua autonomia profissional e epistemológica.

Apesar de este trabalho corroborar o que já foi escrito, em especial sobre a formação e natureza da ecologia de ecossistemas a partir de meados do século XX, a formação de uma ecologia de ecossistemas em território brasileiro, bem como a das novas identidades profissionais decorrentes, será entendida como resultado não só de uma dinâmica de interdependência entre demandas institucionais e grupos de cientistas, mas como consequência de interações mais amplas entre múltiplos agentes (cientistas, peixes, radioisótopos, metais pesados, corpos de água). Para isso, utilizarei no desenvolvimento deste texto, tanto o conceito de sistemas experimentais, de Rheinberger (1992), para descrever o *modus operandi* das agendas de pesquisas

ecossistêmicas estudadas, como também a noção de agenciamento material recíproco de Maia (2017), tencionando estabelecer uma interpretação também ecológica da história da ecologia. Esses dois conceitos conversam no sentido de que, para Rheinberger (1992), a ciência se faz a partir de unidades básicas de experimentação, que formam sistemas nos quais diferentes elementos circulam, como objetos tecnológicos e epistêmicos. Nesses sistemas, é possível, já a partir de Maia (2017), perceber a existência de agenciamentos entre coisas não humanas e cientistas, que se afetam e transformam experiência em sentido.

Ou seja, se a história da ecologia não deve ser entendida como algo meramente acadêmico, mas como resultado de intrincadas relações e tensões entre políticos, movimentos sociais e cientistas, este trabalho também considera que outros tipos de interações ocorreram na conformação da disciplina ecológica no Brasil, desempenhando um papel a ser apontado em seu desenvolvimento histórico. Assim, por exemplo, se a demanda energética dos governos militares levou ao acordo teuto-brasileiro de 1975, que resultou na construção da usina nuclear Angra 1, e que, por sua vez, foi um evento propulsor para alguns dos primeiros ensaios de radioecologia e ecossistemologia no Brasil, por outro lado, as interações específicas entre radioisótopos e certos tipos de algas e peixes que habitavam a região marinha, monitorada pelos cientistas do projeto, também merecem atenção nessa história. Nesse sentido, este texto argumenta que seria insuficiente, ou ao menos incompleto, apontar somente as relações entre política e ciência na formação da ecologia brasileira, e que, desse modo, radioisótopos, metais pesados, biota e corpos d'água também determinaram a natureza e a transformação de novos conhecimentos sobre o meio ambiente brasileiro. Assim, nos sistemas experimentais criados pelos ecólogos, os cientistas e políticos são apenas parte dos elementos, habitando em conjunto, a favor ou contra a sua vontade, com outros seres e objetos.

O caminho do texto a seguir será, primeiramente, introduzir alguns aspectos ligados ao surgimento e às primeiras atividades do Laboratório de Radioisótopos do IBCCF. Depois, será apresentada uma análise sobre a atuação de cientistas do laboratório nos trabalhos de monitoração ambiental da primeira usina nuclear de Angra dos Reis, a partir da década de 1970, e a transformação desses trabalhos em novos projetos de pesquisa. O desdobramento desses trabalhos ligados à questão nuclear em outras agendas, como o estudo da contaminação industrial por metais pesados, o papel de elementos não humanos, além da relação entre cientistas e políticos em torno da questão ambiental, também serão aspectos examinados. Por fim, se tentará demonstrar como o estudo da água e suas transformações ao longo de algumas décadas, bem como a presença de demarcadores como a radiação, os metais pesados e alguns organismos, podem ser apontados como elementos-chave na constituição de uma ecologia de ecossistemas brasileira, a partir, é claro, da experiência do Laboratório de Radioisótopos do IBCCF. A documentação analisada envolve desde memoriais públicos de cientistas, artigos científicos, teses, notícias de jornais, correspondências institucionais e depoimentos orais.

O Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica e a “biofísica ambiental”

Em 1956, foi criado o Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica, na Universidade do Brasil (hoje UFRJ). A coordenação de suas atividades ficou a cargo do jovem químico Eduardo Penna Franca (1927-2007), técnico do IOC que havia treinado, de 1953 a 1955, a aplicação de

radioisótopos em biologia nos principais laboratórios norte-americanos. Respondendo a uma demanda do próprio diretor do Instituto de Biofísica, Carlos Chagas Filho (1910-2000), que, por sua vez, encontrava-se alinhado com o que a ciência estava produzindo em nível global e do CNPq – órgão nacional que, nesse contexto, estava voltado para a questão nuclear –, o Laboratório de Radioisótopos teve uma função inicialmente protocolar, porém, articuladora. Isso significa que Eduardo Penna Franca colaborava com diferentes projetos de pesquisa do instituto e de fora, utilizando técnicas radioativas em inúmeros objetos de pesquisa. No início da década de 1960, porém, a emergência de preocupações de cientistas e agências, como a United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), com as possíveis consequências dos inúmeros testes nucleares que estavam ocorrendo desde a década de 1950, contribuiu para o surgimento do primeiro programa específico de pesquisa do Laboratório de Radioisótopos. Assim, em colaboração com físicos da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), os padres Francisco Roser e Thomas Cullen e o cientista da New York University, Merrill Eisenbud, um grande projeto foi desenvolvido, entre 1961 e 1975, nas regiões brasileiras de elevada radioatividade natural (Eisenbud, 1990).

De acordo com Penna Franca (1992), no Brasil existiam dois tipos de regiões com radioatividade natural num nível elevado. Essas regiões apresentavam solos ricos em minerais, e continham tório e urânio. Uma delas é a região de areias monazíticas, que se estende pela costa dos estados do Rio de Janeiro, Espírito Santo até o sul da Bahia; a outra região é a dos intrusivos vulcânicos, que ocorrem no estado de Minas Gerais. O Instituto de Física da PUC-Rio fez os levantamentos dos níveis de radiação externa em ruas, casas e nas praias de Guarapari-Meaípe (ES), e nas fazendas das regiões de Araxá-Tapira e Morro do Ferro (MG). O New York University Medical Center trabalhou nas medidas dosimétricas em plantas e animais, estudou a patologia de animais da região do Morro do Ferro, e fez o treinamento de pesquisadores brasileiros em laboratórios da própria universidade de Nova York. Por sua vez, o Laboratório de Radioisótopos estabeleceu as medidas das concentrações de radionuclídeos na água, em alimentos e no corpo humano, tanto em Guarapari e na vila de Meaípe, quanto em Araxá e na vila Tapira. Além disso, um amplo levantamento da flora e da fauna do Morro do Ferro foi realizado e, já na parte final do projeto, o grupo de Penna Franca operou também um levantamento citogenético da população de Guarapari e Meaípe (Franca, 1992).

Após um longo período de trabalho com radioatividade natural, tema que acabou virando, dentre outras coisas, sua tese de doutoramento (Franca, 1968), Penna Franca passou a coordenar outro grande projeto. De 1974 a 1979, com a participação de pesquisadores do Laboratório de Radioisótopos e de outras instituições, formou-se um corpo de especialistas para prestar assessoria à Furnas Centrais Elétricas S.A., empresa responsável pelas etapas do licenciamento ambiental necessário para a construção da primeira usina nuclear de Angra dos Reis (RJ). Embora a experiência de anos com o programa de pesquisas em Guarapari-Meaípe e Araxá-Tapira tenha fornecido subsídios para que o grupo do laboratório, incluindo Penna Franca, conseguisse realizar outros trabalhos tais como o feito em Angra 1, com uma série de etapas complexas envolvendo um evento de grande risco ambiental que é a instalação de uma usina nuclear, constituído por processo rigoroso que segue estritamente regras e normas específicas, foi apenas após esse exaustivo trabalho que Penna Franca passou a se “considerar um especialista no setor” (Franca, 1992, p. 68). Apesar de ser difícil definir esses trabalhos apenas como ecologia de ecossistemas, trata-se de agendas de pesquisas radioecológicas que tiveram, em última instância, uma relação direta com o desenvolvimento de novas linhas de pesquisa surgidas dentro do próprio Laboratório de Radioisótopos do IBCCF.

Semelhante a Penna Franca, Wolfgang Christian Pfeiffer (1942-2017) teve um papel importante na coordenação de novas agendas de pesquisa no Laboratório de Radioisótopos. Formado em farmácia e bioquímica pela Escola Federal de Ouro Preto (MG) (hoje Universidade Federal de Ouro Preto – Ufop), Pfeiffer ingressou no Instituto de Biofísica em 1968, no qual permaneceu pelo resto da vida. Em seu início de carreira, o cientista teve participação nos primeiros projetos do laboratório de Penna Franca, como os estudos de radioatividade natural, e trabalhou também nos estudos de Angra 1. Apesar disso, Pfeiffer buscou estabelecer outras linhas de investigação, que acabaram por produzir mudanças significativas a partir da década de 1970 nas atividades daquele grupo. Essa “nova fase” do laboratório, assim, é marcada, sobretudo, pela “conversão” do aparato de técnicas nucleares para o estudo de objetos “estáveis”, em especial os metais pesados e sua contaminação em diferentes ecossistemas brasileiros, culminando na consolidação de uma nova geração de pesquisadores que levaram à constituição, no Laboratório de Radioisótopos do Instituto de Biofísica e em outros laboratórios associados, de estudos de ecossistemas no Brasil.

Esses estudos, como veremos, não podem ser definidos apenas como biofísica ambiental, radioecologia, ecotoxicologia, ecossistemologia, ecologia de ecossistemas ou ecologia aplicada. Trata-se, na verdade, de estudos ecossistêmicos que, congregando elementos de todas essas disciplinas, tiveram como marca o histórico de aplicação de radioisótopos nas ciências da vida, o encontro de jovens biólogos com aparatos e técnicas da física e da química, e a busca por mapear a trajetória ambiental de diferentes poluentes. Assim, a virada para os estudos com metais pesados envolveu o mesmo arcabouço construído por Penna Franca no laboratório, mas a partir de novos elementos, como os corpos hídricos fluminenses, e o arrefecimento do interesse pela energia nuclear.

Da radiação aos metais pesados: o estudo dos ecossistemas aquáticos da costa fluminense

Apesar de se inserir rapidamente na dinâmica do Laboratório de Radioisótopos, Pfeiffer buscou construir caminhos próprios a partir de ferramentas já existentes ali. Em 1972, Pfeiffer defendeu a tese *Análise por ativação de flúor e estrôncio em material biológico com fótons de alta energia*, na qual já é possível visualizar sua tentativa de se envolver, a partir de seu trabalho, com discussões do contexto, como o tema das cáries e da fluoretação da água. Em paralelo a sua tese de doutorado, os primeiros anos de Pfeiffer no Laboratório de Radioisótopos foram marcados por trabalhos relacionados ao projeto de pesquisa sobre radioatividade natural e aos procedimentos pré-operacionais de Angra 1. Essas duas grandes agendas de pesquisa constituíram as principais atividades do laboratório sob o comando de Penna Franca e, aos poucos, dariam lugar a novas linhas de trabalho. Em 1972, no mesmo ano em que Pfeiffer terminou sua tese, Carlos Costa Ribeiro, outro pesquisador ligado ao Laboratório, também retornou de seu doutorado na School of Engineering and Sciences, da New York University, trazendo alguns modelos de uma câmara de ionização pressurizada e um analisador multicanal, contendo um detector de iodeto de sódio, aparelhos desenvolvidos pela Health and Safety Laboratory (Hasl) da AEC. Essas máquinas serviam para medir doses de exposição às radiações naturais, e impulsionaram o grupo de Penna Franca a refazer as medições inicialmente feitas pelos padres físicos da PUC-Rio, Roser e Cullen, no início do projeto. As novas medições constataram que as

anteriores se mantiveram coerentes. As pesquisas de Pfeiffer e Costa Ribeiro também confirmaram as suspeitas já existentes de que uma das principais fontes de exposição radioativa da população se dava por inalação de radônio (Pfeiffer, 1994).

De acordo com Pfeiffer (1994), esses trabalhos foram continuados e ampliados para as regiões de Itaorna, em Angra dos Reis-RJ, para a instalação do primeiro reator de potência, de Poços de Caldas (MG), na primeira mina de urânio do Brasil, e na região de Resende (RJ), devido à instalação de uma fábrica de elementos combustíveis (Pfeiffer et al., 1981). Além da expansão dessas metodologias de medição das taxas radioativas em diferentes locais, a relação de trabalho com indústrias e contaminação também foi algo que, a partir desses projetos, se constituiria de forma contínua no escopo do Laboratório de Radioisótopos. Nos trabalhos em Angra 1, a fim de conhecer o comportamento dos prováveis elementos radioativos que seriam liberados nos efluentes do reator, uma das atividades pré-operacionais principais consistia em conhecer o comportamento dos elementos homólogos estáveis. Esse trabalho só foi possível devido à utilização de um espectrômetro doado pelo Instituto de Pesquisa da Marinha do Brasil (IPqM). A relação, assim, entre o trabalho metodológico com elementos radioativos e elementos não radioativos (como os homólogos), chamados de elementos traços, os metais pesados, começou a ser estabelecida a partir desses trabalhos.

Inicialmente formados por um pequeno grupo de pesquisadores, dentre eles Wolfgang Christian Pfeiffer, Carlos Costa Ribeiro, Helena Arruda Trindade e Marlene Fizman, começavam então os projetos de pesquisa com metais pesados no IBCCF. Enquanto Carlos Costa Ribeiro coordenava um projeto visando o estudo da poluição atmosférica na cidade do Rio de Janeiro,³ utilizando metais pesados como traçadores de possíveis fontes antropogênicas, Wolfgang Pfeiffer iniciou seu próprio projeto, passando a estudar a poluição, também por metais pesados, dos sistemas hídricos da mesma região (Pfeiffer, 1994). De acordo com o memorial de Wolfgang Pfeiffer (1994), o tema dos metais pesados nos ecossistemas aquáticos era muito pouco conhecido quando os trabalhos do grupo se iniciaram. Situado no Rio de Janeiro, o grupo de Pfeiffer escolheu inicialmente a baía da Guanabara como espaço e objeto de suas investigações. Essa escolha era, para Pfeiffer, algo feito “por razões óbvias: a localização, o contato humano e seu uso” (Pfeiffer, 1994, p. 9). Ou seja, assim como no projeto de estudos da poluição atmosférica, coordenado por Costa Ribeiro e depois por Helena Trindade, se buscava uma aproximação do laboratório com problemas de ordem cotidiana, inicialmente bastante ligados à vida urbana na cidade do Rio de Janeiro.

Importante símbolo da cidade do Rio de Janeiro, a gradativa poluição da baía da Guanabara reflete historicamente o rápido crescimento populacional, a urbanização desordenada e a falta de infraestrutura para o tratamento de esgoto e resíduos industriais da região. O lançamento de esgoto não tratado e de produtos químicos resultou em uma degradação acentuada da qualidade da água e dos ecossistemas marinhos. Esse processo passa a ser publicizado de forma mais intensa a partir da década de 1970, o que não significa que antes disso a baía não sofresse com os diversos poluentes e com o impacto de seu uso humano. No verão de 1970, por exemplo, a pauta “baía da Guanabara” seria transformada de forma substancial pelos jornais, com foco para a preocupação com a saúde humana. Uma extensa matéria do jornal *O Globo*, de 7 de janeiro, correlacionava poluição e doença, mostrando detalhadamente dados

3 Não será possível neste artigo analisar o projeto de poluição atmosférica desenvolvido por Carlos Costa Ribeiro e outros pesquisadores ligados ao laboratório.

de substâncias encontradas nas águas da baía, analisadas a mando do próprio jornal por um laboratório particular (Misse Filho e Paiva, 2020).

No projeto coordenado por Pfeiffer, escolheu-se inicialmente trabalhar com a dinâmica do elemento cromo (Cr), “liberado por uma indústria de eletrodeposição, num tributário da Baía de Guanabara, o Rio Irajá” (Pfeiffer, 1994, p. 10). O rio Irajá é um dos vários corpos d’água que desaguam na baía da Guanabara, sendo muitos deles rios de água doce, apesar do volume de águas oceânicas ser superior. Na bacia da baía, se localizava um dos maiores polos industriais do país. Dados da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema) para as décadas de 1980 e 1990, indicam a existência de sete mil indústrias, responsáveis por 25% da poluição orgânica e por quase toda a poluição por substâncias tóxicas, além dos metais pesados. “Em termos de substâncias tóxicas provenientes de efluentes industriais são lançados, diariamente, 22kg de cianetos, 4.200kg de fenóis, 1.800kg de sulfetos e 4.800kg de metais pesados” (Barrocas e Wasserman, 1995, p. 119). Além disso, a região era preenchida por dois portos (Rio de Janeiro e Niterói), dois aeroportos, 15 terminais de petróleo, um intenso tráfego marítimo e uma população “de aproximadamente 7.000.000 de habitantes”, o que contribuía “direta ou indiretamente com esgotos sanitários para a Baía” (Pfeiffer, 1994, p. 13).

Para a execução da pesquisa com o cromo, Pfeiffer integrou à sua equipe o jovem pesquisador Luiz Drude de Lacerda, “como estagiário e depois como aluno de mestrado, biólogo, especialidade esta carente em nosso grupo pois éramos, em grande maioria, químicos, farmacêuticos ou físicos” (Pfeiffer, 1994, p. 10). Em seu depoimento (Lacerda, 22 abr. 2021),⁴ Drude de Lacerda também comenta sobre a praticamente inexistência de biólogos, “muito menos ecólogo, trabalhando lá” no IBCCF. Lacerda não só contribuiu para os trabalhos no novo projeto de pesquisa do laboratório, como também foi um dos principais responsáveis pela sistematização dos novos métodos de pesquisa do grupo, ao fazer uma tese na qual adaptou metodologias de trabalho com energia nuclear para o estudo de metais pesados. Se com Wolfgang Pfeiffer o Laboratório de Radioisótopos adentrou uma nova fase, com Luiz Drude de Lacerda isso, de certa forma, também ocorreu, ao menos como um desdobramento. A necessidade de integrar biólogos ao grupo, para o desenvolvimento dos novos projetos sobre contaminação ambiental, certamente propulsionou novas facetas para o trabalho ali realizado. “Quando eu entrei lá eu fui o primeiro aluno que trabalhou com coisas que não emitiam radiação, porque antes de mim todo mundo trabalhava” (Lacerda, 22 abr. 2021). Os estudos com o cromo no rio Irajá demonstram bem esse diálogo entre química, física, biologia e ecologia. Já em 1979, por exemplo, o grupo publicou na *Revista Brasileira de Biologia* o artigo “O papel de *Paspalum vaginatum* na disponibilidade de cromo para as cadeias alimentares estuarinas” (Lacerda et al., 1979), um estudo que envolvia a ciclagem do cromo, mas também o entendimento da cadeia trófica da região a partir da planta *Paspalum vaginatum*, uma espécie de capim.

O projeto do cromo analisou concentrações desse metal em águas, partículas em suspensão, sedimentos, peixes da espécie *Poecilia reticulata*, plantas das espécies *Paspalum vaginatum*, *Sesuvium portulacastrum* e *Philoxeros vermicularis*, além de solos e crustáceos (*Balanus* sp.). As análises ocorreram de agosto de 1976 a setembro de 1980, em amostras coletadas no rio Irajá e em seu estuário na baía da Guanabara (Pfeiffer et al., 1982). O projeto concluiu que, em média, eram lançados mais de quinhentos quilos de cromo por mês no rio Irajá, sendo esse

4 Esse e outros depoimentos orais citados ao longo deste artigo foram colhidos para a tese de doutorado que dá base ao texto.

metal encontrado principalmente nos sedimentos de fundo e nas partículas em suspensão. Os valores encontrados eram, naquele contexto, os mais altos registrados na literatura sobre o tema. “As concentrações máximas medidas ultrapassam em 10^3 vezes os dados publicados até então” (Pfeiffer, 1994, p. 11). Os pesquisadores concluíram que existia um processo de autodepuração naquele ecossistema, ou seja, uma capacidade de restauração de algumas características ambientais através da decomposição dos poluentes.

Outros dados relevantes obtidos com as pesquisas sobre cromo foram: 1) as partículas em suspensão foram identificadas como o principal transporte do cromo pela baía da Guanabara; 2) os peixes e plantas apresentaram grande capacidade de bioacumulação do metal, retornando este ao meio sob forma de detrito; 3) no estuário, as concentrações de cromo nos solos e plantas apresentaram-se trinta e dez vezes, respectivamente, superiores às da área controle, na baía de Sepetiba; 4) na vegetação, o cromo era, em grande parte, retido pelo material vegetal morto que poderia ser reciclado (Pfeiffer et al., 1980; 1982; Van Weerelt et al., 1984). Semelhante aos trabalhos com radioisótopos e macroalgas em Angra dos Reis, nos estudos com cromo, os crustáceos *Balanus* sp., com seus tecidos moles, apresentavam uma alta concentração do metal, da ordem de 10^3 , podendo servir, nesse sentido, “como excelentes monitores biológicos, além de transferir o metal para as cadeias alimentares superiores” (Pfeiffer, 1994, p. 11; Pfeiffer et al., 1982).

Nesses trabalhos, a baía de Sepetiba emergiu inicialmente como área controle. De acordo com o memorial de Pfeiffer, em pouco tempo as análises dessa região constataram “que esta recebia efluentes de indústrias metalúrgicas e que a entrada dos efluentes industriais era praticamente pontual, assim como a água doce particularmente do Sistema Rio Guandu” (Pfeiffer, 1994, p. 11-12). Desse modo, diferentemente da baía da Guanabara, a baía de Sepetiba possuía, naquele contexto, a maioria de seus ecossistemas naturais preservados, sendo muito utilizada como fonte de pesca. Considerada praticamente “puntiforme” a forma como os efluentes contaminados por metais pesados atingiam as águas da baía de Sepetiba, uma proposta metodológica para estudar os níveis de concentrações e a ciclagem desses elementos foi concebida, sendo, em grande parte, organizada e desenvolvida por Luiz Drude de Lacerda. Refiro-me aqui à chamada Análise de Parâmetros Críticos, uma espécie de adaptação das metodologias e monitoramento ambiental de radioatividade para a análise de metais pesados.

Falando em sentido metafórico, pode-se dizer que a ecologia produzida pelo Laboratório de Radioisótopos após os novos projetos encabeçados por Wolfgang Pfeiffer foi formada pelos grandes afluentes da baía da Guanabara, baía de Sepetiba e do rio Paraíba do Sul. Ou seja, a natureza do que passaria a ser constituído ali envolveu essencialmente a aplicação de uma nova metodologia de pesquisa, qual seja, a análise por parâmetros críticos, e o estudo de diferentes corpos d’água situados na região do estado do Rio de Janeiro. Apesar das contribuições do projeto de poluição atmosférica, o estudo de sistemas aquáticos foi definitivo na formulação das novas práticas científicas daquele grupo, em grande parte pela demanda de trabalho nas instalações nucleares de Angra dos Reis, que desde o início da década de 1970 ocupou algumas das atividades do laboratório. O estudo dos possíveis riscos de efluentes radioativos da usina nuclear para aquele ecossistema marinho gerou grande *expertise* para aqueles cientistas. Devido ao desconhecimento da situação referente aos lançamentos de metais pesados originários de atividades antropogênicas (como as fontes industriais), o contato com a metodologia de trabalho nas usinas nucleares e, ao mesmo tempo, com as novas agendas de pesquisa, fez com que o grupo buscasse “adaptar este modelo para os corpos hídricos do estado do Rio de Janeiro” (Pfeiffer, 1994, p. 12).

De acordo com o depoimento de Drude de Lacerda, a ideia de adaptar a metodologia, usando a análise de parâmetros críticos para examinar a contaminação por metais na baía de Sepetiba, “que era o análogo do que aconteceria em Angra”, havia surgido com Eduardo Penna Franca e Wolfgang Pfeiffer. A construção dessa nova metodologia apresentava, entretanto, alguns desafios, dado o grau de detalhamento do trabalho. O desenvolvimento dessa proposta foi formalmente constituído por um processo rígido e minucioso, sobre o qual Lacerda se debruçou em sua tese de doutorado, realizada entre 1980 e 1983, *Aplicação da metodologia dos parâmetros críticos no estudo da poluição por metais pesados na baía de Sepetiba, RJ* (Lacerda, 1983). O impacto da tese de Lacerda pode ser percebido, por exemplo, no depoimento da também pesquisadora do Laboratório de Radioisótopos Valéria Magalhães: “a tese do Drude [...] foi a única tese que eu vi na vida que foi lida por duzentos e cinquenta milhões de pessoas [...] foi a única. [...] era super manuseada, porque ele pegou uma metodologia que era usada com os radionuclídeos e colocou dentro de uma metodologia de metal pesado” (Magalhães, 12 abr. 2023).

Uma das bases do método era a ideia de “desmembrar” a análise dos poluentes em diferentes objetos, vivos e inanimados, distinguindo os níveis de concentração desses materiais e organismos dos já existentes naturalmente naquele determinado ambiente aquático (*background*). “Na prática, os corpos hídricos a estudar geralmente já se encontram contaminados por vários poluentes provenientes de múltiplas fontes e a aplicação do modelo poderia ser consideravelmente simplificada, quando a concentração dos poluentes potencialmente críticos for mensurável” (Franca et al., 1984, p. 217) nesses elementos distintos do *background*. Daí a importância de se identificar, por exemplo, organismos chamados “biomonitores” ou “bioindicadores”, como os trabalhos do grupo procuravam fazer desde a monitoração ambiental de Angra dos Reis. Nesse sentido, tanto macroalgas, quanto peixes, crustáceos, mexilhões e anêmonas do mar, foram importantes agentes nesse sistema experimental em formação.

O trabalho do laboratório na baía de Sepetiba, sendo a tese de doutorado de Lacerda (1983) o estudo mais representativo dessa primeira fase, concluiu que os metais pesados críticos mais abundantes nos efluentes da região eram o cromo, o zinco e o cádmio, sendo a principal via de transporte o material particulado em suspensão, carregado pelas correntes marinhas predominantes (Lacerda, 1983). Em relação aos alimentos críticos, os estudos identificaram sobretudo os moluscos, crustáceos e os peixes sedentários da enseada de Coroa Grande. Por fim, em relação ao grupo humano com grande potencial de contaminação, estavam os pescadores da vila de Coroa Grande, cuja principal fonte de alimentação era os peixes e frutos do mar pescados na própria área (Pfeiffer, 1994).

Se a baía de Sepetiba emergiu como objeto de estudos por meio da sua escolha como área controle, no curso dos trabalhos com cromo no rio Irajá, o rio Paraíba do Sul surgiu, por sua vez, da necessidade de se estudar a dinâmica ecossistêmica de um corpo hídrico “aberto”, dado que as baías de Guanabara e de Sepetiba são corpos d’água considerados semifechados. Na verdade, é perceptível como os pesquisadores do laboratório seguiram uma espécie de mapa hidrográfico do Rio de Janeiro e adjacências, sendo guiados pelas próprias conexões ecossistêmicas existentes entre os vários corpos hídricos. Os estudos na baía de Ribeira, em Angra dos Reis, por exemplo, também se iniciaram com o objetivo de buscar outra área controle, que, nesse caso, era isenta de “lançamentos antropogênicos significativos e cujas características hidrológicas, sedimentológicas e físico-químicas já conhecíamos de trabalhos anteriores” (Pfeiffer, 1994, p. 16).

Ecologia aplicada e poluição das águas: práticas científicas em transformação e a atuação ambiental do Laboratório de Radioisótopos

Ao longo da década de 1980, novos pesquisadores passaram a fazer parte do grupo de Pfeiffer, como Olaf Malm e José Maurício Pena Azcue. Isso, atrelado a novos aportes financeiros conseguidos pelo laboratório, como um apoio significativo em 1982 do Banco do Brasil (Fipecc), que possibilitou a aquisição de novos equipamentos, contribuiu para a expansão do programa de pesquisas com metais pesados para outros corpos d'água do Rio de Janeiro, como o sistema Rio Paraíba do Sul-Rio Guandu.

O trabalho de Malm e Pfeiffer no novo sistema hídrico foi bastante complexo devido à diferença em relação às experiências anteriores do laboratório. "Inicialmente, foram meses acertando e testando as metodologias de extração e técnicas analíticas, pois era a primeira inserção inicial do laboratório em grandes corpos d'água continentais" (Malm, 2010, p. 88). Já em 1985, ainda antes de defender sua dissertação, Malm apresentou alguns dos resultados das primeiras pesquisas no rio Paraíba do Sul na V International Conference Heavy Metals in the Environment, em Atenas, na Grécia. Em 1986, defendeu a dissertação *Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema Rio Paraíba do Sul-Rio Guandu, através da análise pelos parâmetros críticos* (Malm, 1986).

Igualmente a partir de 1985, pesquisadores como Luiz Drude de Lacerda, Pfeiffer e os outros jovens cientistas que adentravam o Laboratório de Radioisótopos passariam também a se dedicar a outro grande projeto de pesquisa com vários desdobramentos, o estudo da contaminação por mercúrio na região amazônica. Essa outra linha de pesquisa não será analisada neste artigo, como mencionado, devido à proposta e aos limites deste texto. Apesar dessa outra agenda do grupo ser bastante significativa para seu histórico e para a própria formação da ecologia feita ali, jovens e antigos pesquisadores do Laboratório de Radioisótopos continuaram atuando nos corpos hídricos fluminenses. Desse modo, tanto a baía da Guanabara, quanto a de Sepetiba ou o rio Paraíba do Sul serão objetos de investigações do grupo ao longo das últimas décadas do século XX, adentrando os anos 2000.

De 1986 a 1989, várias publicações foram feitas pelo grupo, envolvendo principalmente os nomes de Wolfgang Pfeiffer, Olaf Malm, José Maurício Azcue e Marlene Fiszman. Os primeiros resultados das pesquisas nos rios Paraíba do Sul e Guandu identificaram as áreas de Volta Redonda, Barra Mansa e o reservatório de Santana como críticas, apresentando os maiores níveis de contaminação. Os metais mais críticos analisados nos rios em questão foram o chumbo, o cobre, o zinco, o cromo e o ferro. Os trabalhos analisaram o sedimento e outros compartimentos, mas as partículas em suspensão na água foram consideradas o principal veículo de transporte para os metais nesse sistema (Malm et al., 1988). Os metais dissolvidos na água, inclusive, apresentaram as maiores concentrações, sobretudo nos casos de chumbo, manganês, cromo e ferro, na região de Volta Redonda. As plantas aquáticas das espécies *Eichornia azurea* e *Eichornia crassipes* foram consideradas os organismos mais relevantes para programas de monitoração local, pois a concentração de metais nessas plantas seguia o padrão geral de distribuição de metais no ambiente. Os teores de metais nessas plantas eram elevados se comparados com plantas de ecossistemas não poluídos (Pfeiffer et al., 1986; Azcue et al., 1987). O trabalho do grupo também analisou as concentrações de metais nas chamadas Estações de Tratamento de

Águas (ETAs), as quais apresentaram níveis abaixo da concentração máxima permissível pela legislação brasileira, apesar de algumas delas serem consideradas menos eficientes que outras.

Além da aplicação da metodologia de parâmetros críticos, visando uma investigação sobre a ciclagem de metais nesses rios, ocorreu também o surgimento de outro programa de pesquisa, novo para o Laboratório de Radioisótopos. Tendo entrado no doutorado no IBCCF em 1987, Olaf Malm partiu no ano seguinte para um estágio “sanduíche” na Holanda. Essa sua viagem proporcionou uma colaboração com os pesquisadores Wim Salomons, que também trabalhou com Drude de Lacerda, e Jan Japenga, respectivamente de Gröningen e Wageningen, resultando na aprovação de um projeto de pesquisa subsidiado pela Comunidade Europeia. Assim, em parceria também com o Institute for Soil Fertility, da Holanda, o projeto “Estudo do destino de poluentes organoclorados em sistemas hídricos tropicais” foi constituído, sendo os rios Paraíba do Sul e Guandu o primeiro complexo a ser estudado (Pfeiffer, 1994). Dessa forma, os chamados micropoluentes orgânicos persistentes, como os organoclorados e os hidrocarbonetos poliaromáticos, passaram a ser uma nova linha do laboratório, que teria posteriormente o pesquisador João Paulo Machado Torres como coordenador (Malm, 2010).

Adentrando a década de 1990, os trabalhos de pesquisadores ligados ao Laboratório de Radioisótopos do IBCCF nos corpos hídricos fluminenses não só continuariam como iriam adquirir novos elementos. Em 1991, Valéria Magalhães defendeu seu mestrado, realizado no curso de Biociências Nucleares da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), porém sob orientação de Pfeiffer, *Estudo da incorporação de metais pesados em uma espécie de alga marinha (Padina gymnospora) da baía de Sepetiba através da utilização de traçadores radioativos* (Magalhães, 1991). No desenvolvimento de seu mestrado, as idas à campo em Sepetiba eram em geral bastante esporádicas, dado que os metais são elementos estáveis. Coletas de algas, água e outras amostras eram feitas, entretanto, geralmente na companhia de Cláudia Ferreira Calasans, orientanda de Olaf Malm, Dario Pires de Carvalho, Carlos Eduardo de Rezende e, eventualmente, seu orientador, Wolfgang Pfeiffer. O acesso relativamente fácil às coletas foi um aspecto importante no trabalho em Sepetiba. Apesar disso, a principal justificativa da manutenção dos trabalhos na região era a grande quantidade de rejeitos que aqueles corpos d’água recebiam dos parques industriais.

Então era, não só rejeito industrial, rejeito orgânico, ela tem de um tudo lá... [...] tem rios importantes que desaguam na Baía de Sepetiba que são rios extremamente poluídos, como o Guandu. [...] mas tem outros, tinha na época a Ingá, que é uma indústria lá na ilha da Madeira, que era a principal responsável pela quantidade de zinco e cádmio que tinha na baía de Sepetiba. E é dela que vinha o zinco, o cádmio, o arsênio, o cromo vinha [...] do rio que passa pela Casa da Moeda (Magalhães, 12 abr. 2023).

Já durante o doutorado, desenvolvido entre 1991 e 1996, também sob orientação de Pfeiffer, mas dessa vez pelo IBCCF, Valéria Magalhães trabalhou com a *Padronização para medidas de arsênio em amostras ambientais: o caso da baía de Sepetiba, RJ* (Magalhães, 1996). O arsênio também era um poluente despejado pela indústria Ingá, em Sepetiba, com a diferença de ser um metaloide, e não um metal pesado, ou seja, possuía características intermediárias entre os metais e os não metais. Nesse sentido, o trabalho de Magalhães visava a padronização de uma nova técnica de análise para o arsênio, ainda inexistente. Em sua fábrica, a Ingá utilizava óxido de arsênio em uma das reações necessárias para a formação de lingotes de zinco, e muitos dos

rejeitos desse processo poderiam ser encontrados nos efluentes da indústria. O arsênio também era utilizado no processo de produção química, para purificação do minério. Diferentemente de seu mestrado, em sua pesquisa de doutorado Magalhães não trabalhou com nenhum organismo daquele ecossistema, mas apenas com partes abióticas, como o sedimento particulado e as águas, buscando seguir a trajetória desses elementos (Magalhães, 1996). Os resultados da pesquisa de Magalhães indicaram níveis de arsênio bastante elevados (de até 360mg kg^{-1}), acima dos níveis naturais (10mg kg^{-1}). “Estes resultados indicam remobilização de arsênio em direção à baía de Sepetiba. A alta disponibilidade deste metaloide no ecossistema pode causar danos à biota local e provavelmente também à população local” (Magalhães e Pfeiffer, 1995, p. 175).

Nesse mesmo período, entre 1994 e 1998, João Paulo Torres desenvolveu a tese de doutorado *Ocorrência de micropoluentes orgânicos (organoclorados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) em sedimentos fluviais e solos tropicais*, sob orientação de Olaf Malm. A tese de Torres foi resultado direto do grande projeto de cooperação científica internacional financiado pela Comunidade Europeia. A parceria, estabelecida inicialmente por intermédio de Olaf Malm, com o Instituto de Agrobiologia do Ministério da Agricultura da Holanda, permitiu a montagem de um laboratório especializado na pesquisa com micropoluentes orgânicos em amostras ambientais dentro do IBCCF (Torres, 1998). O projeto de pesquisa buscava mapear a origem de alguns compostos, em especial os hidrocarbonetos. Para tanto, inicialmente usavam métodos cromatográficos com radiação ultravioleta, e depois passaram a trabalhar com cromatografia líquida e detecção de fluorescência, a partir de um detector de fonte selada com o radioisótopo níquel-63.

De acordo com o depoimento de Valéria Magalhães, os trabalhos desenvolvidos pelo Laboratório de Radioisótopos na baía de Sepetiba não tiveram grande repercussão, diferente do caso do mercúrio na Amazônia (Nriagu et al., 1992; Lacerda, 1995). Apesar da opinião da cientista, é possível encontrar, entre a documentação de Wolfgang Pfeiffer identificada e analisada nesta pesquisa, processos iniciados no início de 1996 envolvendo diferentes autoridades políticas demandando a cooperação do laboratório para o estabelecimento de análises ambientais na baía de Sepetiba. Em 13 de fevereiro de 1996, chuvas fortes acabaram inundando um dique da Companhia Mercantil e Industrial Ingá, em Itaguaí (RJ), provocando o vazamento de pelo menos cinquenta milhões de litros de água e lama contaminados com metais pesados na baía de Sepetiba. O vazamento tóxico foi tratado pela Feema, que em notícia de 25 de fevereiro não descartava uma interdição à Ingá caso fosse comprovado um alto grau de contaminação (Feema..., 1996, p. 30). O secretário municipal de Meio Ambiente da cidade de Itaguaí, Ademar Quintela, afirmou ao *Jornal do Brasil* que, caso reformas para a sustentação do dique não fossem realizadas, a prefeitura de Itaguaí poderia de fato interditar a indústria, que já estava solicitando a liberação de uso de um outro terreno para a construção de um aterro sanitário.

Dois dias depois da notícia mencionada, Wolfgang Pfeiffer, como chefe do Laboratório de Radioisótopos, recebeu uma correspondência do secretário de governo da prefeitura de Itaguaí, Osvaldo Agostinho Novo, solicitando, em nome do prefeito Benedito Amorim, a colaboração do laboratório.

Conhecedores da V. alta especialização em assuntos relacionados à contaminação ambiental por metais pesados de longo tempo de pesquisa desenvolvidas por V.S^a. inclusive na baía de Sepetiba, vimos através deste solicitar V. S^a. preciosa colaboração e do Laboratório de Radio Isótopos do Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, no sentido de analisar algumas amostras de sedimentos, resíduos industriais e pescado a serem

coletados na baía de Sepetiba. O número aproximado de amostras deverá ser: Sedimentos – Máximo 08; Pescado (moluscos, peixes e crustáceos) – Máximo 10; Efluente Industrial – 01 (se possível) (Novo, 27 fev. 1996, s.p.).

A amostragem, tanto dos itens coletados, quanto da quantidade, foi elaborada pela própria prefeitura, que mencionou também que as coletas tiveram participação de pessoas da comunidade local e técnicos com experiência em monitoramento ambiental ligados a ONGs. A carta também ressaltava que a Comissão Permanente de Meio Ambiente da Assembleia Legislativa do Rio de Janeiro (Alerj) estava os apoiando, e frisava que, mesmo já existindo um histórico de trabalhos do Laboratório de Radioisótopos na região, as análises solicitadas seriam fundamentais para que a prefeitura de Itaguaí pudesse “tomar as providências legais para evitar que em um futuro próximo os danos se tornem irreversíveis” (Novo, 27 fev. 1996, s.p.). No mesmo dia, outra correspondência, dessa vez da comissão mencionada da Alerj, assinada pelo deputado Carlos Minc, pelo prefeito de Itaguaí e pelo presidente da Associação Defensores da Terra, reforçava a solicitação enviada à Pfeiffer. “O objetivo deste trabalho é o de detectar agressões de metais pesados ao ecossistema e de fundamentar medidas e providências para descontaminá-lo e restaurá-lo” (Minc, 27 fev. 1996, s.p.).

No dia 3 de março de 1996, Pfeiffer respondeu às solicitações mencionando que, apesar da UFRJ e do Estado estarem passando por um momento difícil, o Laboratório de Radioisótopos iria montar uma força-tarefa para colaborar com a situação na baía de Sepetiba. “Todas as demais atividades do laboratório foram suspensas, dando prioridade máxima ao assunto em pauta” (Pfeiffer, 3 mar. 1996, s.p.). Assim, as análises das amostras que foram recebidas seriam feitas dando prioridade àquelas biológicas, visando com isso uma rapidez “a fim de garantir a integridade física e sanitária das populações ribeirinhas dependentes de produtos do mar” (Pfeiffer, 3 mar. 1996, s.p.). Pfeiffer também esclarecia que o laboratório não era capacitado para fazer a análise dos efluentes industriais e dos depósitos de rejeitos, indicando para tanto o Centro de Tecnologia Mineral (Cetem/CNPq). “Nosso Laboratório é especializado no estudo dos Impactos Ambientais de poluentes” (Pfeiffer, 3 mar. 1996, s.p.). No dia 8 de março Pfeiffer retornou ao deputado Carlos Minc com o resultado das primeiras amostras, para zinco e cádmio, e repassou seu endereço residencial, mencionando que em sua residência estaria disponível uma coletânea de trabalhos científicos referentes à contaminação da baía de Sepetiba publicados desde 1983 (Pfeiffer, 8 mar. 1996). Juntamente com os resultados das análises, Pfeiffer enviou uma nota explicativa, detalhando como os dados deveriam ser lidos. O cientista, para além de confirmar o que já era sabido desde 1983, ou seja, que os níveis de metais eram de fato superiores aos valores permitidos pela legislação vigente, a partir da tabela de Concentrações Máximas Permissíveis para consumo humano, fez uma série de ponderações:

Os níveis de metais pesados encontrados devem ser analisados de forma global e não isoladamente uma vez que fazem parte de um ecossistema que vem sendo degradado sistematicamente, durante pelo menos os últimos vinte anos, por diversas atividades antropogênicas das mais variadas naturezas (lançamento de esgotos, aterros clandestinos, destruição de manguezais e, liberação de efluentes industriais), dentre os quais se destacam os oriundos da Cia. Mercantil Ingá [...] No caso em pauta, não são somente os metais pesados os grandes causadores da destruição da flora e fauna marinhas, mas também a lixívia ácida e os rejeitos de minério continuamente liberados para a Baía (Pfeiffer, 8 mar. 1996, s.p.).

Após ter dado prioridade às amostras biológicas, no dia 18 de março, os resultados da análise dos sedimentos também foram enviados aos deputados da Comissão de Meio Ambiente da Alerj. Poucos dias depois, em 24 de março de 1996, um informe do *Jornal do Brasil* publicou o seguinte texto:

É pior do que se supunha o resultado da análise de sedimentos da Baía de Sepetiba, feita pelo laboratório da Universidade Federal do Rio de Janeiro, a pedido do deputado estadual Carlos Minc. A presença de zinco é 110 vezes superior ao máximo permitido e a de cádmio é 16 vezes maior que o padrão normal. O resultado remete o problema ao trabalho de dragagem da areia do Porto de Sepetiba. Transformada em 'lixo químico', ela vem sendo jogada nas imediações da restinga da baía, e fica sujeita a retornar ao mar. A importância do porto não dispensa o cuidado ambiental (Areia..., 24 mar. 1996, p. 6).

Em decorrência dessa notícia, em 22 de maio, o Ministério Público Federal, a partir do procurador da República no Estado do Rio de Janeiro, Luis Cesar Souza de Queiroz, solicitou à Pfeiffer a cópia integral dos resultados das análises das amostras retiradas da baía de Sepetiba (Queiroz, 22 maio 1996). Em 27 de maio, Pfeiffer respondeu, situando o procurador a respeito do trabalho que estava sendo feito, enviando o histórico de correspondências com os solicitantes das análises, porém informando que a nota publicada no *Jornal do Brasil* não era de autoria dos pesquisadores de seu laboratório, "contendo inclusive imperfeições, como muitas vezes ocorre na Imprensa Leiga, quando se trata de assuntos técnicos" (Pfeiffer, 27 maio 1996, s.p.).

Após o episódio do vazamento da Ingá na baía de Sepetiba, o Laboratório de Radioisótopos recebeu várias outras solicitações envolvendo diferentes demandas. Ainda em 18 de junho de 1996, um ofício assinado por Carlos Minc, como presidente da Comissão de Defesa do Meio Ambiente da Alerj, solicitava nova cooperação do laboratório com o objetivo de levantar dados a respeito da situação do abastecimento de água potável no estado do Rio de Janeiro.

Contamos com Vossa preciosa colaboração no caso da poluição da Baía de Sepetiba pela Cia. Mercantil e Industrial Ingá, cujos dados de análises de Cádmio e Zinco confirmaram os problemas de poluição e constam de relatório anexado ao processo contra a empresa em andamento no Ministério Público de Itaguaí. Nossa assessoria tem feito contatos com professores deste conceituado laboratório para verificar as possibilidades de se realizar algumas análises de substâncias orgânicas, neste caso HAP's, em amostras de água potável e do rio Paraíba do Sul [...] Os laboratórios da FEEMA atravessam dificuldades quase que insustentáveis, tornando muito difícil atualmente se conseguir algum apoio. Por isto gostaríamos mais uma vez de verificar as possibilidades de Vossa ajuda (Minc, 18 jun. 1996, s.p.).

Além dos pedidos de colaboração mencionados, em junho de 1997, outros dois pedidos surgiram. Um deles, de 24 de junho, assinado pela promotora de justiça Patrícia Silveira da Rosa, solicitava uma série de informações específicas que seriam arroladas a um procedimento investigatório tramitando no Ministério Público sobre possíveis danos ambientais ocasionados pela ampliação do porto de Sepetiba (Rosa, 24 jun. 1997). Neste caso, Pfeiffer respondeu que ainda não haviam sido iniciados os estudos referentes ao impacto ambiental da expansão do porto, e se comprometia a enviar os resultados assim que estivessem prontos. Dias depois, em 26 de junho, Pfeiffer também respondia a outra promotora, Rosani Cunha Gomes, que o havia

requisitado uma extensa série de informações a respeito de dados para embasar uma ação cível pública sobre a situação do rio Cabuçu-Piraquê. Neste caso, Pfeiffer a informou que sua equipe “não trabalha nas Bacias Hidrográficas aferentes à Baía de Sepetiba, mas se restringe ao espelho de água da mesma” (Pfeiffer, 26 jun. 1997, s.p.), não possuindo, dessa forma, os dados demandados. O cientista também indicou os nomes e contatos de Mauro Argento, do Departamento de Geografia da UFRJ, e Luiz Drude de Lacerda, do Departamento de Geoquímica da Universidade Federal Fluminense (UFF).

As demandas continuaram chegando ao Laboratório de Radioisótopos na virada do século. Em 31 de março de 2000, outro ofício assinado por Carlos Minc pedia novamente ajuda à Pfeiffer “na avaliação das condições ambientais das águas e lodo do fundo da Baía de Guanabara com vistas a averiguar os impactos do óleo derramado por duto da Petrobrás, em 18 de janeiro de 2000”. Apesar da pesca na baía estar liberada por laudos técnicos da Feema e do Ibama, Carlos Minc achava essa posição questionável, “uma vez que no fundo da baía tem bastante óleo e há prejuízos comprovados aos pescadores” (Minc, 31 mar. 2000, s.p.).

Com esses exemplos, podemos verificar que, na verdade, os trabalhos na baía de Sepetiba tiveram de fato repercussão, tanto midiática quanto política. Entretanto, evidentemente as trocas entre entidades públicas e o Laboratório de Radioisótopos tiveram certas especificidades, como a necessidade de uma resposta rápida e pragmática, uma leitura simplista de causa e efeito, e muitas vezes a dificuldade, por parte das autoridades, em compreender os próprios limites de atuação do laboratório chefiado por Pfeiffer. No contexto do início da questão envolvendo o vazamento da Ingá, em 1996, Valéria Magalhães concluía sua tese de doutorado, estabelecendo uma nova técnica de análise de poluentes, como o arsênio. O exemplo da trajetória científica de Valéria Magalhães, em contraste com o que foi exposto acima, mostra como novos objetos científicos ainda surgiam, em meio a problemas de ordem socioambiental, ampliando mais as linhas de pesquisa do laboratório, e, ao mesmo tempo, se distanciando da lógica inicial de buscar a origem do problema em uma única fonte industrial, medindo sua carga e descrevendo o efeito. Após seu doutorado, por exemplo, Valéria Magalhães passou a trabalhar com a pesquisadora Sandra Maria Feliciano de Oliveira e Azevedo no Núcleo de Pesquisas em Produtos Naturais (hoje Instituto de Pesquisas em Produtos Naturais – IPPN/UFRJ), e depois voltou ao IBCCF, quando Azevedo foi transferida. Em 2002, Valéria Magalhães passou no concurso para professora no IBCCF, onde se encontra atualmente. Nesse contexto de pós-doutorado e ingresso na carreira profissional, Valéria Magalhães passou a trabalhar com cianobactérias, incluindo a região da baía de Sepetiba. Em 2003, já vinculada ao Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias (LETC), do IBCCF, Valéria Magalhães, juntamente com Sandra Azevedo e outros autores, publicou um artigo sobre as microcistinas, hepatotoxinas de cianobactérias, e a sua bioacumulação em peixes e crustáceos da baía de Sepetiba (Magalhães et al., 2003).

Esses trabalhos atacavam problemas ainda não abordados por pesquisadores do IBCCF, especificamente na baía de Sepetiba, mas acompanhavam as mudanças de abordagem de problemas ambientais, complexificando a relação entre fonte, carga e efeito, e trazendo novos agentes para o conhecimento ecossistêmico. Com o exemplo trazido, podemos ver como Valéria Magalhães acabou incorporando, desde sua tese de doutorado, novos elementos aos sistemas experimentais dos metais pesados, estudando metaloides e, depois, cianobactérias e suas toxinas, todos potenciais contaminantes do mesmo corpo d’água. Apesar de tamanha diversidade de temas e linhas de pesquisa, de acordo com o depoimento da cientista, era o metal e a água que unia as atividades do grupo (Magalhães, 12 abr. 2023).

Considerações finais

Longe de tentar estabelecer um marco zero para a ecologia de ecossistemas no Brasil, sabendo a partir de desdobramentos desta mesma pesquisa que o seu início envolveu muitos outros aspectos, e o seu desenvolvimento desaguou em outros grupos e iniciativas, este texto buscou sublinhar elementos que são parte importante desse processo histórico. Assim, a partir da análise da atuação de cientistas ligados ao Laboratório de Radioisótopos do IBCCF/UFRJ, este artigo demonstrou o papel preponderante dos corpos de água na constituição de um conhecimento ecossistêmico no Brasil, a partir da década de 1970. Evidentemente esse conhecimento foi também resultado de interações globais não devidamente abordadas neste texto, como o tratamento dado pelo país à questão nuclear, e, sobretudo, a influência material e epistemológica de objetos tecnológicos e instrumentos científicos como radioisótopos e espectrômetros. Arelado a isso, a agência de organismos e elementos abióticos na formação de novos sistemas experimentais dessa ecologia aplicada podem ser destacados, pontos a serem melhor apresentados em futuros trabalhos. Por fim, subsidiado por correspondências e depoimentos orais, foi possível demonstrar a relação intrínseca entre o que era produzido cientificamente no Laboratório de Radioisótopos, por meio da sua presença em diferentes águas, e as demandas políticas pelo meio ambiente, em sucessivos eventos marcados pela poluição industrial e urbana da região do Rio de Janeiro.

Como estudado por Lindseth (2013), os ecólogos estadunidenses das décadas de 1950 e 1960 eram úteis para a AEC, pois, ao mesmo tempo em que desenvolviam seus interesses de pesquisa, serviam como gestores de problemas ambientais causados em grande parte pelo próprio governo dos Estados Unidos. No Brasil, os ecólogos formados no Instituto de Biofísica também tiveram destaque na nossa *sui generis* história nuclear, trabalhando sobretudo no licenciamento ambiental da usina nuclear Angra 1. Apesar dessa semelhança, os ecólogos brasileiros treinados com métodos radioisotópicos rapidamente buscaram outros projetos, não abandonando totalmente a radiação e suas agências financiadoras, mas estabelecendo novas parcerias e suprindo demandas mais cotidianas. Isso pode ser atribuído ao fato de que a energia nuclear, no Brasil, propulsionou agendas científicas na década de 1950, como a própria criação do CNPq e do Laboratório de Radioisótopos, mas não encontrou pleno desenvolvimento posteriormente, mesmo com o acordo teuto-brasileiro de 1975. Entretanto, além disso, elementos como a própria configuração hidrográfica na qual se dispunham esses ecólogos, e sua inserção profissional num país desigual como o Brasil, fazem parte das especificidades da formação dessa ecologia.

Referências bibliográficas

ACOT, P. *História da ecologia*. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

AREIA suspeita. *Jornal do Brasil*, p. 6, 24 mar. 1996.

AZCUE, J.M.P.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; MALM, O. Heavy metals in drinking waters from the Paraíba do Sul: Guandu River System, Rio de Janeiro State, Brazil. *Water Science and Technology*, v. 19, p. 1181-1183, 1987.

- BARROCAS, P.R.G.; WASSERMAN, J.C.F.A. O mercúrio na baía de Guanabara: uma revisão histórica. *Geochimica Brasiliensis*, v. 9, n. 2, p. 115-127, 1995.
- BOCKING, S. Ecosystems, ecologists, and the atom: environmental research at Oak Ridge National Laboratory. *Journal of the History of Biology*, v. 28, n. 1, p. 1-47, 1995.
- BRAMWELL, A. *Ecology in the 20th century: a history*. New Haven: Yale University Press, 1989.
- CREAGER, A. *Life atomic: a history of radioisotopes in science and medicine*. Chicago: The University of Chicago Press, 2013.
- DELÉAGE, J.-P. *Histoire de l'écologie: une science de l'homme et de la nature*. Paris: La Découverte, 1991.
- DROUIN, J.-M. *Reinventar a natureza: a ecologia e sua história*. Lisboa: Editora Instituto Piaget, 1993.
- EISENBUD, M. *An environmental odyssey: people, pollution, and politics in the life of a practical scientist*. Seattle: University of Washington Press, 1990.
- FEEMA avalia dano ecológico. *Jornal do Brasil*, p. 30, 25 fev. 1996.
- FERNANDES, B.F. *A construção da memória ambiental e a consolidação da ecologia no Brasil (1944-1976)*. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.
- FRANCA, E.P. *Memorial*. Concurso (Professor Titular) – Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Setor de Radiobiologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1992.
- FRANCA, E.P. *Radioatividade na dieta dos habitantes das regiões brasileiras de elevada radiação natural*. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1968.
- FRANCA, E.P.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; LACERDA, L.D. Aplicabilidade da análise pelos parâmetros críticos, usualmente empregada para instalações nucleares, no controle da poluição do ambiente marinho por metais pesados. *Ciência e Cultura*, v. 36, n. 2, p. 215-219, 1984.
- LACERDA L.D. *Aplicação da metodologia dos parâmetros críticos no estudo da poluição por metais pesados na baía de Sepetiba, RJ*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1983.
- LACERDA, L.D. Amazon mercury emissions. *Nature*, v. 374, p. 20-21, 1995.
- LACERDA, L.D. [Depoimento concedido ao projeto de pesquisa "Radioisótopos, ciências da vida e ecologia no Brasil (1949-2007)]. Entrevistador: Jorge Tibilletti de Lara. Rio de Janeiro: Casa de Oswaldo Cruz, 22 abr. 2021. 1 áudio (1h05min).
- LACERDA, L.D. PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. O papel de *Paspalum vaginatum* na disponibilidade de cromo para as cadeias alimentares estuarinas. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 39, n. 4, p. 985-989, 1979.
- LINDSETH, B.S. *From radioactive fallout to environmental critique: ecology and the politics of Cold War Science*. Dissertation (Doctor of Philosophy in Sociology) – University of California, San Diego, 2013.
- MAGALHÃES, V.F. *Estudo da incorporação de metais pesados em uma espécie de alga marinha (Padina gymnospora) da baía de Sepetiba através da utilização de traçadores radioativos*. Dissertação (Mestrado em Biociências Nucleares) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1991.
- MAGALHÃES, V.F. *Padronização para medidas de arsênio em amostras ambientais: o caso da baía de Sepetiba, RJ*. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.
- MAGALHÃES, V.F. [Depoimento concedido ao projeto de pesquisa "Radioisótopos, ciências da vida e ecologia no Brasil (1949-2007)]. Entrevistador: Jorge Tibilletti de Lara. Rio de Janeiro: Casa de Oswaldo Cruz, 12 abr. 2023. 1 áudio (1h17min).
- MAGALHÃES, V.F.; MARINHO, M.M.; DOMINGOS, P.; OLIVEIRA, A.C.P.de; COSTA, S.M.da; AZEVEDO, L.O.de; AZEVEDO, S.M.F.O. Microcystins (cyanobacteria hepatotoxins) bioaccumulation in fish and crustaceans from Sepetiba Bay (Brasil, RJ). *Toxicon*, v. 42, p. 289-295, 2003.

- MAGALHÃES, V.F.; PFEIFFER, W.C. Arsenic concentration in sediments near a metallurgical plant (Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of Geochemical Exploration*, v. 52, p. 175-181, 1995.
- MAIA, C.A. Agência material recíproca: uma ecologia para os estudos da ciência. *História, Ciências, Saúde – Manuais*, v. 24, n. 2, p. 447-464, 2017.
- MALM, O. *Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema Rio Paraíba do Sul-Rio Guandu, através da análise pelos parâmetros críticos*. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1986.
- MALM, O. Dos isótopos instáveis como traçadores em pesquisa biomédica à ecologia dos poluentes persistentes e saúde humana. In: ALMEIDA, D.F.; SOUZA, W. (org.). *Recordações de Carlos Chagas Filho*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010. p. 83-89.
- MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; AZCUE, J.M. Transport and availability of heavy metals in the Paraíba do Sul-Guandu River System, Rio de Janeiro State, Brazil. *The Science of the Total Environment*, v. 75, p. 201-209, 1988.
- MINC, Carlos. [Correspondência]. Destinatário: Wolfgang Christian Pfeiffer. Rio de Janeiro, 27 fev. 1996. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- MINC, Carlos. [Correspondência]. Destinatário: Wolfgang Christian Pfeiffer. Rio de Janeiro, 18 jun. 1996. 1 ofício. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- MINC, Carlos. [Correspondência]. Destinatário: Wolfgang Christian Pfeiffer. Rio de Janeiro, 31 mar. 2000. 1 ofício. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- MISSE FILHO, M.; PAIVA, R. A poluição na Baía de Guanabara e a emergência da pauta ambiental no jornal “O Globo”. *Reciis*, v. 14, n. 2, p. 292-306, 2020.
- NOVO, O.A. [Correspondência]. Destinatário: Wolfgang Christian Pfeiffer. Rio de Janeiro, 27 fev. 1996. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- NRIAGU, J.O.; PFEIFFER, W.C.; MALM, O.; SOUZA, C.M.M.; MIERLE, G. Mercury pollution in Brazil. *Nature*, v. 356, p. 389, 1992.
- PFEIFFER, W.C. *Memorial*. Concurso (Professor Titular) – Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Setor de Biofísica Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1994.
- PFEIFFER, W.C. [Correspondência]. Destinatário: Carlos Minc. Rio de Janeiro, 3 mar. 1996. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- PFEIFFER, W.C. [Correspondência]. Destinatário: Carlos Minc. Rio de Janeiro, 8 mar. 1996. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- PFEIFFER, W.C. [Correspondência]. Destinatário: Luis Cesar Souza de. Rio de Janeiro, 27 maio 1996. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- PFEIFFER, W.C. [Correspondência]. Destinatário: Rosani Cunha Gomes. Rio de Janeiro, 26 jun. 1997. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; CARBONELL, N. Fate of chromium in a tributary of the Irajá river, Rio de Janeiro. *Environmental Pollution*, v. 1, p. 117-126, 1980.
- PFEIFFER, W.C.; FRANCA, E.P.; RIBEIRO, C.C.; NOGUEIRA, A.R.; LONDRES, H.; OLIVEIRA, A.E. Measurements of environmental radiation exposure dose rates at selected sites in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 53, n. 4, p. 683-691, 1981.
- PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; LACERDA, L.D.; VAN WEERELT, M.; CARBONELL, N. Chromium in water, suspended particles, sediments and biota in the Irajá river estuary. *Environmental Pollution*, v. 4, p. 193-205, 1982.

- PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; MALM, O.; AZCUE, J.M. Heavy metal pollution in the Paraíba do Sul river, Brazil. *The Science of the Total Environment*, v. 58, p. 73-79, 1986.
- QUEIROZ, L.C.S. [Correspondência]. Destinatário: Wolfgang Christian Pfeiffer. Rio de Janeiro, 22 maio 1996. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- RHEINBERGER, H.-J. Experiment, difference, and writing: 1. tracing protein synthesis. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 23, n. 2, p. 305-331, 1992.
- ROSA, P.S. [Correspondência]. Destinatário: Wolfgang Christian Pfeiffer. Rio de Janeiro, 24 jun. 1997. Rio de Janeiro: Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca; Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF/UFRJ).
- SILVA, A.F.C.S.; SÁ, D.M. Ecologia, doença e desenvolvimento na Amazônia dos anos 1950: Harald Sioli e a esquistossomose na Fordlândia. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 14, n. 2, p. 627-647, 2019.
- TORRES, J.P.M. *Ocorrência de micropoluentes orgânicos (organoclorados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) em sedimentos fluviais e solos tropicais*. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.
- VAN WEERELT, M.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. Uptake and release of ^{51}Cr (VI) and ^{51}Cr (III) by barnacles (*Balanus* sp.). *Marine Environmental Research*, v. 11, p. 201-211, 1984.

Recebido em 26/03/2024

Aceito em 17/07/2024