

O texto a seguir é uma publicação da revista bilingue Uniso Ciência, da Universidade de Sorocaba, para fins de divulgação científica.

The following story is part of the bilingual magazine Science @ Uniso, published by the University of Sorocaba, for the purpose of scientific outreach.

*Acesse aqui a edição completa/
Follow the link to access
the full magazine:*



Cascas de árvore podem ser utilizadas
como bioindicadores para detectar

CONTAMINAÇÃO POR CHUMBO

Samples of tree bark can be used
as bioindicators to detect

LEAD CONTAMINATION

Por/By: Guilherme Profeta
Foto/Photo: Fernando Rezende

Estudo detectou concentração de chumbo superior a 100 µg/g em amostras retiradas de árvores em frente à antiga fábrica da Saturnia S. A., na zona industrial de Sorocaba; contaminação por esse metal pesado pode levar seres humanos e outras formas de vida à morte

A research conducted at Uniso detected a concentration of lead that exceeds 100 µg/g in samples collected from trees in the industrial district of the city of Sorocaba, São Paulo; contamination by this heavy metal can cause the death of humans and other living beings

Conforme avançam os efeitos antrópicos sobre os ecossistemas terrestres — e isso vem acontecendo em todo o mundo, de forma desmedida e em diferentes níveis de intensidade (vide os recentes compromissos assumidos pelas nações para acelerar a transição para fontes renováveis de energia, reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa, interromper o desmatamento etc.) —, aumenta também a necessidade de se desenvolver mecanismos e métodos para avaliar o impacto exato das ações humanas e, assim, propor novas soluções para esses problemas. Nesse sentido, a utilização de bioindicadores é uma realidade há várias décadas.

Os chamados bioindicadores são seres vivos, sejam eles animais ou vegetais (ou mesmo partes deles), que podem ser utilizados para avaliar a qualidade de dado ambiente, ou seja, os seus níveis de preservação e contaminação. Materiais vegetais provenientes de árvores urbanas, por exemplo, vêm sendo utilizados para tais fins em diversos estudos, mas nem sempre os métodos de análise são suficientemente práticos e acessíveis do ponto de vista financeiro, não raro demandando equipamentos caros e complexos. Contudo, não é esse o caso da técnica empregada por uma equipe de nove pesquisadores da Universidade de Sorocaba (Uniso) — os professores doutores Valquiria M. Hanai-Yoshida, Nobel P. de Freitas, Norberto Aranha, Marta M. D. C. Vila, Victor M. C. F. Balcão e José M. de Oliveira Junior, além do professor mestre Denicezar A. Baldo e das professoras (externas à Uniso) Cristiane R. G. Caldana e Thais H. Paulino, que concluíram, respectivamente, o mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais e o doutorado em Ciências Farmacêuticas na Uniso, em 2022.

O método que eles utilizaram para analisar a contaminação ambiental por meio de material vegetal foi a fluorescência de raios-X (ou XRF), que consiste na aplicação de um feixe de radiação para estimular os elétrons presentes nas camadas mais internas ao redor do núcleo dos átomos, fazendo com que fótons sejam emitidos e registrados por detectores espalhados ao redor das amostras. Por meio dessa técnica, torna-se possível identificar os elementos químicos presentes em diversos tipos de amostra, neste caso, em cascas de

As the effects caused by men on terrestrial ecosystems get worse over time—and this has been happening uncontrollably all over the world, at different levels of intensity—, there is also an increase in the need to develop mechanisms and methods to assess more precisely the impact of human actions on the environment. Recently, many nations have been signing commitments to accelerate the transition to renewable energy sources, reduce the emission of gases that cause the greenhouse effect, stop deforestation, and so on, but, besides all that, assessing the impact is also an essential step in the process of proposing new solutions to old problems. In this sense, the use of bioindicators has been a reality for several decades.

Bioindicators are living beings, whether animals or plants (or even parts of their anatomy), which can be used to assess the quality of a given environment, that is, its levels of preservation and contamination. Plant parts removed from urban trees, for example, have been used for such purposes in several studies, but the analysis methods are not always practical and accessible enough from a financial point of view, often demanding expensive and complex equipment. This is not the case with the technique employed by a team of nine researchers from Uniso—professors Valquiria M. Hanai-Yoshida, Nobel P. de Freitas, Norberto Aranha, Marta M. D. C. Vila, Victor M. C. F. Balcão, José M. de Oliveira Junior, and Denicezar A. Baldo, as well as professors Cristiane R. G. Caldana, and Thais H. Paulino (external to Uniso), who defended in 2022 their Master’s thesis and doctoral dissertation, respectively, at Uniso’s graduate programs in Technological and Environmental Processes, and Pharmaceutical Sciences.

The method they employed to analyze environmental contamination using plant material was X-ray fluorescence (or XRF), which consists of applying a beam of radiation in order to stimulate the electrons that orbit the innermost layers around the nuclei of atoms, thus causing photons to be emitted and registered by detectors spread around the samples. Through this technique, it becomes possible to identify the chemical elements that are present in different types of samples, in this case bark removed from

ÁRVORES URBANAS, obtidas em diferentes pontos da cidade de Sorocaba, de modo a avaliar o nível de contaminação no ambiente urbano do município. Os resultados do estudo fazem parte de um artigo publicado em janeiro de 2023 no periódico científico internacional *Chemosphere*, fruto da dissertação de Caldana.

URBAN TREES] in different regions of the city of Sorocaba. By doing so, it was possible to evaluate the level of contamination in the urban environment within the boundaries of the city. The results of the study, part of the thesis defended by Caldana, were published as a paper in the international journal *Chemosphere*, in January 2023.

PARA SABER MAIS: ÁRVORES URBANAS

As árvores urbanas — sejam elas espécimes nativos preservados ou frutos de projetos paisagísticos — cumprem diversas funções, conforme destaca Caldana: elas contribuem para a melhoria do microclima local, a redução de ruídos, a disponibilização de alimento e abrigo para a fauna e até mesmo para o embelezamento das cidades. Além de tudo isso, elas retêm poluentes atmosféricos, servindo como “filtros” viventes. Como se tudo isso não bastasse, e como demonstra o estudo conduzido pelos pesquisadores da Uniso, as árvores urbanas também cumprem a função de bioindicadores, possibilitando a detecção de contaminantes muitas vezes silenciosos. Para ler outras reportagens sobre reflorestamento e as funções desempenhadas pelas árvores, siga os links por meio dos *QR codes* abaixo:

TO KNOW BETTER: URBAN TREES

Urban trees—whether they are preserved native specimens, or the result of landscaping projects—play many roles, as Caldana points out: they contribute to improving the local microclimate, reduce noise, provide food and shelter for animals, and even make cities look nicer. Besides that, they retain atmospheric pollutants, serving as living “filters.” As if these qualities were not enough, urban trees can also be used as bioindicators, as the study conducted at Uniso demonstrates, enabling the detection of contaminants that often go unnoticed. To read other stories on reforestation and the roles played by trees, you can follow the links by using the QR codes below:



Especialistas diversos discutem soluções emergentes para a crise climática (jun./2022)

Experts in many fields discuss emerging solutions for the climate crisis (Jun./2022)



Experiências sustentáveis promovem compensação de carbono dentro e fora do câmpus (dez./2021)

Sustainable experiences compensate for carbon emissions on and off campus (Dec./2021)



Desenvolvimento sustentável: Como a Uniso transformou uma pastagem infértil num refúgio para a biodiversidade (jun./2021)

Sustainable development: How Uniso has turned an infertile pasture into a refuge for biodiversity (Jun./2021)

“Os resultados obtidos nesse estudo evidenciam que a fluorescência de raios-X simplifica drasticamente a análise química de amostras ambientais provenientes de árvores e de solo, pois ela é simples de executar, o equipamento é acessível, a preparação da amostra não é complicada e a técnica permite análises multielementares, podendo identificar a presença de elementos e quantificá-los em qualquer faixa de concentração”, destacam os autores, no artigo.

MÉTODOS E RESULTADOS

Cascas de diferentes espécies de árvore — ipê (família *Bignoniaceae*), sibipiruna (família *Fabaceae*) e pinheiro (família *Pinaceae*) — foram coletadas em diferentes pontos da cidade, passando então por um processo de limpeza, para remoção de impurezas, e secagem em estufa. Depois, elas foram trituradas e prensadas em formato de pastilha, antes de serem inseridas no equipamento de análise por XRF. O mesmo procedimento foi conduzido com cascas obtidas em árvores da Mata Atlântica, no município de Jujutiba (localizado a cerca de 70 km de Sorocaba), as quais foram utilizadas como amostras de controle, de modo a comparar os níveis de contaminação presentes em áreas urbanas e numa floresta nativa, comprovadamente menos degradada.

Os pesquisadores identificaram que as amostras foram compostas, em média, por 93% de celulose (uma ocorrência esperada quando se analisa qualquer material vegetal). Os outros 7%, por sua vez, corresponderam aos elementos químicos de interesse, que podem variar de acordo com as próprias espécies e com as condições ambientais. De modo geral, constatou-se que as cascas de sibipiruna tendem a acumular elementos contaminantes em maiores concentrações do que as cascas de ipê, sinalizando que, para o uso desses materiais como bioindicadores, essa árvore seria a mais indicada — exceto se a intenção for analisar especificamente a contaminação por chumbo, uma vez que os pinheiros foram as árvores cujas cascas mais absorveram esse elemento, assim destacando, também, a aplicabilidade dessa espécie, dependendo da pesquisa a ser desenvolvida.

O que foi possível perceber pelo estudo foi o fato de diferentes localidades no município apresentarem diferentes padrões de contaminação.

“The results obtained in this study show that X-ray fluorescence drastically simplifies the chemical analysis of environmental samples from trees and soil, as the method is simple, the equipment is affordable, sample preparation is not overly complicated, and the technique also allows one to do multi-element analyses, thus making it possible to identify the presence of elements and their amounts in any concentration range,” the authors emphasize, in the paper.

METHODS AND RESULTS

Samples of bark from different tree species— *ipê* (*Bignoniaceae* family), *sibipiruna* (*Fabaceae* family), and pine (*Pinaceae* family)—were collected in different parts of the city. After that, samples went through a cleaning process, for impurities to be removed, and then dried in an oven. Afterwards, they were crushed and pressed into pellets, before being inserted into the XRF analysis equipment. The same procedure was carried out with bark obtained from trees in the Atlantic Forest, in the region of Jujutiba (located 70 km, or 43 miles, away from Sorocaba). This second set of samples was used as control, making it possible for researchers to compare the levels of contamination that occur in urban areas and in a native forest, demonstrably less degraded.

Researchers identified that the samples were composed, on average, of 93% cellulose (which is an expected occurrence when one analyzes any plant material). The other 7% corresponded to the chemical elements of interest, which may vary according to the species and environmental conditions. In general, it was found that the bark of *sibipiruna* tends to accumulate contaminating elements in higher concentrations than the bark of *ipê*, indicating that it is the most suitable species to be used as a bioindicator in general—unless the intention is to specifically analyze contamination by lead, since pines were the trees whose bark most absorbed this element. It all depends on the specificities of the research being developed.

The study highlighted the fact that different locations within the same city presented different



O professor doutor José M. de Oliveira Junior, orientador da dissertação de Cristiane R. G. Caldana, a acompanha em campo, na área em que a contaminação foi detectada

Researcher Cristiane R. G. Caldana, during a visit to the site where the contamination was detected, accompanied by her adviser, professor José M. de Oliveira Junior



Cascas de diferentes espécies de árvore foram coletadas em vários pontos da cidade de Sorocaba

Samples of bark were collected from different species of trees located in many neighborhoods of Sorocaba

As amostras de cascas de árvore coletadas na região central da cidade (na Avenida General Carneiro), por exemplo, apresentaram em sua composição química todos os elementos que os pesquisadores normalmente esperam encontrar em regiões urbanas contaminadas pelo tráfego de automóveis: alumínio, cálcio, potássio, silício, enxofre, ferro, manganês, titânio, cromo e chumbo, todos em concentrações superiores àquelas encontradas nas amostras de controle (ou seja, na floresta nativa). No caso do chumbo, algumas das amostras continham concentrações superiores a 30 µg/g (microgramas por grama), que é o limite a partir do qual o chumbo passa a ser tóxico para a maioria das espécies de árvore.

Mas esse não foi o achado mais importante, pois algumas das amostras de cascas de sibipiruna e pinheiro coletadas em outro ponto da cidade, na zona industrial do município (mais precisamente no bairro do Éden), apresentaram impressionantes concentrações de chumbo, superiores a 100 µg/g, além de altas concentrações de enxofre e bário, que, dependendo da concentração, também podem ser tóxicos para a vida vegetal e animal (incluindo a humana).

DENÚNCIA

Os pesquisadores explicam que o chumbo, em sua forma metálica (Pb) e também como óxido (PbO₂), é o principal elemento utilizado no processo de fabricação de baterias automotivas, o que explica o porquê de as amostras da zona industrial apresentarem concentrações tão elevadas desse elemento químico. Isso porque as cascas de árvore consideradas no estudo foram coletadas em frente à antiga fábrica de baterias da Saturnia S.A., localizada no bairro do Éden até 2011, quando suas atividades foram encerradas. Desde então, a imprensa local vem denunciando a provável contaminação ambiental daquela área, mas os autores da pesquisa enfatizam a necessidade de oferecer à população de Sorocaba uma resposta definitiva — e amparada cientificamente — sobre a extensão dessa contaminação.

“As extensas análises realizadas mostraram que as amostras provenientes da zona central da cidade apresentaram ampla gama de elementos químicos em altas concentrações, indicando que, nessa região, existe contaminação por poluentes

patterns of contamination. The tree bark samples collected in the central region (on Avenue General Carneiro), for example, contained in their chemical composition all the elements that researchers normally expect to find in urban regions contaminated by car traffic: aluminum, calcium, potassium, silicon, sulfur, iron, manganese, titanium, chromium, and lead, all in higher concentrations in comparison to those found in control samples (from the native forest). In the case of lead, some of the samples contained concentrations that exceeded 30 µg/g (micrograms per gram), which is the threshold at which lead becomes toxic for most tree species.

But this was not the most important finding, as some of the samples of *sibipiruna* and pine bark collected from another specific point, in the industrial zone of Sorocaba (more precisely in a neighborhood called Éden), showed impressive concentrations of lead, that exceeded 100 µg/g, in addition to high concentrations of sulfur and barium, which, depending on the concentration, can also be toxic to plants and animals (including humans).

WARNING

The researchers explain that lead, in its metallic form (Pb), and also as an oxide (PbO₂), is the main element used in the manufacturing process of automotive batteries, which explains why the samples from the industrial zone have such high concentration of this chemical element. This is because the samples of tree bark considered in the study were collected in front of an old battery factory called Saturnia S.A., located in the Éden neighborhood until 2011, when its activities were interrupted. Since then, the local press has been denouncing the potential contamination of that area, but the authors of the study emphasize the need to offer the population of Sorocaba a definitive answer about the extent of this contamination— and one that is supported by scientific evidence.

“The extensive analyses that were performed showed that samples obtained from downtown presented a wide range of chemical elements in high concentrations, which indicates that



Imprensa local vinha denunciando provável contaminação da área ao redor da antiga fábrica de baterias desde 2011
Local press had been denouncing the probable contamination of the area around the old battery factory since 2011

devido a atividades antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, o revestimento de asfalto, o desgaste de pneus e de peças mecânicas de automóveis, entre outras fontes. Já em relação ao bairro do Éden, esse foi o primeiro relatório científico que comprovou, sem sombra de dúvida, que o solo e as árvores daquele bairro, principalmente aquelas localizadas em frente à antiga fábrica de baterias automotivas Saturnia S.A., apresentam altos níveis de contaminação por chumbo”, declaram os autores.

Metais pesados como o chumbo são elementos que não podem ser eliminados pelo organismo sem intervenções externas, de modo que, se ingeridos ou absorvidos de outras formas, tendem a se acumular paulatinamente, muitas vezes silenciosamente, ao

this region is contaminated by pollutants due to anthropic activities such as the burning of fossil fuels, asphalt coating, the wear of tires and other mechanical parts of automobiles, among other sources. When it comes to the Éden neighborhood, on the other hand, this was the first scientific paper that proved, without a doubt, that the soil and trees in that region, mainly those located in front of the former Saturnia S.A. factory, have high levels of contamination by lead,” the authors declared.

Heavy metals such as lead are chemical elements that cannot be eliminated by the body without external intervention, so that, if ingested or absorbed in other ways, they tend to accumulate gradually, often silently, over the years. In the

longo dos anos. No caso específico do chumbo, se for absorvido pelo organismo humano além de certo limiar, o metal pode danificar órgãos vitais como o rim e o cérebro. Segundo Paulino, uma das autoras do artigo — e que já havia estudado em seu **MESTRADO**, também na Uniso, a contaminação de plantas medicinais por metais pesados —, “a exposição aguda ao chumbo pode causar perda de apetite, dor de cabeça, hipertensão, dor abdominal, disfunção renal, fadiga, insônia, artrite, alucinações e vertigem. Já a exposição crônica pode resultar em retardo mental, defeitos congênitos, psicose, autismo, alergias, dislexia, perda de peso, hiperatividade, paralisia, fraqueza muscular, danos cerebrais, danos nos rins e até mesmo a morte.”

specific case of lead, if it is absorbed by the human body beyond a certain threshold, it can damage vital organs such as the kidney and the brain. According to Paulino, one of the authors of the paper—who had already studied the contamination of medicinal plants by heavy metals as part of her **MASTER’S THESIS**, also at Uniso—, “acute exposure to lead can cause appetite loss, headache, hypertension, abdominal pain, kidney dysfunction, fatigue, insomnia, arthritis, hallucinations, and vertigo. Chronic exposure can result in mental retardation, birth defects, psychosis, autism, allergies, dyslexia, weight loss, hyperactivity, paralysis, muscle weakness, brain damage, kidney damage, and even death.”



Siga o link pelo *QR code* para acessar a reportagem sobre o estudo, “Plantas medicinais processadas podem estar contaminadas por metais pesados”, publicada na edição de número 5 (jun./2020) da revista Uniso Ciência

Follow the link to access the story on the study, “Processed medicinal plants may be contaminated by heavy metals,” published as part of issue #5 (June/2020) of the Science @ Uniso magazine.



Os pesquisadores defendem, assim, que a pesquisa serve de alerta, tanto à população quanto ao poder público de Sorocaba, sobre os potenciais riscos à saúde daqueles que habitam e transitam pela zona industrial do município, bem como sobre os efeitos das ações antrópicas sobre os ecossistemas de forma mais ampla, que ficam claros quando os bioindicadores urbanos são comparados àqueles obtidos em áreas preservadas.

Therefore, the researchers argue that the study serves as a warning, both to the population and the government of Sorocaba, about the potential risks to those who live around or transit through the industrial zone of the city, as well as about the effects of anthropic activities on the ecosystems in general. This is something that becomes clearer when data from urban bioindicators are compared to those obtained from samples collected in preserved areas.

Com base no artigo “*Evaluation of urban tree barks as bioindicators of environmental pollution using the X-ray fluorescence technique*”, publicado na edição de número 312, parte 2, de janeiro de 2023, no periódico Chemosphere, de autoria dos seguintes pesquisadores: Cristiane R. G. Caldana, Valquiria M. Hanai-Yoshida, Thais H. Paulino, Denicezar A. Baldo, Nobel P. de Freitas, Norberto Aranha, Marta M. D. C. Vila, Victor M. C. F. Balcão, José M. de Oliveira Junior.

Siga o link para ler o artigo original (em inglês):

Follow the link to access the original paper (in English):

