

# Salada de frutas tecnológica

Resíduos de frutas, como abacaxi, banana, laranja e abacate, são reaproveitados em novos produtos para purificar água, enriquecer plásticos e produzir álcool

Luiz Gustavo Cristino ●

Não é de hoje que nutricionistas e engenheiros de alimentos se esforçam para desenvolver receitas que aproveitem cascas, bagaços e sementes de frutas e legumes, sabidamente tão ou mais nutritivos que as polpas, mas largamente descartados. Nos últimos anos, porém, uma frente de pesquisadores da área de tecnologia tem enxergado nesses resíduos uma forma barata e abundante de matéria-prima para desenvolver novos produtos e processos.

Além de aumentar o valor agregado dos alimentos, as iniciativas podem ajudar a reduzir o volume de resíduos das frutas, que não é desprezível. Segundo o Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura, cerca de 35% da massa total de banana-

nanica comercializada são cascas, ou seja, tornam-se resíduos. A laranja traz números ainda mais preocupantes. Depois de extrair o suco, 65% do peso inicial da fruta tornam-se sobras, que costumam ser aproveitadas para ração animal. Já os restos do abacaxi, dependendo do tamanho da fruta, podem estar entre 27% e 38% do seu peso inicial. Não é à toa que as três frutas estão na mira dos pesquisadores.

Outra que chama a atenção é o abacate e sua enorme semente, visada para a produção de etanol. A ideia de aproveitá-la desse modo partiu de Manoel Lima de Menezes, professor do Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Unesp em Bauru, durante uma pesquisa que avaliava o potencial energético

do fruto. Olhando originalmente para a polpa rica em gordura como fonte para mais um tipo de biodiesel, Menezes e sua equipe viram-se diante de um problema para descartar grandes quantidades de caroço. “Começamos a nos preocupar com o que fazer com esse material. Então, percebemos que seria possível processá-lo para obter álcool”, explica ele.

A partir da análise química da semente, ele descobriu nela um teor de 20% de amido. Segundo o pesquisador, cada tonelada de caroço tem potencial para render até 75 litros de álcool. Dessa quantia, por enquanto, a equipe consegue produzir 64 litros, e está estudando a otimização do processo para aumento do rendimento.

O processamento do material é relativa-

Ilustração: Mauro Nakata



mente simples. Começa com a trituração em liquidificador industrial, com água. Depois, em um reator, o material é submetido à ação de enzimas que quebram o amido e o transformam em glicose. O produto passa, então, por filtração, restando uma solução adocicada, que é fermentada com leveduras durante 24 horas. E, por fim, por uma destilação simples para retirada do álcool resultante da fermentação.

Menezes também fez análises preliminares de resíduos de outras frutas, para a produção do etanol. De acordo com o químico, restos de manga possuem alto potencial para a obtenção da substância. “Também analisei a casca da banana e verifiquei que há 15% de carboidratos, por meio dos quais é possível produzir álcool”, diz. O próximo passo é desenvolver processos que viabilizem essa produção.

#### Planta de uma safra só

Outra fruta que vem chamando a atenção por seu descarte volumoso é o abacaxi. Assim como ocorre com a bananeira, o abacaxizeiro, depois de frutificar, morre. O problema dos produtores para se livrarem do resíduo após a colheita mobilizou o engenheiro agrônomo Alcides Leão, do Departamento de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp de Botucatu. “Com essa demanda, começamos a estudar a possibilidade de agregar valor a esses materiais”, diz.

Ele criou, com sua equipe de pesquisadores, um plástico enriquecido com fibras da planta que dá origem à fruta. “Já elencamos 320 peças que podem ser produzidas com o nosso material”, afirma Leão. Entre elas, para-choques e painéis para carros além de todo o revestimento interno de aviões ou de vagões de trens.

A planta do abacaxi, atualmente, costuma ser picada para utilização como adubo ou complemento da ração de animais. Por isso, a matéria-prima acaba sendo barata – o preço do quilo é estimado em um valor da ordem de um real.

O resíduo é aquecido em um processo de vários ciclos que resulta na chamada “nanocelulose”. Depois de passar por um processo de moagem, ele é colocado em um recipiente que lembra uma panela de

pressão. Em seguida, são acrescentados aditivos químicos antes do aquecimento. Por fim, a pressão dentro do recipiente é reduzida rapidamente, o que faz com que o material, literalmente, exploda, segundo Leão. O resultado disso é, visualmente, algo semelhante a um talco.

Esse material é misturado ao polipropileno, um plástico que é adquirido em forma de pequenos grãos, em uma extrusora – aparelho que funde os materiais e gera o produto resultante. No fim, ele é vendido também em grãos, da mesma forma como o polipropileno original. “Visualmente, não se nota a diferença, mas, quando se medem as características do produto, ele é bem mais resistente”, diz Leão.

Essa resistência pode chegar até ao quádruplo da resistência normal do plástico, segundo o pesquisador. Tudo depende da quantidade de nanocelulose na mistura, determinada pela indústria de acordo com as características desejadas, como a resistência e o peso.

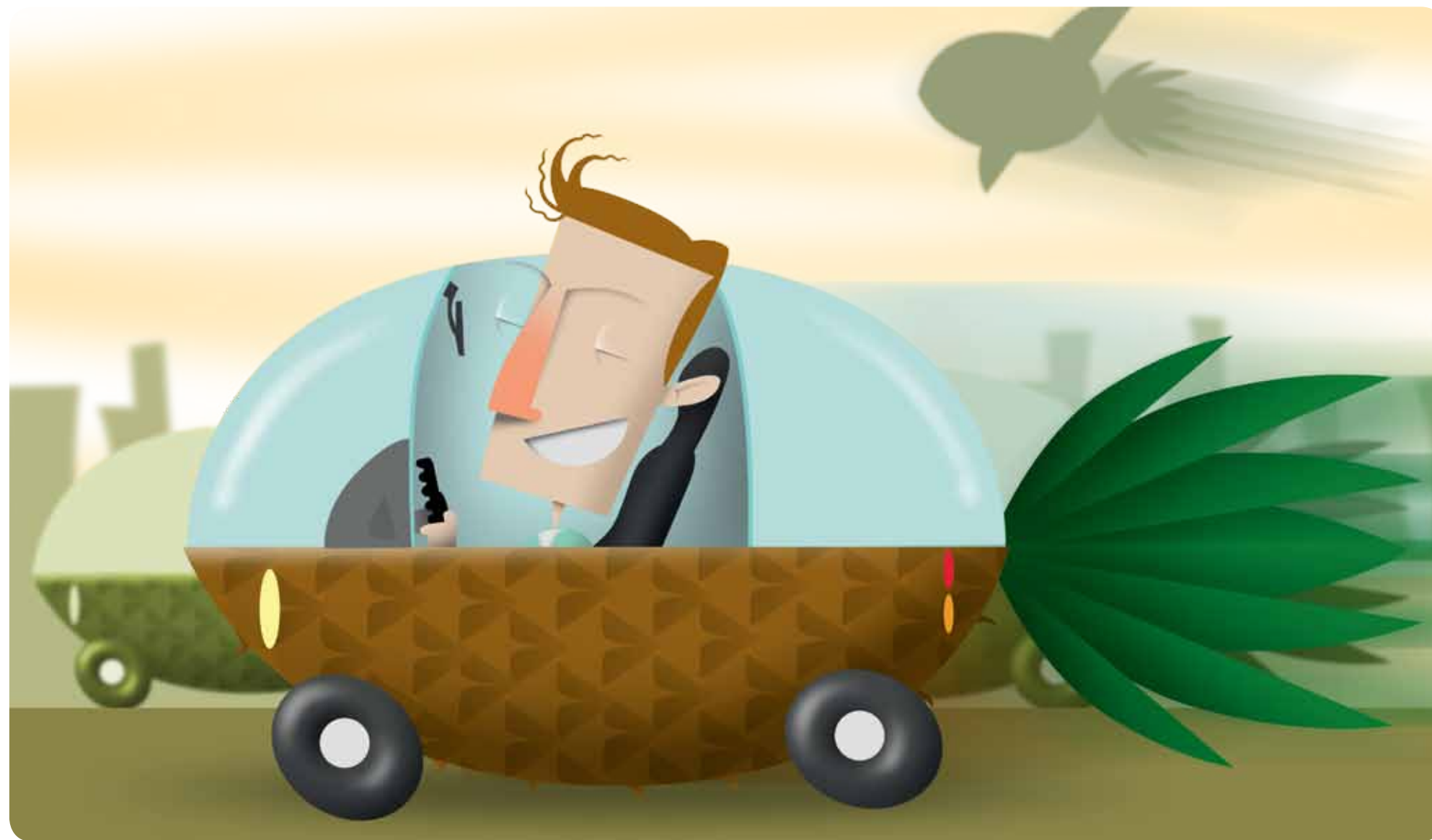
Outra vantagem do uso do aditivo, de acordo com o pesquisador, é que ele deixa o polipropileno de 20% a 30% mais leve. “Essa redução de peso pode ser interessante para os aviões”, diz ele. A ideia é substituir a fibra de vidro, usada atualmente para enriquecer o material. Outra característica importante para o mercado é a resistência ao impacto. Leão estuda, inclusive, a possibilidade de que o material possa revestir coletes à prova de bala.

Os custos, no entanto, ainda não são competitivos. O preço do novo material é cerca de 10 vezes o do plástico normal. Mas Leão minimiza o problema, explican-

O abacaxizeiro, depois de frutificar, morre. O problema dos produtores para se livrarem do resíduo mobilizou a pesquisa com fibras da planta, que costuma ser usada como adubo, para o desenvolvimento de um aditivo para plástico

do que o aumento de valor acaba por não ser tão grande se for levado em consideração que um menor volume de plástico apresentará maior resistência. A equipe está fazendo esse cálculo ao mesmo tempo em que busca por formas de reduzir o custo do próprio processo.

A pesquisa está, atualmente, em fase de planta-piloto – uma escala de produção intermediária, entre a laboratorial e a industrial – e produz cerca de um quilo de nanocelulose por mês. Para uma produção industrial, diz o pesquisador, seria necessária uma capacidade de aproximadamente 1 tonelada mensal. Ele estima que algumas parcerias que estão sendo feitas com a indústria possam viabilizar esse aumento de escala até o final do ano.



Mauro Nakata

Leão investiga também a possibilidade de usar o tronco da bananeira para o mesmo fim. “Achamos que não devemos criar uma concorrência com o uso das frutas para alimentação, mesmo sendo possível. Criando um novo mercado, o preço da fruta subiria, e não é o que queremos.”

#### Multifuncional

O número de utilidades para os resíduos da banana, aliás, parece não ter limites. Há quem aposte que, futuramente, além de serem matéria-prima para etanol e peças plásticas, essas frutas tropicais possam desempenhar outros papéis.

Desde 2009, o químico Gustavo Rocha de Castro, professor do Departamento de Química e Bioquímica do Instituto

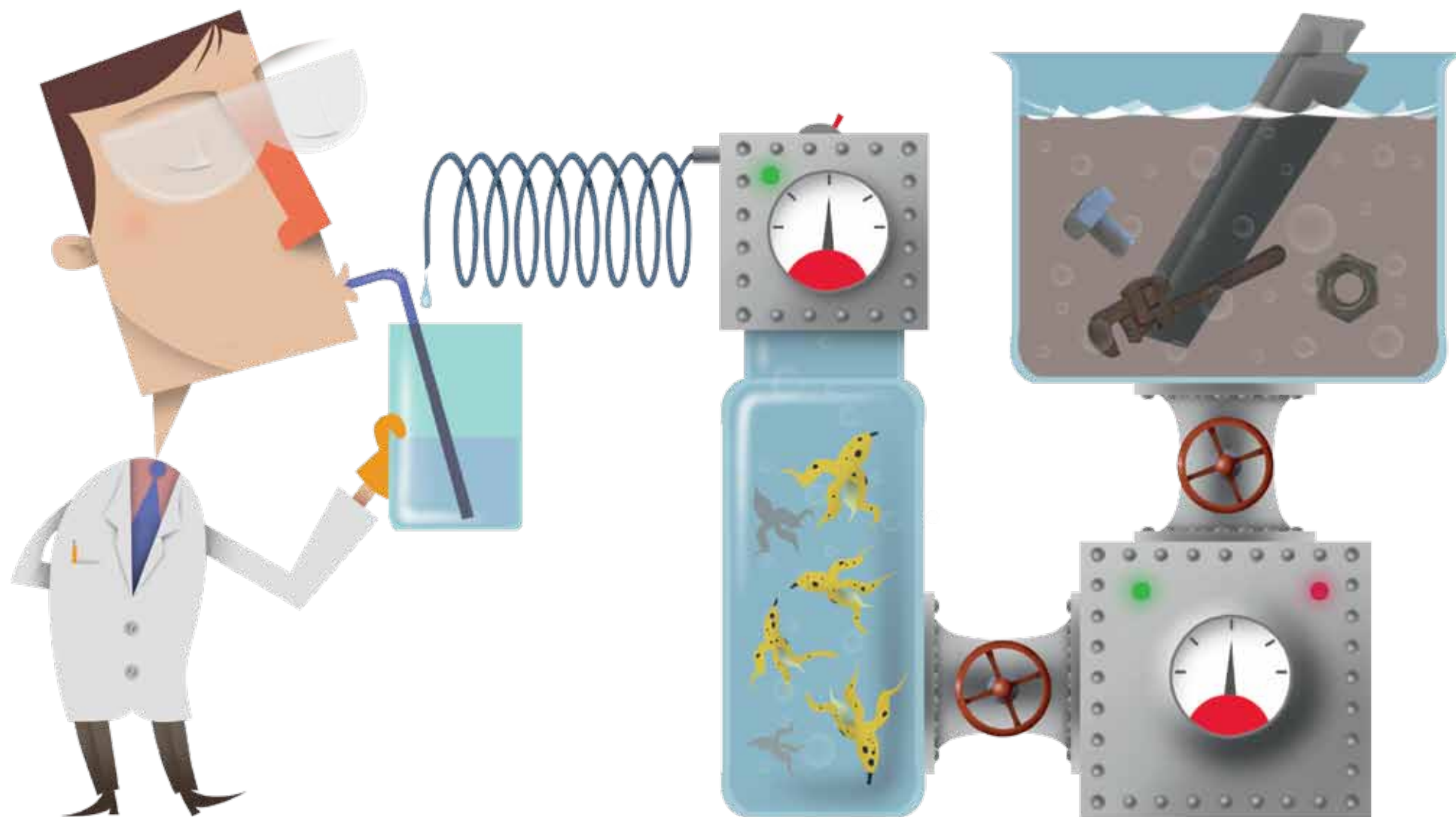
de Biociências de Botucatu, vem desenvolvendo um filtro para purificação de águas contaminadas por metais pesados que utiliza somente casca de banana triturada. Os resultados de seu trabalho foram publicados na edição de março do *Industrial & Engineering Chemistry Research*, revista ligada à American Chemical Society, dos Estados Unidos, e atraíram atenção internacional.

Dados do relatório “Cuidando das Águas”, editado este ano no Brasil pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, mostram que, a cada ano, as indústrias do mundo lançam entre 300 e 400 milhões de toneladas de metais pesados, solventes, lodo tóxico e outros resíduos nos corpos de água. Por aqui, o acesso à

água limpa está cada vez mais complicado. Uma pesquisa feita em 2010 pela ONG SOS Mata Atlântica com amostras coletadas em 81 rios de 17 Estados não encontrou nenhuma com qualidade superior ao nível “regular”, e muitas foram classificadas como “ruim” e “péssima”.

“Foi um resultado muito pior do que a gente imaginava”, conta Malu Ribeiro, coordenadora da Campanha das Águas da ONG. “Hoje o maior vilão da contaminação são os esgotos não tratados e a rede de esgoto insuficiente. Mas o problema envolve também um desafio tecnológico”, avalia ela.

São muitas as pesquisas acadêmicas que buscam encontrar novas técnicas de descontaminação. O próprio Castro



tem trabalhado no desenvolvimento de métodos para a remoção de metais pesados desde o mestrado, em 2002. Na maior parte das vezes, seus trabalhos envolveram materiais sintéticos, como sílica e celulose modificada.

O problema é que o processo de preparação dessas substâncias resulta na produção de resíduos tóxicos, que posteriormente requerem condições especiais de despejo. Ou seja, embora se obtenha ao final da empreitada água despoluída, o custo disso é a produção de material potencialmente danoso ao ambiente.

Por isso, em 2008 ele começou a analisar produtos naturais, em busca de novas possibilidades. Descobriu na literatura científica que a casca do fruto tem alta

concentração de proteínas. Para conferir, triturou a casca de algumas bananas, secou o material e submeteu-o a uma espectroscopia de infravermelho. A análise indicou grande quantidade de nitrogênio, proveniente de aminoácidos e das proteínas, assim como de ácidos carboxílicos.

A seguir, fez testes usando soluções contendo cobre ou chumbo. Nos testes, as soluções eram colocadas junto com a casca triturada num equipamento agitador e sacudidas por períodos entre 10 e 20 minutos. A análise mostrou que a casca de banana havia conseguido absorver quase todo o metal da água, reduzindo a concentração, que era de 20 miligramas de metal para cada litro de água, para menos de 1 mg/l.

“Quando fiz o experimento pela primeira vez, me surpreendi, não esperava um efeito tão bom”, conta Castro.

A eficiência na absorção dos metais contaminantes ocorre por conta da ação do nitrogênio e dos ácidos carboxílicos. Em contato com a água, a molécula do ácido carboxílico se dissocia, formando um íon de carga negativa. Já o processo de secagem e trituração da casca deixa disponíveis os grupos nitrogenados, também sob forma de um íon de carga negativa.

Como os metais contaminantes existem na água sob a forma de íons de carga positiva, são “atraídos” pelos íons negativos, e depositam-se junto às partículas da casca.

Castro criou então um protótipo de filtro usando uma coluna, onde um fluxo de

água passava através de uma camada de alguns milímetros de banana triturada. Os experimentos com o protótipo de filtro também serviram para comprovar a eficiência da substância. Com um quilo de casca de banana triturada, é possível purificar 10 litros de água com 41,4 gramas de chumbo ou 20,97 gramas de cobre, concentrações bastante altas.

A etapa final consistiu em comparar a eficiência da casca de banana com a de outros agentes usados para capturar metais contaminantes. O fruto se revelou 60% melhor do que, por exemplo, a casca de amendoim. Também venceu algumas substâncias artificiais, como a bentonita – uma mistura de diversos tipos de argila –, mas teve desempenho ligeiramente

inferior a outras, como o gel de sílica.

Castro diz que filtros com casca de banana podem vir a ser usados para atender populações que vivam em áreas onde o acesso à água de qualidade seja difícil, mas acredita que sua aplicação principal pode acontecer no tratamento dos efluentes gerados por indústrias de setores como fundição, mineração e curtumes, devido ao custo-benefício ótimo. Afinal, enquanto cinco gramas de gel de sílica custam quase R\$ 800, a nova opção sai, literalmente, a preço de banana.

Ou a preço de laranja, segundo estudo da professora Silvana Montanher, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Durante seu doutorado em química, na Universidade Estadual de Maringá, ela pesquisou a utilização do bagaço de laranja para adsorção de metais pesados para utilização em tratamento de efluentes.

“Na indústria, o bagaço, depois que se tira o suco, é usado para ração animal, ou seja, é um material muito barato”, diz ela, sobre a escolha da fruta. O bagaço substituiria o carvão ativado, que tem preço mais elevado. “Se fosse possível utilizá-lo, poderíamos cuidar de dois problemas: a quantidade de bagaço que sobra da indústria da laranja e o tratamento de efluentes industriais.”


No processo, estudado em escala laboratorial, parte do material foi usado *in natura*, enquanto o restante passou por um tratamento com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), uma base forte, para elevação do pH, variável que exerce grande influência na eficiência da

adsorção dos íons de metais pesados (no caso da pesquisa, chumbo, cobre, zinco e níquel). O bagaço era lavado, seco e, em seguida, triturado e acomodado em uma pequena coluna. As soluções de efluentes passavam, então, por dentro dessa coluna e eram liberadas. Por meio de espectrometria de absorção atômica, ou seja, pela medida da quantidade de luz que os metais da solução absorviam, era possível determinar a quantidade restante desses metais no fim do processo.

A conclusão do estudo de Silvana foi de que o bagaço da laranja tratado com NaOH era mais eficiente que o bagaço *in natura* e poderia servir para compor filtros e tratar efluentes de indústrias que fabricam produtos termoacústicos – ou seja, telhas, forros, e outros utilizados na construção civil – e chapas metálicas, mas não apresentou grande eficácia para tratar efluentes das indústrias de galvanoplastia e de baterias automotivas, cujo pH é mais baixo que o das primeiras.

Apesar de não ter avançado nos estudos do processo em uma escala mais ampla que a laboratorial, Silvana acredita na eficiência do material estudado. “Com mais estudos, ele poderia ser utilizado, não como um só processo, mas em conjunto com outros, nos casos em que o efluente tem pH apropriado”, afirma ela.

Malu, do SOS Mata Atlântica, explica que, embora o despejo de metais pesados nos rios tenha diminuído, muito material ainda está armazenado no leito dos rios. “Estas águas não são usadas. Mas com o crescimento das populações urbanas, vamos precisar recorrer a esses reservatórios. E a descontaminação é sempre um processo longo e caro”, diz ela.

O Brasil abriga 12% de toda a água doce do mundo, mas até na bacia amazônica falta hoje água adequadamente tratada para consumo humano. Uma nova geração de tecnologias acena com a possibilidade de reverter este quadro, tornando a descontaminação algo mais barato e ambientalmente menos custoso. Mais do que apenas atender às populações daqui, o impacto de uma mudança nesta área poderia beneficiar todo o planeta. 

• Colaborou Pablo Nogueira

O Brasil abriga 12% da água doce do mundo, mas falta água tratada para consumo humano. Filtro de casca de banana faz parte de nova geração de tecnologias que busca tornar a descontaminação mais barata e ambientalmente menos danosa