

*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:*



# **INOVAÇÃO VERDE E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL:**

**liberando o potencial dos microrganismos**

# **GREEN INNOVATION AND SUSTAINABLE AGRICULTURE:**

**unleashing the full potential of microorganisms**

Por/By: Édison Trombeta  
Fotos/Photos: Fernando Rezende

Foto/Photo: ajpespedes (Adobe Stock)

Fotobiorreator tubular para microalgas

Tubular photobioreactor for microalgae



“O que nós estamos fazendo aqui?”

Foi com esta pergunta, tão direta quanto ambígua, que teve início uma fala da professora doutora Renata de Lima, em setembro de 2023, no lançamento oficial do evento MOBI\_RMS: Mobilidade, Inovação e Economia Descarbonizada na Região Metropolitana de Sorocaba, programado para o primeiro semestre de 2024. Ela é docente dos Programas de Pós-Graduação em Processos Tecnológicos e Ambientais e em Ciências Farmacêuticas da Universidade de Sorocaba (Uniso).

É uma pergunta direta porque ela mesma a responde: “estamos aqui para pensarmos juntos, para somar, para dividir, para encontrar soluções, para expor nossos sonhos. E eu sei que a gente pode mudar a história”. Ou seja, a docente destaca que o ser humano é causador dos impactos climáticos e ambientais atuais e, ao mesmo tempo, o único responsável por sua mudança.

E é uma pergunta ambígua porque, fora do contexto particular de emissão, vale como questionamento quase filosófico para toda a humanidade. O que cada um de nós está fazendo neste momento, neste espaço? Qual nosso papel no mundo?

Ambas as possibilidades de interpretação são importantes para o tema que a docente se coloca a discutir: como (re)pensar o arranjo produtivo da RMS de forma a torná-lo mais sustentável? Lima destaca: “Existe a necessidade de se olhar os 3 pilares da Sustentabilidade: Economia, Sociedade e Ambiente (*Triple Bottom Line*), cujo conceito foi proposto pela primeira vez por John Elkington. Logo, vários parâmetros devem ser considerados para que cheguemos à sustentabilidade, como conservação do solo, água, recursos animais e vegetais, envolvendo qualidade de vida, tecnologias limpas, uso racional de recursos e responsabilidade social”.

Lima destaca que a agricultura na região é familiar, o que é um fator positivo. “A agricultura familiar já tem um sequestro maior de CO<sub>2</sub>, porque tem algumas práticas que propiciam isso; 70% dessa agricultura é utilizada para

“What are we doing here?”

With this question, as straightforward as it is ambiguous, professor Renata de Lima, who holds faculty positions at two of Uniso’s graduate programs—in Technological and Environmental Processes, and Pharmaceutical Sciences—kicked off her speech, back in September 2023, at the official announcement of the event MOBI\_RMS: Mobility, Innovation, and Decarbonized Economy in the Metropolitan Region of Sorocaba, scheduled to take place in the first semester of 2024.

It is a direct question, indeed, and she provides the answer herself: “We are here to think collectively, to pool efforts, to share, to find solutions, to articulate our dreams. And I know that we can reshape history.” In other words, she emphasizes that humans are both the source of current environmental impacts on our planet and, yet, the agents responsible for effecting change.

Furthermore, the question is ambiguous because, when taken out of the specific context of her speech, it transforms into an almost philosophical inquiry directed towards all of humanity. What is each of us engaged in at this very moment, in the space we currently occupy? What is our role in this world?

Both potential interpretations hold significance within the context of her lecture: how to (re) evaluate the productive arrangement of the Metropolitan Region of Sorocaba to make it more sustainable? “It is essential to contemplate the three pillars of sustainability: Economy, Society, and Environment (the so called Triple Bottom Line), a concept initially introduced by John Elkington,” Lima emphasizes. “Consequently, several parameters must be considered when it comes to attaining sustainability, including soil conservation, water management, utilization of animal and plant resources, quality of life, clean technologies, rational use of resources, and social responsibility.”

Lima points out that the agriculture practiced in the region is already family-based, which is a positive factor. “Family farming represents a



Professora doutora Renata de Lima, durante fala no lançamento oficial do MOBI\_RMS  
Professor Renata de Lima, during her speech at the official launch of the event MOBI\_RMS



Microalgas: seres aquáticos com grande potencial biotecnológico  
Microalgae: aquatic organisms with substantial biotechnological potential

alimentação, e os outros 30% restantes são perdas”, destaca a docente.

Mas é possível melhorar, e a tecnologia é uma aliada. “A tecnologia pode ajudar tanto a não ter essa quantidade de perda quanto a aumentar essa produção. A tecnologia pode contribuir com a produção de biofertilizantes ou biopesticidas, assim como o melhoramento de organismos para utilização no controle biológico. Outra possibilidade é o aproveitamento dessa biomassa para produção de bioinsumos de valor agregado, como **BIOCOMBUSTÍVEIS**, nutracêuticos, entre outros”, ressalta Lima.

greater level of CO<sub>2</sub> sequestration, because it employs certain practices that facilitate it. 70% of this agriculture is used for food production, with the remaining 30% accounting for losses,” she says.

However, improvement is possible, and technology is quite an ally. She goes on: “Technology can assist in reducing these levels of loss and increasing production. It can contribute to the production of biofertilizers or biopesticides, as well as to the enhancement of organisms to be used in biological control. Another possibility is harnessing this biomass for the production of value-added bioinputs, such as **BIOFUELS**, nutraceuticals, among others.”

### PARA SABER MAIS: BIOCMBUSTÍVEL

O Programa Combustível do Futuro é uma ação desenvolvida pelo Governo Federal para ampliar o uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono. É um programa cujas ações são compostas por diversos órgãos, como ministérios, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA) e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), entre outros. Deve-se, por meio desta política pública, propor medidas para integração entre políticas já existentes, como a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), entre outros, bem como propor uma metodologia de avaliação do ciclo de vida completo do combustível (do poço à roda) para fins de avaliação das emissões dos modos de transporte. Além disso, deve-se propor estudos para ampliação do uso de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono, avaliação das tecnologias da célula a combustível disponíveis para orientar pesquisa, desenvolvimento e inovação, introdução na matriz energética de querosene de aviação sustentável e utilização de tecnologia de captura e armazenamento de carbono associada à produção de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono.

Lima aponta: “O biocombustível mais conhecido é o de primeira geração (E1G), porém atualmente o combustível de segunda geração (E2G), também conhecido como etanol verde, é produzido utilizando também a biomassa vegetal lignocelulósica, logo utiliza matéria-prima de baixo impacto ambiental que seria descartada. E ainda existe a possibilidade de produção de biocombustível de terceira geração (E3G), que utiliza cultivo de microalgas, sendo uma opção a criação de fazendas de microalgas”.

### TO KNOW BETTER: BIOFUELS

The Fuel of the Future Program (*Programa Combustível do Futuro*, in Portuguese) is an initiative developed by the Brazilian Federal Government to expand the use of sustainable

and low-carbon fuels. It is a program that involves various government agencies, including different ministries; the National Agency of Petroleum, Natural Gas, and Biofuels (ANP, in the Portuguese acronym); the Brazilian National Civil Aviation Agency (ANAC); the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (Ibama); and the National Institute of Metrology, Quality, and Technology (Inmetro), among others. Through this public policy, the program aims at integrating policies that already exist, such as the National Biofuels Policy (RenovaBio), and the National Program for the Rationalization of the Use of Petroleum Derivatives and Natural Gas (Conpet), among others. It also aims at proposing a methodology for the assessment of the complete life cycle of fuel (from well to wheel), enabling the evaluation of emissions associated with various modes of transportation. Besides that, it seeks to foster research focused on expanding the use of sustainable and low-carbon fuels; evaluating available fuel cell technologies to guide research, development, and innovation; introducing sustainable aviation kerosene into the energy matrix; and utilizing carbon capture and storage technology associated with the production of sustainable and low-carbon fuels.

Lima emphasizes: “While first-generation biofuels (E1G) are the most well-known, the production of second-generation biofuels (E2G), also referred to as green ethanol, involves the use of lignocellulosic plant biomass, which means it utilizes low-impact raw materials that would otherwise be discarded. Furthermore, there is also the possibility of producing third-generation biofuel (E3G) with microalgae, which means microalgae farms are an option.”

E há outras opções para o uso dessas biomassas. Na área médica, é possível pensar em vacinas, cosméticos e medicamentos, mas elas também podem ser aplicadas em suplementos e ração, por exemplo. “Dependendo da biomassa produzida, é possível direcionar sua produção para diferentes áreas, uma vez que a ideia é transformar resíduos agroalimentares em matéria-prima para alavancar a bioeconomia circular, produzindo diferentes materiais avançados, como bioplásticos, dispositivos biomédicos e sensores, ou propiciar a conversão e armazenamento de energia. Porém devemos lembrar que reduzir o desperdício de alimentos também é uma meta, e uma possibilidade é a produção de filmes comestíveis à base de frutas, legumes e hortaliças, que podem ser utilizados como embalagens comestíveis. A ideia é substituir o que é de origem petroquímica por ingredientes biológicos, visando a uma bioeconomia pautada no cumprimento dos

There are also additional possibilities for utilizing biomass. In the medical field, there are applications such as vaccines, cosmetics, and pharmaceuticals. They can also be applied in supplements and animal feed, for example. “Depending on the kind of biomass, it is possible to direct its production to different areas. The idea is to transform agricultural waste into raw materials to boost the circular bioeconomy, thus producing various advanced materials such as bioplastics, biomedical devices, sensors, or even enabling energy conversion and storage. However, it is crucial to bear in mind that reducing food waste is also a priority, so another possibility is the production of edible films derived from fruits and vegetables, which can serve as edible packaging. The idea is to replace everything that is petrochemical-based with biological ingredients, aiming for a bioeconomy that contributes for us to reach the United Nations Sustainable Development Goals,” the researcher proposes.





Em seu laboratório na Uniso, professora doutora Renata de Lima manipula materiais de sua pesquisa  
In her laboratory at Uniso, professor Renata de Lima manipulates research materials

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU)”, relembra a docente.

### AO INFINITO E ALÉM: AS MICROALGAS

Pode-se pensar, além destas soluções já conhecidas, em pontos inovadores. Lima destaca sua pesquisa com microalgas. “As microalgas são seres aquáticos, na maioria unicelulares, mas que podem formar aglomerados altamente organizados; geralmente se reproduzem por fissão binária, mas também podem realizar reprodução sexuada. Quando realizam fotossíntese, as microalgas são responsáveis

### TO INFINITY AND BEYOND: MICROALGAE

In addition to these well-established solutions, there is room for innovation. The professor mentions her research involving microalgae. “Microalgae are primarily aquatic microorganisms, often unicellular but capable of forming highly organized clusters. They typically reproduce through binary fission, but can also engage in sexual reproduction. They can be photoautotrophic (which means they perform photosynthesis), heterotrophic (they rely on external food sources), or mixotrophic (they alternate between photoautotrophy and heterotrophy). When they

pela captura de CO<sub>2</sub> e mitigação de gases de efeito estufa, logo apresentam grande potencial biotecnológico, tais como: fonte de energia, melhoria da fertilidade de solos, produção de pigmentos, lipídeos, proteínas (...). Devido à sua alta versatilidade, elas podem ser utilizadas desde a produção de biocombustíveis até a produção de alimentos”, explica a professora.

A possibilidade de usos de microrganismos é um objeto de estudo recorrente no laboratório de Lima. A proposta, pensando em inovação verde, vai no caminho de otimizar a produção dessas microalgas como em uma horta vertical em um ambiente extremamente controlado, para uma finalidade dupla: sequestrar CO<sub>2</sub> durante o processo de crescimento das microalgas e produzir biomassa para finalidades diversas.

O ambiente controlado, mencionado no parágrafo anterior, é, na verdade, um fotobiorreator tubular que, por ser um reator tubular, permite maior exposição, o que facilita a fotossíntese em um sistema fechado. “Esse fotobiorreator pode ser modulado da forma que a gente achar mais interessante, com tamanhos diferenciados. Essa forma de criar microalgas é um sistema fechado que possibilita que não haja tanta contaminação e também que nós tenhamos a qualidade melhor do nosso produto”, aponta a docente.

### E AGORA, ENTÃO?

Por 200 anos, a humanidade viveu uma economia linear (*take-make-waste*), ou seja, os produtos eram produzidos utilizando recursos extraídos da natureza e os resíduos eram desperdiçados. Isso fez com que a sociedade presenciasse uma mudança como nunca na história, mas a pobreza e a desigualdade continuam sendo um problema global, com danos ambientais e degradação — logo é evidente a necessidade de mudanças. “Em levantamento realizado em 2015 pela *Global Footprint Network*, até aquele momento, já havíamos utilizado 1,6 vezes o nível sustentável de recursos em nosso planeta. E em setembro do mesmo ano,

undergo photosynthesis, they play a crucial role in capturing CO<sub>2</sub>, thus mitigating greenhouse gases. As a result, they hold significant biotechnological potential, serving not only as a source of energy but also as fertilizers. Additionally, they are used in the production of pigments, lipids, and proteins. This versatility renders them highly valuable, as they can be applied in a wide range of applications, from biofuel production to food production,” she explains.

Putting microorganisms into use is a recurring focus of study in Lima’s laboratory. Her proposition, aligned with the principles of green innovation, seeks to enhance the production of these microalgae, set to be cultivated in vertical gardens within extremely controlled environments. This serves a dual purpose: capturing CO<sub>2</sub> during the microalgae growth process, as well as generating biomass for many different applications.

The controlled environment mentioned in the previous paragraph is, in fact, a tubular photobioreactor. Being tubular, it allows for greater exposure, which facilitates photosynthesis within a closed system. “This photobioreactor can be customized the way we find more interesting, in different sizes. This method of cultivating microalgae constitutes a closed system, which minimizes contamination, and also ensures a higher quality product,” says the professor.

### NOW WHAT?

For the past 200 years, humanity has operated within a linear economy (*take-make-waste*), where products were created using resources harvested from nature, and the resulting waste was simply discarded. This has led to unprecedented changes in society’s history, but it has also left us grappling with persisting issues like poverty, inequality, and environmental degradation on a global scale. The imperative for change is glaringly clear. “According to a survey conducted in 2015 by the *Global Footprint Network*, we had already used 1.6 times the sustainable level of resources on our planet by that time. In September of the same year, world leaders committed to 17 global goals for

# OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

## SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



- 1 ERRADICAÇÃO DA POBREZA • NO POVERTY
- 2 FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL • ZERO HUNGER
- 3 SAÚDE E BEM-ESTAR • GOOD HEALTH AND WELL-BEING
- 4 EDUCAÇÃO DE QUALIDADE • QUALITY EDUCATION
- 5 IGUALDADE DE GÊNERO • GENDER EQUALITY
- 6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO • CLEAN WATER AND SANITATION
- 7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL • AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY
- 8 TRABALHO DECENTE E CRESCIMENTO ECONÔMICO • DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH
- 9 INDÚSTRIA, INOVAÇÃO E INFRAESTRUTURA • INDUSTRY, INNOVATION, AND INFRASTRUCTURE
- 10 REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES • REDUCE INEQUALITIES
- 11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS • SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES
- 12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS • RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION
- 13 AÇÃO CONTRA A MUDANÇA GLOBAL DO CLIMA • CLIMATE ACTION
- 14 VIDA NA ÁGUA • LIFE BELOW WATER
- 15 VIDA TERRESTRE • LIFE ON LAND
- 16 PAZ, JUSTIÇA E INSTITUIÇÕES EFICAZES • PEACE, JUSTICE, AND STRONG INSTITUTIONS
- 17 PARCERIAS E MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO • PARTNERSHIPS FOR THE GOALS

Líderes mundiais se comprometeram com 17 metas globais para o desenvolvimento sustentável (os **OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL** – ODS), que devem ser cumpridas até 2030 (Agenda 2030). Para auxiliar no cumprimento dos ODS, a Comissão Europeia, em 2018, integrou conceitos de sustentabilidade e circularidade na bioeconomia, na tentativa de mostrar soluções e orientar pensamentos, ficando clara a necessidade de adaptação e reflexão do nosso lugar na natureza e a relação que temos com os outros”, destaca a professora.

sustainable development (the **SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**, or SDGs), to be achieved by 2030 (the so called 2030 Agenda). To assist in achieving the SDGs, in 2018, the European Commission integrated the concepts of sustainability, circularity, and bioeconomy, with the goal of providing solutions and guiding our collective thinking. This integration underscores the undeniable need for adaptation and reflection on our role in nature and our relationships with each other,” the professor emphasizes.

Nenhuma das opções e possibilidades dadas anteriormente resolvem, de maneira isolada, os problemas ambientais causados pelo ser humano. E elas mesmas precisam de um trabalho colaborativo, cooperativo, entre diversos setores. E essa é uma resposta que pode suprir bem a lacuna da pergunta que abre esta reportagem: talvez estejamos aqui, agora, para colaborar. “Para que tudo isso aconteça, para que a gente chegue ao final, para que a gente atravesse o nosso labirinto, existe a necessidade de fomento, de parcerias, de quem acredite em tudo que a gente está propondo”, finaliza Lima.

Nevertheless, none of the previously mentioned possibilities can single-handedly resolve the environmental challenges caused by humans. They require collaborative and cooperative efforts across diverse sectors. This is actually an answer that may apply to the question that served as opening line for this story: perhaps we are here to collaborate, after all. “For all of this to be achievable, and for us to be able to navigate this maze in which we find ourselves, there is a vital need for support, for partnerships, and for those that will believe in the solutions we are now proposing,” Lima concludes.