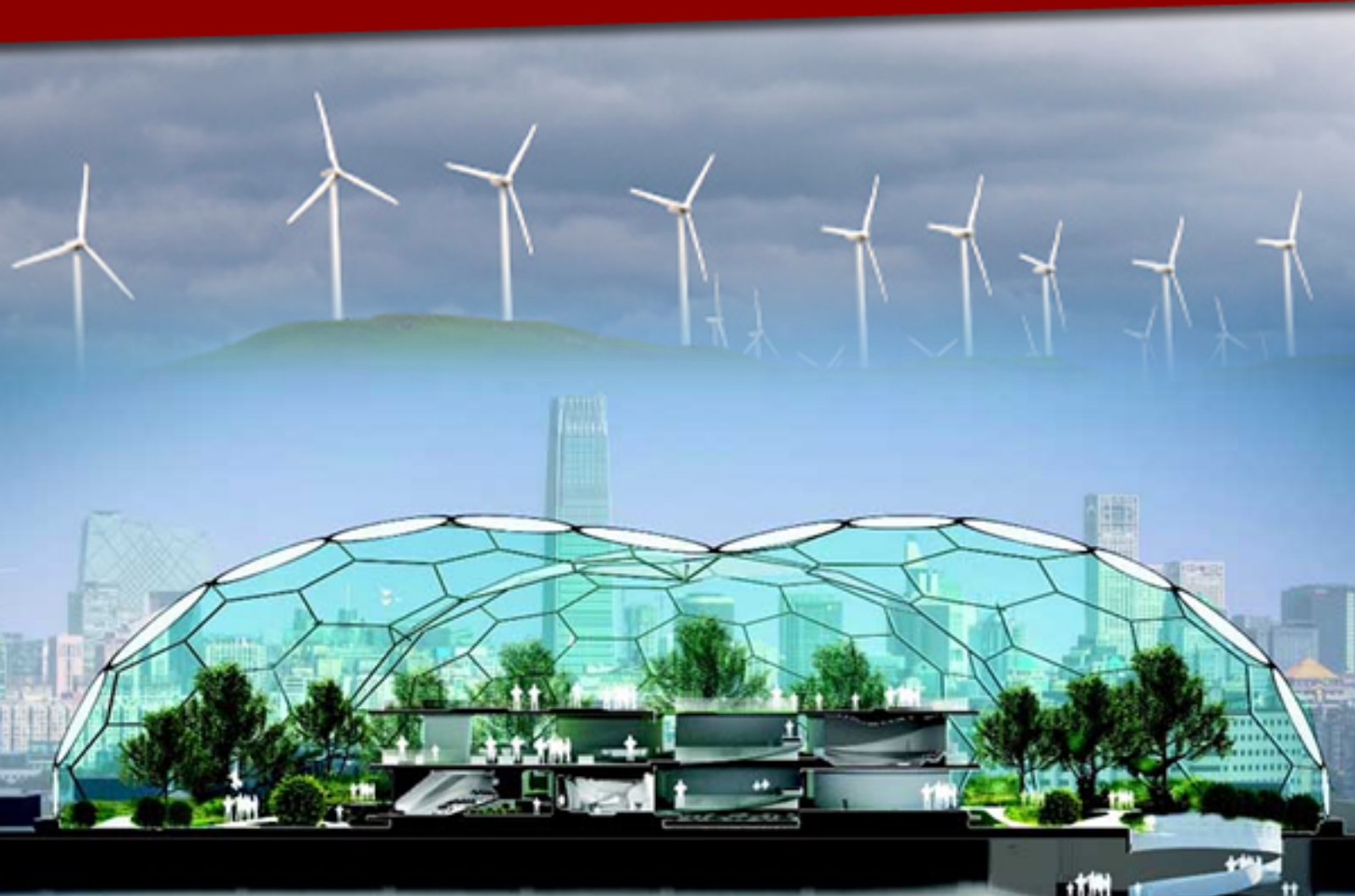


# Engenharia Sanitária e Ambiental

## Tecnologias para a sustentabilidade

Irene Carniatto  
Mauri José Schneider  
Aline Costa Gonzalez  
(Organizadores)





# **ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE**

---

**Irene Carniatto  
Mauri José Schneider  
Aline Costa Gonzalez  
(Organizadores)**

### **Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

### **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho

Universidade de Brasília

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior

Universidade Federal de Alfenas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto

Universidade Federal de Pelotas

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua

Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Lina Maria Gonçalves

Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa

Faculdade de Campo Limpo Paulista

Profª Drª Ivone Goulart Lopes

Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez

Universidad Distrital Francisco José de Caldas/Bogotá-Colombia

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

2016 by Irene Carniatto, Mauri José Schneider, Aline Costa Gonzalez

© Direitos de Publicação

ATENA EDITORA

Avenida Marechal Floriano Peixoto, 8430

81.650-010, Curitiba, PR

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

Revisão

*Os autores*

Edição de Arte

*Geraldo Alves*

Ilustração de Capa

*Geraldo Alves*

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

E57

Engenharia sanitária e ambiental [recurso eletrônico]: tecnologias para a sustentabilidade / Organizadores Irene Carniatto, Mauri José Schneider, Aline Costa Gonzalez. – Curitiba (PR): Atena, 2016.

145 p.

ISBN: 978-85-93243-11-0

DOI: 10.22533/93243-11-0

Inclui bibliografia

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária.  
3. Sustentabilidade. I. Carniatto, Irene. II. Schneider, Mauri José. III. Gonzalez, Aline Costa. IV. Título.

CDD-628

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93243-11-0



## **TECNOLOGIA AMBIENTAIS: contribuições de estudos à Ciência e Tecnologia**

Com a modernidade, o ser humano impõe uma pressão sobre o ambiente, na mesma proporção, os problemas ambientais também evoluem.

Nas cidades brasileiras ocorre uma grande concentração populacional nas periferias das cidades, áreas carentes de serviços de saneamento, contribuindo para concentração da poluição, agravando problemas de drenagem e assoreamento. A falta de informação e de consciência ambiental provoca na população uma postura de desresponsabilidade em relação ao meio ambiente.

A busca pela sustentabilidade local e planetária é urgente e necessita estar em pauta na vida de cada cidadão. Por estes motivos, se faz necessária a realização de estudos que revelem aspectos e dados para um acompanhamento destes, com intuito de acompanhar as transformações e aplicações das ciências e da tecnologia. Na busca por este enfoque, existe a necessidade de novas ferramentas de diagnóstico e planejamento que permitam que os cidadãos se identifiquem mais com o meio em que vivem, notem os impactos que suas ações causam e ainda facilitar a identificação de soluções para problemas locais.

Neste início de século, o mundo tem se tornado cada vez mais conectado e atraente, assim para que os saberes tecnológicos se tornem ferramentas em educação, estes devem ser tidos como um dos meios pelos quais se possam criar possibilidades para a produção e (re)construção de novos conhecimentos através das mais diferentes pesquisas e interações. Podendo, ainda, acontecer a personalização ao longo desta nova construção, uma vez que cada processo é único, e tem como pano de fundo demandas sociais e novas tendências científicas.

As demandas sociais e as novas tendências em informação científica e tecnológicas se propõe a ampliar o universo de discussão e da participação nos temas relevantes envolvendo a ciência, tecnologia e inovação. E nesta direção uma proposta é a de atualizar as agendas de discussão e aprofundar pesquisas nos temas tradicionais, vinculados aos temas regionais de ciência, tecnologia e ambiente e estender o alcance do debate até aquelas áreas de trabalho que possam oferecer ferramentas para apresentar soluções e informações de uso tanto para as ciências básicas, quanto para a sociedade.

É importante refletir que a ciência é intrinsecamente um processo histórico, não somente o conhecimento, mas as técnicas pelas quais ele é produzido. Dentro do movimento histórico mais amplo da própria civilização, é uma sequência de movimentos (KNELLER, 1980, p. 13). E que "(...) a tecnologia é a aplicação do conhecimento científico para obter-se um resultado prático. O homem criou ciência e tecnologias que trouxeram mudanças

significativas em suas relações com outros seres humanos e com a natureza” (BRITO, 2006, p.18). E, que o conhecimento se constrói com base em constantes desafios, atividades significativas que excitam a curiosidade, a imaginação e a criatividade são as bases para as perguntas que embasam as hipóteses de pesquisa.

A tecnologia, no entanto, não se reduz à utilização de meios. Ela carece necessariamente de ser um instrumento mediador entre o homem e o mundo, o homem e a educação, servindo de mecanismo pelo qual o educando se apropria de um saber, redescobrimdo e reconstruindo o conhecimento” (NISKIER, 1993 apud BRITO, 2006, p. 31).

O conhecimento tecnológico produzido na academia é intrinsecamente articulado ao processo educativo, com base nas pessoas e sua concepção de mundo, buscando respostas a perguntas específicas ou gerais, como demandas de sua área de atuação. “O processo de ensino-aprendizagem-conhecimento é um processo multifacetado e de múltiplos domínios que se entrecruzam” (CARNIATTO, 2002, p. 13).

Neste sentido, são apropriadas as palavras de Moran, quando diz que quanto mais avançadas as tecnologias, mais precisa de pessoas humanas, evoluídas, competentes e éticas (MORAN, 2007, p. 167).

Esta coletânea de pesquisas foi produzida segundo o olhar e necessidades detectadas, com variadas atividades de pesquisas que foram desenvolvidas com foco em diferentes segmentos, e articula-se visando, num primeiro plano a formação profissional dos pesquisadores e buscando dar respostas às hipóteses de trabalhos em múltiplos contextos.

**Lavine Silva Matos e outros autores** discutem como a toxicidade do alumínio é uma das principais causas que limitam o desenvolvimento dos cultivos agrícolas em solos ácidos, dessa forma a investigação de mecanismos de tolerância, como as bases genéticas deste elemento, vem recebendo merecida atenção pela pesquisa científica.

**Jose Luiz Borja Fernandez e Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi** abordam questões pertinentes ao desenvolvimento sustentável e a redução de impactos ambientais, como a apresentação de uma matriz para identificação de aspectos ambientais para obras de pequeno porte do setor da construção civil, visando ao atendimento do que determina o Princípio do desenvolvimento sustentável e o Princípio da ecoeficiência.

**Patrícia Silva Cruz e outros autores** nos relatam a pesquisa de como as florações de cianobactérias, potencialmente tóxicas, é um sério problema de saúde pública, principalmente em áreas com escassez de água, como é o caso da região semiárida brasileira. Por isso, os órgãos de saúde pública apresentam grandes preocupações em relação à presença desses compostos em água de abastecimento humano, principalmente após a tragédia de Caruaru, no Brasil.

**Monalisa dos Santos Olímpio e outros autores** ressaltam que uma ferramenta cada vez mais eficaz para o monitoramento da qualidade ambiental que é a utilização de indicadores ecológicos. As comunidades bentônicas são geralmente consideradas bons indicadores ecológicos, pois refletem a extensão e magnitude dos impactos ambientais, especialmente, os de origem antropogênica, estando à composição e estrutura da macrofauna bentônica um dos aspectos biológicos indicados na caracterização e bio-avaliação do estado de qualidade em águas costeiras e de transição.

**Lavine Silva Matos e outros autores** discutem com base em pesquisa de campo que a reduzida resposta das plantas às adubações pode ser atribuída, em parte, ao excesso de alumínio que, em solo com elevada acidez, pode tornar-se tóxico, o que causará graves alterações no sistema radicular, alterando os padrões de absorção de água e de nutrientes e, também, o metabolismo dos nutrientes.

**Vinícius Menezes Borges e outros autores** apresentam pesquisas sobre o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) que representa uma importante fonte de abastecimento de água para o estado do Paraná. Apesar de ser um sistema fraturado, seus poços possuem boa produtividade, e por isso, são amplamente explorados. No estado do Paraná, o SASG contribui com 55% do volume de água proveniente de aquíferos distribuídos pela Companhia de Saneamento do Paraná, sendo que, neste Estado, 56% dos municípios são abastecidos com águas subterrâneas. Tendo em vista a importância do SASG para o estado e seu elevado potencial de abastecimento humano, o trabalho tem como objetivo estimar a recarga média anual do Aquífero Serra Geral no estado do Paraná, utilizando o método indireto do balanço hídrico, a partir de dados de precipitação, evapotranspiração e características físicas (tipo de solo, topografia e uso do solo) da área de estudo.

**Ludimila de Oliveira de Amorim e outros autores** trazem uma avaliação das atividades de extração de areia nas regiões administrativas de Cruz das Almas e Santo Antônio de Jesus, compostas por um total de 23 municípios localizados no Recôncavo Baiano - BA, visando identificar as principais lavras das regiões, a relação entre a qualidade da areia e as formações pedológicas e geológicas, e os impactos ocasionados por esta atividade.

**Ludmila Carvalho Neves e outros autores** abordaram os fundamentos dos biorreatores de membrana (BRM) bem como trouxeram à exposição para os leitores as condições operacionais que ditam o bom desempenho do sistema. Por fim, ressalta-se que os estudos nessa temática são fundamentais para ampla inserção dos BRMs nas estações de tratamento brasileiras.

**Wilma Izabelly Ananias Gomes e outros autores** avaliaram qual tipo de ferramenta, se a baseada na bioindicação das larvas de Chironomidae, ou a baseada no Índice de Estado Trófico, é mais eficiente na avaliação da

qualidade da água de reservatórios. O estudo foi realizado em seis reservatórios no semiárido brasileiro: Poções, Cordeiro e Sumé (Bacia do Rio Paraíba- PB) e Cruzeta, Passagem das Traíras e Sabugí (Bacia do Rio Piranhas-Assú- RN).

**Lidinalva Rufino dos Santos e outros autores** ressaltam que os seres humanos têm direito garantido a moradia digna e de qualidade e quando isto lhes é negado fere-se um direito constitucional. O interesse pela realização dessa pesquisa na região do Bairro Santa Cruz, localizado às margens do Córrego Bezerra foi devido ao fato de se tratar de uma área de fundo de vale, que segundo o Plano Diretor (CASCABEL, 2004) de preservação ambiental. O trabalho tem por objetivo contribuir para o entendimento da pobreza urbana e degradação ambiental no Bairro Santa Cruz, Cascavel- PR.

*Irene Carniatto*  
*Mauri José Schneider*  
*Aline Costa Gonzalez*



## **REFERÊNCIAS**

BRITO, Gláucia da Silva; PURIFICAÇÃO, Ivonélia da. **Educação e Novas Tecnologias – um Re-pensar**. Curitiba: Ibpx, 2006.

CARNIATTO, Irene. **A Formação do Sujeito Professor**. Cascavel: Edunioeste, 2002.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

KNELLER, George F. **A Ciência Como Atividade Humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: USP, 1980.

MORAN, José Manuel. **A Educação que Desejamos – Novos Desafios e Como Chegar lá**. São Paulo: Papirus, 2007.

## SUMÁRIO

### Capítulo I

#### CRESCIMENTO DE PLANTAS DE SALVIA SUBMETIDAS AO ESTRESSE POR ALUMÍNIO

Lavine Silva Matos, Gilvanda Leão dos Anjos, Rogério Maurício Oliveira, Elves de Almeida Souza e Anacleto Ranulfo dos Santos.....11

### Capítulo II

#### LEVANTAMENTO DE ASPECTOS AMBIENTAIS: APRESENTAÇÃO DE UMA MATRIZ PARA OBRAS CIVIS NO ATENDIMENTO À POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Jose Luiz Borja Fernandez e Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi.....21

### Capítulo III

#### CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO: IMPLICAÇÕES NO TRATAMENTO DA ÁGUA

Patrícia Silva Cruz, Leandro Gomes Viana, Tatiany Liberal Dias Chaves, Daniely de Lucena Silva e José Etham de Lucena Barbosa.....37

### Capítulo IV

#### CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ECOLÓGICA DE ECOSSISTEMAS ESTUARINOS TROPICAIS

Monalisa dos Santos Olímpio, Kelly Marcelle Cunha Silva Canuto, Climélia da Silva Nóbrega, Carlinda Raily Ferreira Medeiros, Wilma Izabelly Ananias Gomes e Joseline Molozzi.....47

### Capítulo V

#### TEOR E ACÚMULO DE NPK EM MANJERICÃO CULTIVADO SOB ESTRESSE POR ALUMÍNIO

Lavine Silva Matos, Diego dos Santos Souza, Nafez Souza Bitencourt, Elves de Almeida Souza e Rogério Maurício Oliveira.....58

### Capítulo VI

#### ESTIMATIVA DE RECARGA DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL NO PARANÁ UTILIZANDO BALANÇO HÍDRICO

Vinícius Menezes Borges, Gustavo Barbosa Athayde, Pedro Antônio Roehe Reginato e Tuane de Oliveira Dutra.....68

## Capítulo VII

### MINERAÇÃO DE AREIA NO RECÔNCAVO BAIANO: ASPECTOS GEOLÓGICOS E AMBIENTAIS

Ludimila de Oliveira de Amorim, Thomas Vincent Gloaguen, Brenner Biasi Sousa Silva e Samile Raiza Carvalho Matos.....79

## Capítulo VIII

### BIORREATOR DE MEMBRANA: ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTE DE INDÚSTRIAS DE PAPEL E CELULOSE

Ludmila Carvalho Neves, Jeanette Beber de Souza e Carlos Magno de Sousa Vidal.....90

## Capítulo IX

### CHIRONOMIDAE (DIPTERA) E O ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO: QUAIS FERRAMENTAS SÃO MAIS EFICIENTES PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS NO SEMIÁRIDO NEOTROPICAL?

Wilma Izabelly Ananias Gomes, Daniele Jovem da Silva Azevêdo, José Etham de Lucena Barbosa e Joseline Molozzi.....110

## Capítulo X

### DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E POBREZA URBANA NAS MARGENS DO Córrego Bezerra – Cascavel – PR

Lidinalva Rufino Dos Santos, Adelar José Valdameri e Irene Carniatto.....119

### **CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO: IMPLICAÇÕES NO TRATAMENTO DA ÁGUA**

---

**Patrícia Silva Cruz  
Leandro Gomes Viana  
Tatiany Liberal Dias Chaves  
Daniely de Lucena Silva  
José Etham de Lucena Barbosa**

## **CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO: IMPLICAÇÕES NO TRATAMENTO DA ÁGUA**

### **Patrícia Silva Cruz**

Bióloga. Doutoranda em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

E-mail: patriciacruz\_biologa@hotmail.com

### **Leandro Gomes Viana**

Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

E-mail: leandrogomesbiologo@gmail.com

### **Tatiany Liberal Dias Chaves**

Bióloga. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

E-mail: tatianyliberal@hotmail.com

### **Daniely de Lucena Silva**

Química Industrial. Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba – UEPB.

E-mail: danyquimicacg@gmail.com

### **José Etham de Lucena Barbosa**

Doutor em Ecologia.

Professor Adjunto da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB.

E-mail: ethambarbosa@hotmail.com

**RESUMO:** O presente estudo objetivou apresentar com base em uma revisão bibliográfica os aspectos relevantes da presença crescente de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas em mananciais de água potável, suas causas, além das implicações no tratamento dessas águas. As florações tóxicas são consideradas como um dos maiores problemas em ecossistemas de água doce, ocasionando efeitos na ciclagem de nutrientes e na biodiversidade, deterioração da qualidade da água além de danos à saúde humana, principalmente em áreas com escassez de água, em virtude do seu potencial em produzir e liberar cianotoxinas para o meio. Essas cianotoxinas podem afetar a saúde humana através do contato direto (atividades de recreação), assim como através da ingestão destas na água ou ainda, acumuladas nos tecidos dos organismos aquáticos. Outro fator relevante é o fato de que as cianotoxinas não são removidas pelo sistema de tratamento convencional, além de poderem ter sua concentração aumentada durante o processo, em virtude da lise celular, onde dessa forma, a água “potável” funciona como fonte de exposição à população.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cianobactérias, Toxinas, Tratamento de Água.

## **1. INTRODUÇÃO**

O registro de florações vem aumentando em intensidade e frequência, com dominância de cianobactérias durante grande parte do ano, sobretudo em reservatórios.

Vários estudos tem reportado a dominância desses organismos em mananciais de abastecimento público. As florações tóxicas de cianobactérias são consideradas como um dos maiores problemas em ecossistemas de água doce, pois estão associadas a alterações nos aspectos organolépticos da água, como má aparência e odor desagradável, causando também danos ecológicos, tais como alterações nas cadeias alimentares, com potenciais efeitos na ciclagem de nutrientes e na biodiversidade, além de danos à saúde humana.

As florações de cianobactérias potencialmente tóxicas é um sério problema de saúde pública, principalmente em áreas com escassez de água, como é o caso da região semiárida brasileira. Os motivos da ocorrência dessas florações tóxicas ainda é questão de debate entre os especialistas. Embora as cianotoxinas estejam predominantemente no meio intracelular, estas podem ser encontradas dissolvidas no meio líquido após a lise celular da cianobactéria. Por isso, os órgãos de saúde pública apresentam grandes preocupações em relação à presença desses compostos em água de abastecimento humano, principalmente após a tragédia de Caruaru, no Brasil, episódio onde as florações de cianobactérias tóxicas foram reconhecidas como um problema de saúde pública.

## **2. OBJETIVO**

O presente trabalho objetivou apresentar os aspectos relevantes da presença crescente de florações de cianobactérias potencialmente toxigênicas em mananciais de água potável, suas causas, além das implicações no tratamento dessas águas.

## **3. METODOLOGIA**

No presente estudo foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as implicações das florações de cianobactérias e a presença de cianotoxinas em mananciais utilizados para abastecimento. Para tanto, foram utilizados como recursos artigos científicos com abordagem do tema em estudo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CIANOBACTÉRIAS E CIANOTOXINAS

As cianobactérias são microrganismos procariotos fotossintetizantes, que constituem juntamente com os demais organismos fitoplanctônicos, a base da cadeia alimentar aquática e uma importante fonte de oxigênio, além de desempenhar um importante papel nos processos de ciclagem de nutrientes. Entretanto, havendo condições ambientais favoráveis podem adquirir taxas de crescimento elevadas, proliferando rapidamente e originando as florações que podem ocasionar sérios problemas no ambiente aquático com efeitos ao longo de toda a cadeia alimentar.

Esses organismos podem apresentar-se de forma unicelular colonial ou ainda de forma filamentosa, estando presente em todos os ambientes, sendo toleráveis às condições do meio e do clima, possuindo estratégias adaptativas, além de potencial tóxico.

Dentre os fatores que afetam a formação de floração de cianobactérias e sua persistência, pode-se destacar a intensidade e duração da luz solar, a disponibilidade de nutrientes (especialmente fósforo), temperatura da água, pH, aumento de precipitação, o fluxo de água (se a água é calma ou de correnteza rápida) e estabilidade da coluna de água. Em regiões tropicais, as cianobactérias podem mostrar dominância anual persistente com mudanças relativamente pequenas durante o ano.

A principal preocupação com o aumento da ocorrência de cianobactérias em mananciais é a sua potencial capacidade de produzir e liberar cianotoxinas para o meio líquido (MORENO et al., 2011), que afetam a microbiota, os animais e o ser humano, provocando alterações neurológicas (neurotoxinas), irritações dérmicas (dermatotoxinas) e alterações hepáticas (hepatotoxina). Dentre os aproximadamente 150 gêneros de cianobactérias conhecidos, 40 estão relacionados com a produção de toxinas, onde os principais gêneros tóxicos descritos são: *Microcystis*, *Cylindrospermopsis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Nostoc*, *Coelosphaerium*, *Gomphosphaeria*, *Synechococcus*, *Synechocystis*, *Pseudanabaena*, *Oscillatoria*, *Trichodesmium*, *Schizothrix*, *Lyngbya*, *Phormidium*, *Aphanizomenon*, *Hormothamnion*, *Gleotrichia* e *Fischerella*.

Embora ainda não estejam devidamente esclarecidas, têm-se assumido que essas cianotoxinas tenham função de alelopatia como o mecanismo que poderia explicar a liberação dessas toxinas, pois tal processo pode inibir o crescimento ou a sobrevivência de espécies competidoras por recursos (microalgas e plantas aquáticas). Apesar de não ser possível garantir que as cianobactérias de fato produzam suas toxinas para o meio extracelular, a liberação de toxinas para a água só ocorre se houver alteração na

permeabilidade celular, o que pode ser resultante de situações de estresse, processos de senescência ou por ação de fatores físicos e químicos.

Em virtude de suas estruturas químicas, as cianotoxinas podem ser incluídas em três grandes grupos bioquímicos: os peptídeos cíclicos, os alcalóides e os lipopolissacarídeos. Entretanto, por suas ações farmacológicas em mamíferos as cianotoxinas são classificadas como hepatotoxinas, citotoxinas, dermatotoxinas e neurotoxinas. Dentre os tipos de cianotoxinas, as microcistinas (MCs) são as mais estudadas, por serem potentes inibidoras das proteínas fosfatases 1 e 2A as quais regulam as enzimas presentes no citosol das células de mamíferos. Estas são produzidas por vários gêneros de cianobactérias formadoras de florações: *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Cylindrospermopsis*, *Hapalosiphon*, *Nostoc*, *Pseudanabaena*, *Planktothrix* e *Microcystis*.

As cianotoxinas podem afetar a saúde humana através do contato em atividades de recreação ou através da exposição à ingestão das cianotoxinas por meio da água, ou ainda, pelo consumo de organismos aquáticos, uma vez que as cianotoxinas podem se acumular em seus tecidos. Outro fator relevante é o fato de que a maior parte das cianotoxinas não são removidas pelo tratamento convencional, utilizado na maioria das estações de tratamento de água no Brasil, e ainda, podem ter a concentração aumentada durante o processo, devido à lise das células, principalmente do lodo acumulado nos decantadores, ocasionando a liberação de quantidades significativas das toxinas presentes no interior das células, onde dessa forma, a água potável pode ser uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, ao longo do tempo.

## **4.2 FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO**

Nos últimos anos, tem aumentado consideravelmente o número de registros de florações de cianobactérias tóxicas em importantes reservatórios brasileiros, assim como a criação de programas de monitoramento. Até o final da década de 80, apenas 190 estudos sobre cianobactérias haviam sido publicados no Brasil. Destes, 42% descreviam taxonomia, 37%, ecologia, 16,5%, hidrobiologia, 2,5%, levantamentos bibliográficos e somente 2%, versavam sobre fisiologia. O primeiro trabalho confirmando a produção de toxinas por cianobactérias isoladas no Brasil foi publicado em 1994.

A ocorrência de cianobactérias tem sido dominante em períodos de florações do fitoplâncton quer em ambientes de reservatórios, lagoas costeiras, rios, lagos de inundação quer em outros lagos naturais. Essas florações têm sido relatadas principalmente em reservatórios de abastecimento



público nos estados do Sudeste e Nordeste, assumindo, deste modo, importância do ponto de vista de saúde pública. A ocorrência de cepas tóxicas de cianobactérias em corpos d'água utilizados para abastecimento público foram confirmadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Pará, Paraná, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará, Sergipe e Distrito Federal (CALIJURI; ALVES; SANTOS, 2006).

Na região do nordeste brasileiro, grande parte das pesquisas evidencia que a *Cylindropermopsis raciborskii* vem ocorrendo com muita frequência, por vezes, dominando a comunidade fitoplanctônica e formando florações mistas com outras cianobactérias. A ocorrência de florações de cianobactérias e a presença de cianotoxinas no nordeste do Brasil foram relatadas por Teixeira et al. (1993) que registraram indícios de 2000 casos de gastroenterite em Paulo Afonso, cidade próxima ao reservatório de Itaparica no estado da Bahia, e associaram a epidemia da doença a proliferação de cianobactérias.

No Ceará, verificou-se que as espécies *Cylindropermopsis raciborskii* e a *Planktothrix agardhii* estavam presente em todas as 7 estações estudadas do reservatório Acarape do Meio. Em análise da comunidade fitoplanctônica de 9 reservatórios localizados em 5 bacias hidrográficas do Estado do Ceará, observou-se a dominância de cianobactérias nestes mananciais, frequentemente maior que 90% da biomassa total, onde a *Cylindropermopsis raciborskii* foi evidenciada em todos os reservatórios, sendo dominante em três deles: Serafim Dias (60%), açude do Coronel (73%) e Acarape do Meio (64%).

No estado do Rio Grande do Norte, os estudos em ecossistemas aquáticos eutróficos foram reportados nas últimas décadas, apontando a dominância de cianobactérias potencialmente produtoras de toxinas. Os resultados do monitoramento nos reservatórios Armando Ribeiro Gonçalves, Gargalheiras, Parelhas, Itans, Passagem das Traíras e Sabugi e Cruzeta, evidenciaram a dominância da *Cylindropermopsis raciborskii*, *Microcystis aeruginosa* e *Oscillatoria sp.* durante o período seco, assim como florações de *Aphanizomenon sp.* e *Anabaena circinalis* como espécies dominantes representando 90% da biomassa total da comunidade (PANOSSO et al., 2007).

No estado de Pernambuco foram identificados e ilustrados 20 táxons de cianobactérias ocorrentes no açude da Prata em 1986. No ano de 1999 foi verificada a dominância da *Cylindropermopsis raciborskii*, no reservatório de Ingazeira, associadas ao fenômeno *El Niño* que modificou as condições climáticas da região, transformando o ambiente propício para o desenvolvimento da espécie. Logo após o incidente de Caruaru, constatou-se que nesse reservatório as cianobactérias eram predominantes, com cerca de 99% da densidade fitoplanctônica, além da ocorrência de microcistinas -LR, YR e AR.

Na Paraíba os primeiros registros de florações de cianobactérias ocorreram no reservatório Argemiro de Figueiredo (Acauã) região do Médio

Rio Paraíba, que apresentou florações de cianobactérias desde sua inauguração, em 2002. As espécies e gêneros de cianobactérias mais comumente observados foram *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena ssp.* e *Oscillatoria spp*, sendo *Cilindrospermopsis raciborskii* a espécie que mais contribuiu em termos de densidade. Nos anos de 2004 e 2005, para este mesmo ambiente, verificou-se que a espécie de cianobactéria dominante foi a *Oscillatoria lauterbornii* seguida pela *Cilindrospermopsis raciborskii*. As espécies, *Plankthrothrix sp.* e *Microcystis aeruginosa* foram também observadas com grande frequência e casos de dermatites na população ribeirinha foram associados à presença de florações de cianobactérias. Em praticamente todo período de 2006 a 2008 foi observada predominância das Cyanophyceae, com destaque para as espécies *Plankthrothrix agardhii*, *Pseudoanabaena limnética* e *Cilindrospermopsis raciborskii* no reservatório de Acauã que permaneceu com elevados graus de trofia.

Outros levantamentos da comunidade fitoplanctônica em 20 reservatórios principais do Estado demonstraram a ocorrência de cianobactérias potencialmente toxigênicas em 18 deles, com predomínio de *Microcystis aeruginosa*, *Cilindrospermopsis raciborskii* e *Plankthotrix agardhii* em 16, especialmente no período seco. Em 13 açudes foi detectada a presença de microcistina, em concentrações inferiores a  $0,5 \mu\text{g.L}^{-1}$  em 2 deles e em 11 os valores foram superiores a  $1,0 \mu\text{g.L}^{-1}$ .

#### 4.3 IMPLICAÇÕES NO TRATAMENTO DA ÁGUA

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) que captam água em mananciais de superfície com probabilidade de ocorrência destes organismos, podem estar expondo as populações por elas abastecidas a sérios riscos de saúde, pois a eficiência de sua remoção depende das condições de captação e das técnicas do tratamento.

No Brasil, a grande maioria das estações de tratamento possui as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção conhecidas como ciclo completo ou convencional, que de acordo a literatura, não é eficiente para remover cianotoxinas, podendo resultar em um agravamento do risco à saúde em função da ação do coagulante químico sobre a célula, que pode provocar lise celular, e, portanto, a liberação de toxinas.

Aliado a isso, fatores relacionados a problemas operacionais, como escolha inadequada de tecnologia, falta de mão-de-obra especializada e de recursos financeiros, entre outros, acarretam sérios prejuízos à qualidade da água tratada, tornando indispensável o desenvolvimento e domínio de tecnologias alternativas de tratamento, ou de suas combinações, adequadas às condições técnicas, sociais, políticas e econômicas locais.

A presença de cianobactérias na água bruta pode causar problemas operacionais nas estações de tratamento, como interferências nos processos de coagulação, de floculação, colmatação de filtros, sabor e odor indesejáveis e aumento da carência de produtos para a desinfecção, e conseqüentemente, redução da eficiência dos processos de tratamento, resultando em problemas de qualidade da água tratada, representando um desafio ao tratamento de água de abastecimento, em virtude da remoção de substâncias orgânicas nas formas solúvel (extracelular) e particulada (intracelular).

Em relação às toxinas de cianobactérias, existem muitos mecanismos pelos quais elas podem entrar na água para abastecimento. Um deles é a ocorrência de lise celular no próprio reservatório, ou outra fonte de água, o que resulta na liberação de toxinas dissolvidas, que vão ser levadas à estação de tratamento, ou até mesmo, quando as células contendo toxinas entram na estação e passam pelos processos de tratamento intactos até a torneira do consumidor. Existe também a possibilidade de que as células de cianobactérias tóxicas possam ser destruídas pelos processos químicos e físicos associados ao tratamento de água, que podem causar lise celular e liberação de toxina.

Estudos de Drikas et al. (2001) abordam que o lodo acumulado nos decantadores pode aumentar a concentração de toxinas na água clarificada, devido à lise das células de cianobactérias. Assim, a água potável passa a ser uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, ao longo do tempo.

A remoção de células intactas de cianobactérias é importante e precisa ser sempre considerada tendo em vista que acarreta a redução significativa das concentrações de precursores de sabor e odor e de substâncias tóxicas na água. Em situações em que a toxina é eliminada por algum processo de lise celular, envelhecimento (senescência) ou ação de fatores ambientais, o tratamento convencional não tem se mostrado eficiente, visto que a toxina se encontrará dissolvida na água (DRIKAS et al., 2009).

Os processos e as sequências de tratamento de água de abastecimento público devem ser analisados em função da sua capacidade de remover células viáveis das cianobactérias – sem promover a lise celular – e da capacidade de remover a fração dissolvida das cianotoxinas. Muitas estratégias para remoção de cianobactérias e cianotoxinas da água vêm sendo investigadas por vários pesquisadores, pois os diferentes tipos de cianotoxinas exibem comportamentos variados nos processos de tratamento de água.

## **5. CONCLUSÃO**

Os estudos sobre cianobactérias e suas toxinas avançaram bastante no Brasil desde os primeiros de caracterização dos ambientes aquáticos e

identificação das cianobactérias, iniciados na década de 1980. Estes organismos tem apresentado dominância em mananciais de abastecimento e frente aos futuros cenários de mudanças climáticas tendem a persistirem nesses ambientes, tornando-se um problema preocupante, em virtude de vários gêneros serem capazes de formar florações e produzirem toxinas que afetam a microbiota, os animais e o ser humano. Outro fator relevante que deve ser considerado é o fato de que as cianotoxinas não são removidas pelo sistema de tratamento convencional, além de poderem ter sua concentração aumentada durante o processo, em virtude da lise celular, principalmente do lodo acumulado nos decantadores, ocasionando a liberação de quantidades significativas das toxinas presentes no interior das células, onde dessa forma, a água “potável” funciona como fonte de exposição à população.

## REFERÊNCIAS

CALIJURI, M.C.; ALVES, M.A.; SANTOS, A.C.A. *Cianobactérias e cianotoxinas em águas continentais*. São Carlos: Rima Editora, 2006.

DRIKAS, M.; CHOW, C. W.; KOUSE, J.; BURCH, M. D. Using coagulation, flocculation and settling to remove toxic cyanobacteria. *Journal of the American Water Works Association*, Denver, v.93, n.2, p.100-111, 2001.

DRIKAS, M.; DIXON, M.; MORRAM J. Removal of MIB and geosmin using granular activated carbon with and without MIEEX pre-treatment. *Water Research*. v.43, p. 5151-5159, 2009.

MORENO, I. M.; HERRADOR, M. A.; ATENCIO, L.; PUERTO, M.; GONZALEZ, A. G.; CAMEAN, A. M. Differentiation between microcystin contaminated and uncontaminated fish by determination of unconjugated MCs using an ELISA anti-adda test based on receiver-operating characteristic curves threshold values: Application to Tinca tinca from natural ponds. *Environmental Toxicology*. v.26, p.45-56, 2011.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; CUNHA, S. R. S.; ATTAYDE, J. L.; GOMES, F. C. F. Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecologia Brasiliensis*, Rio de Janeiro, v.11, n.3, p.433-449, 2007.

TEIXEIRA, M.G.L.C; COSTA, M.C. N.; CARVALHO, V. L. P.; PEREIRA, M. S. P.; HAGE, E. Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil. *Bulletin of Paho*, 27(3). p. 244-253, 1993.

**ABSTRACT:** The present study aimed to present, on the basis of a literature review, the relevant aspects of the increasing presence of potentially toxigenic cyanobacterial blooms in drinking water sources, their causes, as well as the implications for the treatment of these waters. Toxic blooms are considered as one of the major problems in freshwater ecosystems, causing effects on nutrient cycling and biodiversity, deterioration of water quality and damage to human health, especially in water scarce areas, due to its potential to produce and release cyanotoxins into the medium. These cyanotoxins can affect human health through direct contact (recreational activities), as well as by ingesting them in the water or accumulating in the tissues of aquatic organisms. Another relevant factor is the fact that cyanotoxins are not removed by the conventional treatment system, besides to their increased concentration during the process, due to cell lysis, whereby "drinking" water acts as an exposure source the population.

**KEYWORDS:** Cyanobacteria, Toxins, Water Treatment.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Aline Costa Gonzales** Possui Mestrado em Ciências Ambientais - UNIOESTE (2015). Especialização em Biodiversidade, Conservação e Manejo de Recursos Naturais - UNIOESTE (2010). Graduação em Ciências Biológicas - Licenciatura - UNIOESTE (2009) e graduação em Ciências Biológicas - Bacharelado pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE (2007). Atua profissionalmente como Técnica de Laboratório de Biologia da Universidade Federal do Paraná - UFPR.

**Irene Carniatto** É pesquisadora e docente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná desde 1993, professor adjunto do Colegiado de Ciências Biológicas da Unioeste - Campus de Cascavel-PR, docente do Programa de Pós-graduação Mestrado e Doutorado em Desenvolvimento Rural Sustentável da Unioeste - Campus de Marechal Cândido Rondon-PR, Coordenadora do Centro Universitário de Estudos, Pesquisas e Extensão de Proteção e Desastre da UNIOESTE CEPED UNIOESTE e do Laboratório de Pesquisa e Estudos em Bacia Hidrográfica e Educação Ambiental LABHEA/UNIOESTE. Faz parte do Conselho Editorial da Editora da Unioeste - Edunioeste. Consultora Ad hoc de Periódicos Nacionais e de Projetos de Universidades. Orientadora de Dissertações, Monografias e de Professores (PDE). Possui graduação em Licenciatura em Ciências Habilitação em Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (1981) e mestrado em Educação em Ciências pela Universidade Metodista de Piracicaba (1999). É Doutora em Ciências Florestais, Conservação e Planejamento Integrado de Bacias e de Recursos Hídricos pela UFPR. Fundou o Grupo de Pesquisa Monitoramento e Preservação de Ecossistemas da Unioeste/CNPQ em 2002, participante até hoje e participa do GpaeaBio (Grupo de Pesquisa e Estudos em Educação Ambiental). Atualmente é representante da Unioeste como: Participante da Comissão Especial de Educação Ambiental articulada no Governo do Estado do Paraná pelo Conselho Estadual de Educação, Ministério Público Estadual, Secretaria de Ciência e Tecnologia, Secretaria Estadual de Educação; Secretaria de Meio Ambiente e as IES Estaduais do Paraná. Participante CAP3 - no Centro de Saberes e Cuidados Socioambientais da Bacia do Prata ITAIPU/MMA; Participa do coletivo da Rede Brasileira de Educação Ambiental (REBEA), da Gestão da Rede de Educação Ambiental da Região Sul (REASUL) e da Rede Paranaense de Educação Ambiental (REA-PR) e possui a função de moderadora e facilitadora do Polo de Cascavel-PR da REA-PR; Participou como Membro do Conselho Municipal de Meio Ambiente e Representante do Polo Regional de Saúde - 10ª RS. É sócia fundadora da ABRAPEC (Associação Nacional de Pesquisadores em Educação em

Ciências) e membro da Associação Brasileira do Ensino de Biologia - Regional Sul - SBEnBio 3.

**Mauri José Schneider** Mestre em Desenvolvimento Rural Sustentável - UNIOESTE, Campus Marechal Cândido Rondon PR; Tutor do Multicurso Água Boa - Parceria entre Itaipu Binacional, Fundação PTI e Fundação Roberto Marinho nos anos de 2010 e 2011; Professor de Pós Graduação no Curso de Auditoria e Gestão Ambiental na disciplina Educação Ambiental - FASUL Toledo anos 2009 e 2010; Pós Graduação em Plantas Medicinais em 2006; Pós Graduação em Gestão Ambiental 2003; Coordenador da Rede de Educação Ambiental Linha Ecológica Projeto em parceria com a Itaipu Binacional e o Conselho dos Mun. Lindeiros ao Lago de Itaipu com início em dezembro de 2003; Organização da Formação de Educadores Ambientais MEC, MMA, Itaipu Binacional e Escola Parque - 500 horas anos- 2005 a 2014; Curso Fundamental de Agricultura Biológico-Dinâmica promovido pelo Instituto Elo em parceria com a Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica, carga horária de 212 horas, ano 2003; Graduado em Ciências/ Biologia em 2002.

## **SOBRE OS AUTORES**

**Adelar José Valdameri** Licenciatura em História/Unopar. Especialista em Agroecologia/IFPR. Especialista em Gestão Ambiental/UFSC. Mestre em Engenharia de Produção com ênfase em qualidade e produtividade/UFSC. Presidente da ONG Amigos dos Rios.

**Anacleto Ranulfo dos Santos** Graduado em Agronomia pela Universidade Federal da Bahia (1979), Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras e Doutor em Agronomia (Solos e Nutrição Mineral de Plantas) pela Universidade de São Paulo - ESALQ. Atualmente é professor Titular - da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, lotado no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Já exerceu cargos administrativos como Chefe e Vice Chefe de Departamento, Coordenador de Colegiado de Pós-graduação em Ciências Agrárias e do colegiado de Graduação do curso de Agronomia. Também foi responsável pelo Setor de Registros Acadêmicos da Universidade - UFRB.

**Brenner Biasi Sousa Silva** Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB (2016). Realizou estágio na MAF Projetos e Obras LTDA. (2012-2014). Participou do projeto de pesquisa Características geológicas, pedológicas e ambientais das lavras de areia no território do Recôncavo, Bahia (2013-2015). Atuou como Auxiliar de Engenheiro na MAF Projetos e Obras LTDA. (2014-2016). Atualmente é consultor autônomo e está cursando especialização em Engenharia de Produção (UNINTER).

**Carlinda Raily Ferreira Medeiros** Possui graduação em Ciências Biológicas – UEPB e Mestrado em Ecologia e Conservação - UEPB.

**Carlos Magno de Sousa Vidal** Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos, Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo e Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Adjunto C do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. É professor do quadro permanente do curso de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental (UNICENTRO/UEPG) e também do curso de Mestrado e Doutorado em Ciências Florestais da Unicentro. Tem experiência na área de Saneamento, atuando principalmente nos seguintes temas: tratamento de águas residuárias, tratamento de águas para abastecimento e tratamento avançado e reuso de águas residuárias.



**Climélia da Silva Nóbrega** Possui graduação em Ciências Biológicas- UFPB. É especialista em Ciências Ambientais pelo CINTEP/PB. Mestre em Ecologia e Conservação – UEPB.

**Cristina Maria Dacach Fernandez Marchi** Administradora. Doutora em Geologia, Mestre em Planejamento Urbano. Professora do Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental da Universidade Católica do Salvador, Bahia. Desenvolve pesquisas nas áreas de gestão do meio ambiente, com ênfase no saneamento básico, no cooperativismo, no associativismo e no empreendedorismo social. Lidera o Grupo de Pesquisa em Gestão Ambiental e Desenvolvimento de Empreendimentos Sociais – GAMDES, por meio de atividades que buscam contribuir para o aprimoramento da gestão nos serviços públicos, no desenvolvimento de modelos de gestão inovadores e integradores aos recursos naturais.

**Daniele Jovem da Silva Azevêdo** possui graduação em Ciências Biológicas e mestrado em Ecologia e Conservação, ambos pela Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, atualmente é aluna do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre pela Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG.

**Daniely de Lucena Silva** Graduada em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB e Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental/UEPB. Atualmente desenvolve pesquisa sobre Tecnologias de Restauração de Ambientes Eutrofizados.

**Diego dos Santos Souza** Graduando em Agronomia na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB. Técnico em Agropecuária formado pelo IF Baiano Campus Santa Inês realizando o estágio supervisionado obrigatório na Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical na área de Biotecnologia e Melhoramento Vegetal. Foi bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia (2015-2016), desenvolvendo projeto visando avaliar efeitos de malhas fotoconversoras em plantas cultivadas. Atualmente encontra-se na Universidade Federal de Viçosa realizando mobilidade acadêmica e desenvolvendo pesquisas com *Spodoptera frugiperda* e Milho Bt, expressando diferentes toxinas Cry 1A(b) e Cry 1F, no Laboratório de Semioquímicos e Comportamento de Insetos.

**Elves de Almeida Souza** Formado em Engenharia Agrônoma e Matemática, Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Atua na área de Meio Ambiente e Fertirrigação, com trabalhos

apresentados em congressos nacionais, regionais e locais, além de artigos publicados.

**Gilvanda Leão dos Anjos** Graduanda do curso de Agronomia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Foi bolsista da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia, desenvolvendo o projeto efeito das malhas fotoconversoras e esterco avícola em plantas de erva cidreira (2013-2014), e bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, desenvolvendo o projeto efeito de malhas fotoconversoras e proporções de amônio e nitrato em plantas de boldo (2015-2016). Tem experiência na área de nutrição mineral de plantas. Participa do Grupo de Pesquisa Manejo de Nutrientes no Solo e em Plantas cultivadas, desempenhando atividades relacionadas ao grupo desde Agosto de 2013.

**Gustavo Barbosa Athayde** Possui graduação em Geologia (2001). Doutorado em Geologia (2013). Tem experiência na área de geociências, com ênfase em hidrogeologia: aquíferos fraturados, gerenciamento de recursos hídricos, cartografia hidrogeológica, vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, gerenciamento e remediação de áreas contaminadas. Professor adjunto no Instituto de Pesquisas Hidráulicas – UFRGS e da Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, orientando pesquisas na área de hidrogeologia exploratória e ambiental. Coordenador de projeto CNPq universal, e projetos de pesquisa na área de hidrogeologia e interação entre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Líder do Grupo de Pesquisas Águas Subterrâneas (IPH - UFRGS).

**Jeanette Beber de Souza** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto. Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil, área de concentração Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professora associada do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO). Atua na área de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água, desenvolvendo projetos relacionados às tecnologias de tratamento de águas de abastecimento e águas residuárias. É docente permanente nos programas de Pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental e Ciências Florestais (Mestrado e Doutorado em Ciências Florestais).

**José Etham de Lucena Barbosa** Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba (1989), mestrado em Botânica Cryptogâmica pela Universidade Federal de Pernambuco (1996) e doutorado em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (2002). Atualmente professor associado da Universidade Estadual da Paraíba

onde coordeno o Laboratório de Ecologia Aquática (LEAq) e credenciado nos PPGs em Ciência e Tecnologia Ambiental e Ecologia e Conservação (UEPB). Tenho atuado como referee na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Acta Limnologica Brasiliensia, Ecological Indicator, Biota Neotropica e Anais da Academia Brasileira de Ciência.

**José Luiz Borja Fernandez** Engenheiro Civil, Aluno do mestrado profissional em Planejamento Ambiental da Universidade Católica do Salvador, Bahia. Professor da universidade Católica do Salvador dos cursos de Administração de Empresas, Ciências Contábeis e Engenharia Civil. Desenvolve pesquisa na área de gestão ambiental com ênfase em resíduos sólidos da construção e demolição. Membro do Grupo de Pesquisa em Gestão Ambiental e Desenvolvimento de Empreendimentos Sociais – GAMDES. Engenheiro Civil com larga experiência em Engenharia de Avaliação e Construção Civil.

**Joseline Molozzi** Professora do Departamento de Ciências Biológicas- UEPB e está vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação e ao Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, ambos na Universidade Estadual da Paraíba- UEPB.

**Kelly Marcelle Cunha Silva Canuto** Possui graduação em Ciências Biológicas-UEPB.

**Lavine Silva Matos** Tem formação em Administração de Empresas e Engenharia Agrônoma, é Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB. Atua na área de Ciência do Solo, com trabalhos sobre Nutrição Mineral de Plantas e Qualidade da Luz apresentados em congressos nacionais, regionais e locais, além de artigos publicados.

**Lidinalva Rufino dos Santos** Licenciatura plena em Geografia/Unespar. Especialista em Turismo e Meio Ambiente/Unespar. Especialista em Metodologia do Ensino da Geografia/Faculdade Espírita Bezerra de Menezes. Especialista em Análise Ambiental e Geografia/Unioeste. Especialista em Agroecologia/IFPR. Coordenadora do curso técnico em meio ambiente/CEEP-Cascavel. Membro da ONG Amigos dos Rios.

**Leandro Gomes Viana** Graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Campus I (Campina Grande-PB). Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UEPB). Atualmente desenvolve pesquisas sobre indicadores biológicos, ictiofauna de reservatórios do semiárido paraibano e suas relações com florações de cianobactérias.

**Ludimila de Oliveira de Amorim** Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo Baiano – UFRB (2015). Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa- FAPESB (2013/2015). Graduada em Geografia pela Universidade do Estado da Bahia (2012). Atuou como bolsista em projeto de extensão universitária PROEX – UNEB (2009/2010). Atualmente é professora e está cursando especialização em Metodologia Científica no Instituto Federal Baiano – IFBaiano (2016).

**Ludmila Carvalho Neves** Possui graduação em engenharia ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e mestrado em Ciências Florestais pela UNICENTRO. Atualmente é discente do curso de doutorado do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais da UNICENTRO. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em tratamento de Efluentes de indústrias de base florestal.

**Monalisa dos Santos Olímpio** Possui graduação em Ciências Biológicas - UEPB, atualmente é mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação- UEPB.

**Nafez Souza Bitencourt** Possui graduação em Farmácia Bioquímica pela Universidade Federal da Bahia (1998). Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, UFRB. Atualmente é analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura e é responsável técnico pelo Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas. Tem experiência na área de Bioquímica, com ênfase em Química Analítica e Controle de qualidade.

**Patrícia Silva Cruz** Bióloga. Doutoranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba – UEPB. Desenvolve atividades no Laboratório de Ecologia Aquática – LEAq, com linha de Pesquisa em Ecologia do Semiárido (Qualidade de Sistemas Aquáticos) e participa atualmente dos projetos de pesquisa intitulados: Rede de Hidrologia do Semiárido – REHISA e Vias de Bioacumulação de Cianotoxinas (Microcistinas e Saxitoxinas) em Organismos Aquáticos e suas Implicações para Qualidade da Água e Saúde Humana. Têm experiência em Ciências Ambientais, Microbiologia, Ecologia e Saneamento Ambiental.

**Pedro Antônio Roehe Reginato** Possui bacharelado em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1993), mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1996) e doutorado em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2003).

Atualmente é professor do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS, atuando na área de hidrogeologia. Desenvolve atividades de pesquisa na área de aquíferos fraturados voltadas para a caracterização hidrogeológica, hidrodinâmica e hidroquímica, avaliação da vulnerabilidade e recarga.

**Rogério Maurício Oliveira** Técnico em Química, Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Federal da Bahia, Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Atua na área de Solos com ênfase em nutrição de florestas de eucalipto.

**Samile Raiza Carvalho Matos** Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Recôncavo – UFRB (2016). Possui graduação em Ciências Exatas e Tecnológicas pela Universidade Federal do Recôncavo Baiano (2013). Atuou como bolsista em projeto de extensão universitária – UFRB (2013/2014). Realizou estágio em Engenharia Civil na Construtora FCK Construções e Incorporações (2014/2015). Atualmente é mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Estado da Bahia (PPEC – UFBA) e bolsista CAPES.

**Tatiany Liberal Dias Chaves** Bacharela no curso de Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Licenciatura em andamento no curso de Ciências Biológicas. Estagiaria do Laboratório de Ecologia Aquática-LEAq- UEPB e do Laboratório de Limnologia e estudos de algas em ecossistemas de Lagos Rasos no Brejo de Altitude do semiárido Brasileiro NULIBA/UFPB.

**Thomas Vincent Gloaguen** Graduado em Engenharia geológica pela Ecole Nationale de Géologie de Nancy (França, 2016). Possui mestrado em Geociências Ambientais pelo INPL (França, 2001) e doutorado em Geoquímica e Geotectônica pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (2006). Desde 2008, é professor de Geologia e de Geoquímica Ambiental na Universidade Federal do Recôncavo Baiano e docente permanente do Programa de Pós-graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, onde atua nas áreas de geologia ambiental, incluindo poluição de solos, água e sedimentos.

**Tuane de Oliveira Dutra** Engenheira Hídrica formada, pela Universidade Federal de Pelotas (2013). Mestra em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2016), pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atuou como bolsista do projeto " Estudo do Comportamento Hidrodinâmico do canal São Gonçalo na área do pró-mar de dentro" (2010), do programa de bolsas Luso - Brasileiras Santander Universidades em Portugal (2010-2011) e do

Programa de Educação Tutorial da Engenharia Hídrica (PET) (2011 - 2013). Atualmente é aluna do Doutorado acadêmico em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e integrante do grupo de pesquisas em Águas Subterrâneas na UFRGS.

**Vinícius Menezes Borges** Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (2009 – 2014) com mestrado em andamento em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (2015 – 2016) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, com ênfase em hidrogeologia. Atua na avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação e estimativa de recarga em aquíferos. Integrante do Grupo de Pesquisas Águas Subterrâneas (IPH - UFRGS).

**Wilma Izabelly Ananias Gomes** Possui graduação em Ciências Biológicas (UEPB), atualmente é aluna do Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental- UEPB.