

# Impactos das Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde

## 3

Christiane Trevisan Slivinski  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora

Ano 2019

Christiane Trevisan Slivinski  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias nas ciências biológicas e da saúde 3  
[recurso eletrônico] / Organizadora Christiane Trevisan Slivinski. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das  
Tecnologias nas Ciências Biológicas e da Saúde; v. 3)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-037-7  
DOI 10.22533/at.ed.377191601

1. Ciências biológicas. 2. Farmacologia. 3. Saúde. 4. Tecnologia.  
I. Slivinsk, Christiane Trevisan.

CDD 620.8

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

## APRESENTAÇÃO

A tecnologia está ganhando cada dia mais espaço na vida das pessoas e em tudo que as cerca. Compreende-se por tecnologia todo o conhecimento técnico e científico e sua aplicação utilizando ferramentas, processos e materiais que foram criados e podem ser utilizados a partir deste conhecimento. Quando, para o desenvolvimento da tecnologia estão envolvidos sistemas biológicos, seres vivos ou seus metabólitos, passa-se a trabalhar em uma área fundamental da ciência, a Biotecnologia.

Toda produção de conhecimento em Biotecnologia envolve áreas como Biologia, Química, Engenharia, Bioquímica, Biologia Molecular, Engenharia Bioquímica, Química Industrial, entre outras, impactando diretamente no desenvolvimento das Ciências Biológicas e da Saúde. A aplicação dos resultados obtidos nos estudos em Biotecnologia está permitindo um aumento gradativo nos avanços relacionados a qualidade de vida da população, preservação da saúde e bem estar.

Neste ebook é possível identificar vários destes aspectos, onde a produção científica realizada por pesquisadores das grandes academias possuem a proposta de aplicações que podem contribuir para um melhor aproveitamento dos recursos que a natureza nos oferece, bem como encontrar novas soluções para problemas relacionados à manutenção da vida em equilíbrio.

No volume 2 são apresentados artigos relacionados a Bioquímica, Tecnologia em Saúde e as Engenharias. Inicialmente é discutida a produção e ação de biocompostos tais como ácido hialurônico, enzimas fúngicas, asparaginase, lipase, biossurfactantes, xilanase e eritritol. Em seguida são apresentados aspectos relacionados a análise do mobiliário hospitalar, uso de oxigenoterapia hospitalar, engenharia clínica, e novos equipamentos utilizados para diagnóstico. Também são apresentados artigos que trabalham com a tecnologia da informação no desenvolvimento de sistemas e equipamentos para o tratamento dos pacientes.

No volume 3 estão apresentados estudos relacionados a Biologia Molecular envolvendo a leptospirose e diabetes melitus. Também foram investigados alguns impactos da tecnologia no estudo da microcefalia, agregação plaquetária, bem como melhorias no atendimento nas clínicas e farmácias da atenção básica em saúde.

Em seguida discute-se a respeito da utilização de extratos vegetais e fúngicos na farmacologia e preservação do meio ambiente. Finalmente são questionados conceitos envolvendo Educação em Saúde, onde são propostos novos materiais didáticos para o ensino de Bioquímica, Biologia, polinização de plantas, prevenção em saúde e educação continuada.

Christiane Trevisan Slivinski

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A SOS BOX PATTERN FOR LEPTOSPIRA SPP.	
Livia de Moraes Bomediano Renata Maria Augusto da Costa Ana Carolina Quirino Simões	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>7</b>
ANÁLISE IN SILICO DO GENE LIPID TRANSFER PROTEIN SOB CONDIÇÕES DE ESTRESSE ABIÓTICO	
Renan Gonçalves da Silva Jóice de Oliveira Leite Silva Lucas de Faria Nogueira Cyro Bueno Neto Sonia Marli Zingaretti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>16</b>
ANÁLISE DO POLIMORFISMO DE DELEÇÃO DOS GENES GSTM1 E GSTT1 E <i>DIABETES MELLITUS</i> EM IDOSOS: ESTUDO PILOTO	
Layse Rafaela Moroti – Perugini Luana Oliveira de Lima Audrey de Souza Marquez Regina Célia Poli-Frederico	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>25</b>
CRISPR/CAS9 – UMA PROMISSORA FERRAMENTA DE EDIÇÃO GÊNICA	
Dalila Bernardes Leandro Jessyca Kalynne Farias Rodrigues Isaura Isabelle Fonseca Gomes da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>41</b>
POLIMORFISMOS NO GENE DA LECTINA LIGANTE DE MANOSE (MBL2)	
Carmem Gabriela Gomes de Figueiredo Maria Soraya Pereira Franco Adriano Claudence Rodrigues do Nascimento Luciane Alves Coutinho Marizilda Barbosa da Silva Patrícia Muniz Mendes Freire de Moura	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>52</b>
SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS POR ALGORITMO GENÉTICO NA CLASSIFICAÇÃO DA CARDIOPATIA CHAGÁSICA	
Lucas de Souza Rodrigues Cristina Sady Coelho da Rocha Murilo Eugênio Duarte Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916016</b>	

<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>61</b>
MICROCEPHALY BRAIN UNFINISHED	
Cicera Páz da Silva	
Italo Marcos Páz de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916017</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>67</b>
O SUJEITO DA CLÍNICA E A CLÍNICA RELACIONAL: CONTRIBUIÇÕES PARA A CLÍNICA DE ATENÇÃO BÁSICA DO SUS	
Rita de Cássia Gabrielli Souza Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916018</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>79</b>
AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIA EM SAÚDE: PERFIL DO USUÁRIO BRASILEIRO DO PROGRAMA FARMÁCIA POPULAR COM HIPERTENSÃO ARTERIAL DIAGNOSTICADA	
Simone Bezerra Franco	
Ronni Geraldo Gomes de Amorim	
Marília Miranda Forte Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3771916019</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>91</b>
ENSAIO DE AGREGAÇÃO PLAQUETÁRIA COM SORO DO LÁTEX DE <i>HIMATANTHUS SUCUUBA</i>	
Janeth Silva Pinheiro Marciano	
Renan Gonçalves da Silva	
Juliana da Silva Coppede	
Sonia Marli Zingaretti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37719160110</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>98</b>
PERFIL DO CONSUMO DE ÁLCOOL POR ESTUDANTES DE FISIOTERAPIA DE UMA UNIVERSIDADE PRIVADA DE SALVADOR	
Aísa de Santana Lima	
Ana Paula Amaral de Brito	
Átina Carneiro Rocha	
Gleice de Jesus Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37719160111</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>111</b>
USO DE BIOMASSA FÚNGICA PARA REMOÇÃO DE FÁRMACOS	
Caroline Aparecida Vaz de Araujo	
Elidiane Andressa Rodrigues	
Giselle Maria Maciel	
Priscila Ayumi Sybuia	
Wagner Mansano Cavalini	
Cristina Giatti Marques de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37719160112</b>	

**CAPÍTULO 13 ..... 118**

ANORMALIDADES ERITROCÍTICAS EM *Sciades herzbergii* E FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NA AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE RIOS DA ILHA DO MARANHÃO

Natália Jovita Pereira  
Nayara Duarte da Silva  
Sildiane Martins Cantanhêde  
Janderson Bruzaca Gomes  
Ligia Tchaicka  
Débora Martins Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.37719160113**

**CAPÍTULO 14 ..... 130**

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE *Beauveria bassiana* (HYPOCREALES: CORDYCIPIACEAE) E ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Pogostemon cablin* (LAMIALES: LAMIACEAE) SOBRE O DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO INICIAL DE *Gallus gallus* (GALLIFORMES: PHASIANIDAE)

Lucas Trentin Larentis  
Tainá dos Santos  
Alanda de Oliveira  
Patricia Franchi de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.37719160114**

**CAPÍTULO 15 ..... 135**

ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE EXTRATOS ORGÂNICOS DO ISOLADO JUANT028 NO CONTROLE DE FITOPATÓGENOS

Igor Shoiti Shiraishi  
Wellington Luiz de Oliveira  
Robert Frans Huibert Dekker  
Aneli de Melo Barbosa-Dekker  
Juliana Feijó de Souza Daniel

**DOI 10.22533/at.ed.37719160115**

**CAPÍTULO 16 ..... 144**

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DE EXTRATO VEGETAL DE *Cymbopogon winterianus* SOBRE O DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO INICIAL DE AVE

Gabrielly Cristina Galvão  
Juliana Marceli Hofma Lopes  
Letícia Mencatto Bueno  
Patricia Franchi de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.37719160116**

**CAPÍTULO 17 ..... 150**

EXTRATO DE *Fusarium graminearum* É UMA ALTERNATIVA NÃO TÓXICA PARA USO COMO CORANTE NATURAL: OBTENÇÃO, ESTABILIDADE E ATIVIDADE BIOLÓGICA

Brenda Kischkel  
Beatriz Paes Silva  
Fabiana Gomes da Silva Dantas  
Kelly Mari Pires de Oliveira  
Terezinha Inez Estivalet Svidzinski  
Melyssa Negri

**DOI 10.22533/at.ed.37719160117**

**CAPÍTULO 18 ..... 166**

O USO DE HERBICIDAS À BASE DE GLIFOSATO NO BRASIL E NO MUNDO E SEUS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E SAÚDE HUMANA

Yuri Dornelles Zebral

Adalto Bianchini

**DOI 10.22533/at.ed.37719160118**

**CAPÍTULO 19 ..... 178**

AVALIAÇÃO DE LINGUIÇA TOSCANA ADICIONADA DE INULINA COMO SUBSTITUTO DA GORDURA E INGREDIENTE FUNCIONAL PREBIÓTICO

Fabiane Ferreira dos Santos

Rosires Deliza

Simone Pereira Mathias

**DOI 10.22533/at.ed.37719160119**

**CAPÍTULO 20 ..... 191**

QUALIDADE DA DIETA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Olívia Farias dos Santos

Cecília Fischer Fernandes

Cristielle Aguzzi Cougo de Leon

Fernanda Vighi Dobke

Sandra Costa Valle

Renata Torres Abib Bertacco

**DOI 10.22533/at.ed.37719160120**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

CONSTRUINDO RELAÇÕES DE CUIDADO POR MEIO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE: O PAPEL DO FISIOTERAPEUTA NA ESCOLA REGULAR

Maria Bethânia Tomaschewski Bueno

Tatiane Barcellos Corrêa

**DOI 10.22533/at.ed.37719160121**

**CAPÍTULO 22 ..... 209**

ESTUDO DOS PADRÕES DE POLINIZAÇÃO DE *Apis mellifera* L. EM PLANTAS DA CAATINGA, COMO ESTRATÉGIA PARA A CONSTRUÇÃO DE UM MATERIAL DIDÁTICO

Fernanda Kamila Oliveira de Aquino

Raíza Lorena Peixoto

Larissa Mércia Peixoto

George Machado Tabatinga Filho

Ileane Oliveira Barros

**DOI 10.22533/at.ed.37719160122**

**CAPÍTULO 23 ..... 224**

IMAGENS ANALÓGICAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA

Francisco Alves Santos

Andréa Pereira Silveira

Isabel Cristina Higino Santana

**DOI 10.22533/at.ed.37719160123**

**CAPÍTULO 24 ..... 234**

SITUAÇÃO DA PREVENÇÃO DE DOENÇAS EM CRIANÇAS MENORES DE CINCO ANOS, MORADORAS NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DE UM SERVIÇO DE ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAÚDE

Déborah Silveira König  
Juvenal Soares Dias da Costa  
Denise Silva da Silveira  
Cintia Müller Leal  
Ubirajara Amaral Vinholes Filho

**DOI 10.22533/at.ed.37719160124**

**CAPÍTULO 25 ..... 239**

UMA NOVA ABORDAGEM PARA A ORIENTAÇÃO SEXUAL NA ESCOLA ESTADUAL NESTOR LIMA, NATAL RN.

Francicleide Venâncio Bezerra Alves  
Gabriel Henrique Santana da Silva  
Kaline Karla Gomes dos Santos  
Rosangela Lopes Dias

**DOI 10.22533/at.ed.37719160125**

**CAPÍTULO 26 ..... 252**

UTILIZAÇÃO DE ESTUDO DE CASO NO TÓPICO SISTEMA REPRODUTOR HUMANO NO ENSINO MÉDIO

Messias Rodrigues Arruda  
Isabel Cristina Higino Santana  
Andréa Pereira Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.37719160126**

**CAPÍTULO 27 ..... 263**

INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA DO PIBID CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM SALA DE RECURSO MULTIFUNCIONAL

Emellyn Gabriela Ioris  
Claudinei de Freitas Vieira  
Leide Daiane Nascimento Mascarello  
Michele Potrich

**DOI 10.22533/at.ed.37719160127**

**CAPÍTULO 28 ..... 268**

UTILIZAÇÃO DO LÚDICO NO ENSINO DE BIOQUÍMICA: JOGOS DE ENCAIXE PARA DEMONSTRAÇÃO DIDÁTICA DE MUDANÇAS ESTRUTURAIS DOS COMPOSTOS INTERMEDIÁRIOS DA GLICÓLISE

Maria Julia Sousa da Fonseca  
Rebeca Eller Ferreira  
Luis Flávio Mendes Saraiva

**DOI 10.22533/at.ed.37719160128**

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 273**

## O USO DE HERBICIDAS À BASE DE GLIFOSATO NO BRASIL E NO MUNDO E SEUS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E SAÚDE HUMANA

### **Yuri Dornelles Zebral**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande, 96203-900, Rio Grande, RS, Brazil. yurizebral@gmail.com; adaltobianchini@furg.br

### **Adalto Bianchini**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Fisiológicas, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande, 96203-900, Rio Grande, RS, Brazil. yurizebral@gmail.com; adaltobianchini@furg.br

**RESUMO:** Os herbicidas à base de glifosato são formulações comerciais usadas no controle de ervas daninhas. No início, a utilização do glifosato era discreta. Em 1994 foram usados 43 milhões de quilos deste composto. Com a liberação mundial do uso de cultivares geneticamente alterados para tolerar estes herbicidas, seu uso cresceu exponencialmente até alcançar o patamar de pesticida mais usado no mundo. Em 2014, 826 milhões de quilos foram usados globalmente. Como resultado deste intenso uso, processos de contaminação ambiental são frequentes. O glifosato já foi encontrado em corpos d'água de diversos países, principalmente naqueles com forte tradição agrária. Além disso, este herbicida também foi encontrado em solos e até mesmo na água de chuva. Geralmente as concentrações destas contaminações se

aproximam dos valores máximos estipulados pela legislação Brasileira e em alguns casos, até a ultrapassa. Frente a isto, potenciais danos a organismos não alvo, como animais incluindo o ser humano, geram crescente preocupação. Esta toxicidade já foi bem estudada em uma série de animais, como peixes, anfíbios, répteis, aves, mamíferos e até mesmo microrganismos. Um destes efeitos está relacionado ao aumento de estresse oxidativo promovido pela inibição do sistema antioxidante celular. Como resultado, processos de dano oxidativo podem ocorrer. Além disto, o glifosato pode inibir a acetilcolinesterase e provocar uma série de prejuízos neuronais e musculares, incluindo morte em processos de contaminação intensos. Ainda, estes compostos podem desregular o sistema endócrino e causar alterações reprodutivas e embriológicas. Em termos mais específicos de saúde humana, os herbicidas à base de glifosato vêm sendo cada vez mais implicados com o aumento no surgimento de câncer. Inclusive, em 2015 a Organização Mundial da Saúde (OMS) caracterizou este herbicida como “provavelmente carcinogênico para seres humanos”. Por fim, os herbicidas à base de glifosato podem prejudicar organismos chave e provocar alterações ao nível ecossistêmico, como por exemplo alterar os padrões de cobertura vegetal em regiões de campo, gerar processos de eutrofização e

promover o crescimento de microrganismos patogênicos para vegetais e animais, incluindo os seres humanos. Sendo assim, fica evidente que o grande aumento no uso de herbicidas à base de glifosato veio acompanhado de profundos prejuízos ao meio ambiente e saúde humana.

**ABSTRACT:** Glyphosate-based herbicides are commercial formulations used in agricultural and non-agricultural weed control. At the beginning, the use of these herbicides was discrete and about 43 million kg were globally used in 1994. Notwithstanding, the liberation of genetically engineered crops that were glyphosate-tolerant was a game-change and the use of these herbicides grown exponentially. Now, glyphosate formulations are the most worldwide used pesticides. In 2014, about 826 million kg were used globally. As a result of such intense use, environmental contamination became common. Glyphosate has already been found in water bodies of many countries, mainly in traditionally-agricultural ones. Moreover, these herbicides were shown to be present in soil and even in rain-water. Commonly, such contaminations are given in concentrations that are close to the maximum threshold stipulated in Brazilian legislation, and in many cases, surpasses it. As consequence, impacts to non-target species, such as animals including humans, had become focus of growing concern. Toxicity to non-target species has already been demonstrated in fish, amphibia, reptile, bird, mammal and even microorganisms. One of these toxic effects are related to augmented oxidative stress caused by inhibition of cellular antioxidant capacity. As a result, oxidative damage may be present. Beyond that, glyphosate-based herbicides may inhibit acetylcholinesterase activity and negatively affect neuronal and muscular functioning and lead to death in more intense contaminations. Moreover, these herbicides may act as endocrine disruptors and impact reproduction and embryonic development. Additionally, glyphosate formulations have been implicated with the growing number of cancer cases leading the World Health Organization (WHO) to characterized these herbicides as “probably carcinogenic to humans”, in 2015. Finally, glyphosate-based herbicides may harm key-organisms and induce ecosystem changes. For example, glyphosate formulations may alter the pattern of vegetative cover in fields, may induce eutrophication and promote growth of pathogenic microorganisms that harms vegetables and animals, including humans. Therefore, it is evident that the growing use of glyphosate-based herbicides is followed by profound impacts in the environment and human health.

## 1 | HISTÓRICO E USO DOS HERBICIDAS À BASE DE GLIFOSATO

A primeira síntese do glifosato ocorreu em 1950, dentro dos laboratórios de uma empresa farmacêutica que não enxergou aplicações econômicas para a nova molécula. Como consequência, a empresa optou por abandonar as pesquisas relacionadas ao glifosato e vendeu sua fórmula (Dill et al, 2010). Desde então, o glifosato percorreu um longo caminho até se tornar o pesticida mais usado no mundo. O segundo passo

determinante nesta caminha só foi dado após 20 anos de pesquisa, quando em 1970 se descobriu a ação inibitória do glifosato sobre a 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase, uma enzima essencial para a rota do shikimate, e sua consequente ação herbicida (Duke e Powles, 2008). Já em 1974 o glifosato começou a ser distribuído comercialmente pela Monsanto, na formulação Roundup com o intuito de matar ervas daninhas que cresciam junto às lavouras (Duke e Powles, 2008). Até esse momento, o herbicida só poderia ser usado para limpar o campo no período que antecedia o plantio, ou então no período posterior à colheita, já que a ação herbicida da formulação era não seletiva (atuava tanto nas ervas-daninhas quanto no cultivar alvo).

Desde o início de sua comercialização, na década de 70, até o início da década de 90, o uso de glifosato foi modesto e cresceu pouco. Em 1994 o uso mundial do herbicida foi de aproximadamente 43 milhões de quilos. Apesar disso, com a liberação global do uso de cultivares transgênicos resistentes ao glifosato, em 1996, o uso do herbicida cresceu vertiginosamente (Benbrook, 2016). A partir desse momento, os produtores poderiam usar o glifosato em suas lavouras em qualquer período do processo de cultivo, bastava usar as sementes geneticamente modificadas vendidas pela Monsanto. O uso combinado do glifosato com cultivares resistentes foi um divisor de águas que proporcionou um aumento sem precedentes no uso desse herbicida. Em 2014, o uso global do glifosato já alcançava os 826 milhões de quilos (Benbrook, 2016).

Os três países que mais produziram soja transgênica resistente ao glifosato em 2014 foram os Estados Unidos (315,4 milhões de toneladas), o Brasil (94,5 milhões de toneladas) e a Argentina (56 milhões de toneladas) (Benbrook, 2016). Especificamente no Brasil, esse valor corresponde à 94% de toda a soja produzida no país (Pignati et al, 2017). Considerando que a soja corresponde à 42% de toda a área plantada do Brasil (Pignati et al, 2017), fica evidente o peso que o cultivar transgênico resistente ao glifosato, e por consequência o próprio herbicida, tem no país.

## 2 | DESTINO AMBIENTAL

A contaminação ambiental por glifosato se dá pelo processo de lixiviação das lavouras, causado principalmente pela água das chuvas, já que este herbicida é extremamente hidrossolúvel (10.000 – 15.700 mg/L, à 25°C) (Annet et al 2014). Desta forma, é esperado que o ambiente aquático que se encontra no entorno de lavouras seja o mais impactado (Annet et al 2014). De fato, vários trabalhos evidenciam a contaminação deste ambiente. Por exemplo, a concentração de 1,48 mg/L já foi encontrada em um córrego de Arapotí (Paraná, Brasil) (Tzaskos et al 2012). Ainda, este herbicida foi encontrado em águas Argentinas nas concentrações de 0.1 - 0.7 mg/L (Peruzzo et al 2008), 0.03 - 1.50 mg/L (Aparicio et al 2013) e 0.6 mg/L (Ronco et al 2016). É interessante observar que vários desses valores estão bem acima da concentração máxima permitida pela legislação brasileira em águas de tipo I (65

µg/L; resolução CONAMA 357) e ficam dentro das projeções de “pior cenário de contaminação” (1.7 - 5.2 mg/L) indicados em Annet et al (2014). Apesar disto, as concentrações determinadas do glifosato em corpos d’água de outros países como Estados Unidos, Canadá e França geralmente são menores, variando de 0.02 até 430 µg/L (Annet et al 2014).

O glifosato também já foi encontrado em outros ambientes além do aquático, como no solo (Peruzzo et al 2008) e surpreendentemente na água de chuva (Chang et al 2011; Alonso et al 2018). O aparecimento de glifosato na água atmosférica aumenta bastante o raio de contaminação por este herbicida, considerando que essas massas de vapor d’água possuem uma grande capacidade de dispersão. Sendo assim, a contaminação gerada por regiões agrícolas que fazem o uso dos herbicidas pode chegar a regiões urbanas distantes, ou até mesmo em áreas de cultivo agroecológicas que não fazem uso de agrotóxicos.

### 3 | TOXICIDADE PARA ORGANISMOS NÃO ALVO

As empresas que produzem herbicidas à base de glifosato conseguiram sustentar por alguns anos a ideia de que estes compostos não possuíam toxicidade para organismos não vegetais. Essa ideia era baseada na tese de que apenas vegetais possuem a 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase. Esse argumento já não pode mais ser considerado, pois hoje efeitos tóxicos destes herbicidas em espécies não vegetais já foram amplamente demonstrados. Evidentemente, tais mecanismos de toxicidade não envolvem a 5-enolpiruvilshikimate-3-fosfato sintase.

As formulações comerciais de herbicidas à base de glifosato são várias e diversas (Benbrook, 2016). Isso adiciona complexidade ao processo de avaliação de seus possíveis efeitos tóxicos, considerando que cada formulação possui diferentes proporções de mistura do princípio ativo com adjuvantes, os quais também possuem toxicidade por si só (Annet et al 2014). Inclusive, os próprios adjuvantes usados podem variar. Esses compostos são adicionados às formulações comerciais afim de potencializar o efeito herbicida do glifosato, aumentando sua capacidade de penetrar no tecido dos organismos. As polioxietilenamidas (POEA) estão entre os adjuvantes mais utilizados (Annet et al 2014).

De forma geral, os efeitos tóxicos dos herbicidas à base de glifosato podem ser divididos em estresse oxidativo (Menezes et al, 2011), inibição da acetilcolinesterase (Sánchez et al, 2017) e desregulação endócrina (Soso et al, 2007). Apesar disso, outros efeitos são conhecidos, mas não tão bem estudados. Por exemplo, alguns trabalhos demonstraram ações sobre o desenvolvimento embrionário (Paganelli et al, 2010; Zebral et al, 2017). Além disso, efeitos carcinogênicos destas formulações também já foram demonstrados (Thongprakaisang et al, 2013; International Agency for Research on Cancer, 2015; Fortes et al, 2015). É interessante observar que esses efeitos são em

maior ou menor grau, compartilhados por diversas espécies animais. Nesse sentido, existe uma confluência entre danos provocados ao meio ambiente e à saúde pública. Esta ideia será melhor explorada nos tópicos abaixo.

### 3.1 Estresse oxidativo

O processo de estresse oxidativo se caracteriza pela incapacidade do sistema antioxidante celular em neutralizar compostos oxidantes, como as espécies reativas de oxigênio e radicalares. Como resultado deste processo, prejuízos celulares são esperados, como danos no material genético, em proteínas e na membrana plasmática. Eventualmente, esses danos podem levar a alterações nas organelas e morte celular (Amado et al, 2009).

Os herbicidas à base de glifosato podem provocar aumento de estresse oxidativo pela inibição do sistema oxidante. Estas formulações podem diminuir a atividade das enzimas superóxido dismutase (Menezes et al, 2011), glutathione-S-transferase (Lushchak et al, 2009) e catalase (Menezes et al, 2011). Ainda, a exposição a estes herbicidas pode prejudicar o sistema antioxidante não enzimático pela diminuição na quantidade de glutathione (Modesto and Martinez, 2010).

Associado a este processo de redução do sistema antioxidante enzimático e não enzimático, é possível observar também aumento de dano oxidativo, geralmente caracterizado por aumento no grau de peroxidação de lipídeos (danos na membrana plasmática) (Gluszczak et al, 2011; Menezes et al, 2011), no grau de carbonilação de proteínas (dano nestas estruturas) (Gluszczak et al, 2011; Menezes et al, 2011) e genotoxicidade (danos no material genético) (Poletta et al, 2011). Ainda, este último grupo de danos pode também desencadear um processo mutagênico. Por fim, é interessante observar que esses efeitos foram demonstrados em uma grande diversidade de espécies, como poliquetos, peixes, anfíbios, répteis e ratos, em concentrações que variam de 0,05 mg/L até 20 mg/L.

### 3.2 inibição da acetilcolinesterase

A acetilcolinesterase é responsável pela quebra do neurotransmissor acetilcolina nas sinapses e junções neuromusculares. A diminuição de sua atividade leva ao acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica e conseqüentemente, hiperestimulação da membrana pós-sináptica. Este processo leva ao mal funcionamento neuronal e/ou muscular e até mesmo à morte (Fulton e Key, 2001). Um grande numero de trabalhos mostra que os herbicidas à base de glifosato podem inibir a atividade desta enzima, tanto no cérebro quanto no músculo, em exposição aguda e crônica (Cattaneo et al, 2011; Lajmanovich et al, 2011; Menendez-Helman et al, 2012; Modesto e Martinez, 2010; Salbego et al, 2010; Sánchez et al, 2017). Além disto, estes efeitos já foram descritos em várias espécies. É interessante observar que geralmente as mortes associadas à exposição aguda à organofosforados, como o glifosato, estão relacionadas

à inibição da acetilcolinesterase (Colovic et al, 2013). Vale ressaltar que este perfil de contaminação está relacionado à ingestão acidental de uma grande quantidade do produto e, em geral, acomete principalmente os próprios produtores e seus familiares (Colovic et al, 2013).

### 3.3 Desregulação endócrina

Um agente é caracterizado como desregulador endócrino quando altera a produção, transporte, degradação ou ação de algum hormônio, provocando prejuízos no sistema de regulação endócrina (Ankley et al, 2009). Um grupo de hormônios que os herbicidas à base de glifosato podem afetar são os esteroides. Já se sabe que estas formulações podem alterar a produção destes hormônios pela diminuição na expressão da proteína reguladora aguda da esteroidogênese (StAR) (Walsh et al, 2000). Desta forma, toda a produção de hormônios esteroides pode ser comprometida. Ainda, se sabe que estes herbicidas podem diminuir a atividade da aromatase, enzima que converte a testosterona em estradiol (Richard et al, 2005). Em conformidade a este dado, Soso et al (2007) mostram que o peixe jundiá (*Rhamdia quelen*) exposto cronicamente à uma formulação comercial de glifosato apresentou níveis plasmáticos de estradiol diminuídos. Além disto, estes herbicidas podem apresentar atividade estrogênica pela interação agonista com receptores androgênicos (Thongprakaisang et al, 2013). Em conjunto, estes resultados demonstram que o glifosato e suas formulações possuem potencial para comprometer a reprodução de vertebrados. De fato, vários trabalhos mostram que estes herbicidas realmente podem comprometer este processo, tanto pela redução na qualidade espermática (Lopes et al, 2014; Sanchez et al, 2017), diminuição na produção de embriões (Uren Webster et al, 2014, Zebral et al, 2018) e diminuição na qualidade da prole (Soso et al, 2007).

Além do comprometimento reprodutivo, os herbicidas a base de glifosato podem alterar a atividade do ácido retinóico, hormônio importante durante o desenvolvimento embrionário (Paganelli et al, 2010). De fato, vários trabalhos mostram que após exposição a estes herbicidas, diversas espécies animais incluindo peixes (Paganelli et al, 2010; Zebral et al, 2017), ave (Paganelli et al, 2010), anfíbio (Paganelli et al, 2010) e crustáceo (Avigliano et al, 2014) apresentaram alterações embrionárias semelhantes ao fenótipo de desregulação do ácido retinóico, como alterações craniofaciais (Lohnes et al, 1994) e redução/ausência de olhos (Lopez e Carrasco, 1992). Além disto, é sabido que áreas rurais onde os herbicidas a base de glifosato são extensivamente utilizados vem sofrendo aumento no número de bebês nascidos com alterações embrionárias. Estas alterações também se assemelham com o fenótipo de disfunção retinóica e se apresentam como microcefalia, anencefalia, lábios leporinos (Benitez Leite et al., 2009; Campana et al., 2010) e ciclopia (Lopez et al., 2012; Saldarriaga, 2010).

### 3.4 Efeitos ecossistêmicos

Avaliações ecossistêmicas pretendem entender como se dá as relações entre as espécies, em termos populacionais e de comunidade, bem como a relação destas com fatores abióticos, como a radiação solar e a temperatura. Desta forma, qualquer tipo de fator que possa alterar estas relações estará provocando efeitos ecossistêmicos. Neste contexto, os efeitos tóxicos já apresentados dos herbicidas à base de glifosato que possam acarretar prejuízos no desempenho individual dos organismos, e por consequência impactar suas populações, já estão provocando efeitos ecossistêmicos em alguma instância. Os prejuízos descritos para a reprodução e desenvolvimento embrionário são bons exemplos disto.

Além disto, efeitos tóxicos sobre espécies chave também podem ser prejudiciais para o funcionamento ecossistêmico. Neste sentido, efeitos sobre microrganismos ganham destacada relevância. Por exemplo, herbicidas à base de glifosato prejudicam microrganismos importantes para o crescimento de plantas, como *Pseudomonas spp.*, *Burkholderia spp.*, fungos associados ao rizoma e bactérias associadas à fixação de nitrogênio. Como consequência, os padrões de cobertura vegetal de zonas de campo foram alterados (Arango et al, 2014; Druille et al, 2015; Schafer et al, 2014; Zobiole et al, 2010). Este tipo de efeito pode impactar negativamente uma série de organismos que dependem de padrões específicos de cobertura vegetal para a manutenção de suas populações.

Estudos também demonstraram que a contaminação por formulações contendo glifosato alteraram a composição microbiológica tanto em água marinha (Stachowski-Haberkorn et al, 2008) quanto doce (Relyea, 2005), provocando inclusive aumento no processo de eutrofização pela elevação na disponibilização de fósforo (Perez et al, 2007; Vera et al, 2010). Eventos deste tipo levam a mortalidade em massa de organismos, principalmente peixes, e grande prejuízo ecossistêmico.

Por fim, a exposição a estes herbicidas pode incentivar o crescimento de microrganismos patogênicos ao invés de espécies benéficas. Já foi demonstrado que solo contaminado com formulações baseadas em glifosato favorece o patógeno *Fusarium spp.*, levando ao apodrecimento de raízes vegetais (Rosenbaum et al, 2014; Yamada et al, 2009). De forma semelhante, o patógeno *Staphylococcus aureus* que pode prejudicar humanos e outros animais também pode estar mais presente em solos contaminados com estes herbicidas (Funke et al, 2007; Priestman et al, 2005).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Frente aos dados apresentados aqui, fica evidente que a sociedade humana está usando os herbicidas à base de glifosato com cada vez mais intensidade. Galopando no mesmo passo, estão os processos de contaminação ambiental. Dentro deste contexto, as preocupações relacionadas aos prejuízos ambientais e para a saúde

humana causados por estas formulações são grandes.

Como apresentado, os efeitos tóxicos destes herbicidas para organismos não alvo são, em geral, compartilhados por várias espécies, incluindo o ser humano. Frente à processos de contaminação aguda à baixas concentrações, os efeitos tóxicos esperados estão relacionados ao aumento no processo de estresse oxidativo, que pode levar à danos teciduais e morte celular. No caso de contaminações agudas à altas concentrações, efeitos relacionados à inibição da acetilcolinesterase são mais frequentes. Neste caso, os prejuízos são mais drásticos, podendo inclusive ser fatais.

Em relação a exposições crônicas, são esperados efeitos mais intensos do processo de estresse oxidativo. Ainda, possíveis danos oxidativos de longo prazo ao material genético podem produzir efeitos mutagênicos e resultar no surgimento de câncer. Vale ressaltar que em 2015 o glifosato foi considerado pela Organização Mundial da Saúde como “provavelmente carcinogênico para seres humanos”. Além disto, recentemente a Monsanto foi sentenciada a pagar 1,1 bilhão de reais de multa a um jardineiro que usava a formulação produzida pela empresa e que acabou por desenvolver câncer (Jornal Folha, 2018). Ainda em exposição crônica, efeitos relacionados à desregulação endócrina são esperados, levando à prejuízos reprodutivos e também a alterações de desenvolvimento embrionário.

Por fim, a contaminação por formulações à base de glifosato pode causar efeitos ecossistêmicos como alteração no perfil de cobertura vegetal, eutrofização de corpos d'água, apodrecimento de raízes, alteração nos padrões de riqueza e abundância de microrganismos e fortalecimento de agentes patogênicos. Somados, todos esses efeitos podem prejudicar grandemente o meio ambiente e a saúde humana.

## REFERÊNCIAS

Alonso, L. L., Demetrio, P. M., Etchegoyen, M. A., Marino, D. J. 2018. Glyphosate and atrazine in rainfall and soils in agroproductive areas of the pampas region in Argentina. *Science of The Total Environment*, 645, 89-96.

Amado, L., Garcia, L., Ramos, P., Freitas, R., Zafalon, B., Ferreira, R., Yunes, J., Monserrat, J., 2009. A method to measure total antioxidant capacity against peroxy radicals in aquatic organisms: application to evaluate microcystins toxicity. *Sci. Total. Environ.* 407, 2115-2123.

Ankley, G. T., Bencic, D. C., Breen, M. S., Collette, T. W., Conolly, R. B., Denslow, N. D., Lazorchak, J. M. 2009. Endocrine disrupting chemicals in fish: developing exposure indicators and predictive models of effects based on mechanism of action. *Aquatic Toxicology*, 92, 168-178.

Annett, R., Habibi, H.R., Hontela, A., 2014. Impact of glyphosate and glyphosate- based herbicides on the freshwater environment. *J. Appl. Toxicol.* 34, 458-479.

Aparicio, V., Geronimo, E., Marino, D., Primost, J., Carriquirborde, P., Costa, J., 2013. Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere* 93, 866-1873.

Arango, L., Buddrus-Schiemann, K., Opelt, K., Lueders, T., Haesler, F., Schmid, M., Ernst, D.,

- Hartmann, A., 2014. Effects of glyphosate on the bacterial community associated with roots of transgenic Roundup Ready® soybean. *Eur. J. Soil Biol.* 63, 41–48.
- Avigliano, L., Alvarez, N., Loughlin, C.M., Rodriguez, E.M., 2014. Effects of glyphosate on egg incubation, larvae hatching, and ovarian rematuration in the estuarine crab *Neohelice granulata*. *Environ. Toxicol. Chem.* 33, 1879-1884.
- Benbrook, C.M., 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environ. Sci. Eur.* 28, 3.
- Benitez Leite, S., Macchi, M.A., Acosta, M., 2009. Malformaciones congenitas asociadas a agrotoxicos. *Arch. Pediatría Urug.* 80, 237-247
- Campana, H., Pawluk, M.S., Lopez Camelo, J.S., 2010. Births prevalence of 27 selected congenital anomalies in 7 geographic regions of Argentina. *Arch. Argent. Pediatría* 108, 409-417.
- Cattaneo, R., Clasen, B., Loro, V.L., de Menezes, C.C, Pretto, A., Baldisserotto, B., Santi, A., de Avila, L.A., 2011. Toxicological responses of *Cyprinus carpio* exposed to a commercial formulation containing glyphosate. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 87, 597–602.
- Chang, F.C., Simcik, M.F., Capel, P.D., 2011. Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environ. Toxicol. Chem.* 30, 548–555.
- Colovic, M.B., Krstic, D.Z., Lazarevic-Pasti, T.D., Bondzic, A.M., Vasic, V.M., 2013. Acetylcholinesterase inhibitors: pharmacology and toxicology. *Current neuropharmacology*, 11, 315-335.
- Dill, G.M., Sammons, R.D., Feng, P.C.C., Kohn, F., Kretzmer, K., Mehrsheikh, A., Bleeke, M., Honegger, J.L., Farmer, D., Wright, D., Hauptfear, E.A., 2010. Glyphosate: discovery, development, applications, and properties. Chapter 1. In: Nandula VK (ed) *Glyphosate resistance in crops and weeds: history, development, and management*. Wiley, New York, pp 1–33. ISBN 978-0470410318.
- Druille, M., Cabello, M.N., García Parisi, P.A., Golluscio, R.A., Omacini, M., 2015. Glyphosate vulnerability explains changes in root-symbionts propagules viability in pampean grasslands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 202, 48–55.
- Duke, S.O., Powles, S.B., 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Manag Sci* 64, 319–325.
- Fortes, C., Mastroeni, S., Segatto, M.M., Hohmann, C., Miligi, L., Bakos, L., Bonamigo, R., 2016. Occupational exposure to pesticides with occupational sun exposure increases the risk for cutaneous melanoma. *J. Occup. Environ. Med.* 58, 370–375.
- Funke, T., Healy-Fried, M.L., Han, H., Alberg, D.G., Bartlett, P.A., Schönbrunn, E., 2007. Differential inhibition of class I and class II 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthases by tetrahedral reaction intermediate analogues. *Biochemist* 46, 13344–13351.
- Gluszczak, L., Loro, V.L., Pretto, A., Moraes, B.S., Raabe, A., Duarte, M.F., da Fonseca, M.B., de Menezes, C.C., Valladao, D.M.D., 2011. Acute exposure to glyphosate herbicide affects oxidative parameters in Piava (*Leporinus obtusidens*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 61, 624–630.
- International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. 2015.
- Lajmanovich, R.C., Attademo, A.M., Peltzer, P.M., Junges, C.M., Cabagna, M.C. 2011. Toxicity of four herbicide formulations with glyphosate on *Rhinella arenarum* (Anura: Bufonidae) tadpoles: B-esterases and glutathione s-transferase inhibitors. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 60, 681–689.

- Lohnes, D., Mark, M., Mendelsohn, M., Dolle, P., Dierich, A., Gorry, P., Gansmuller, A., Chambon, P., 1994. Function of the retinoic acid receptors (RARs) during development. (I). Craniofacial and skeletal abnormalities in RAR double mutants. *Development* 120, 2723-2748.
- Lopes, F.M., Junior, A.S.V., Corcini, C.D., da Silva, A.C., Guazzelli, V.G., Tavares, G., da Rosa, C.E., 2014. Effect of glyphosate on the sperm quality of zebrafish *Danio rerio*. *Aquat. Toxicol.* 155, 322-326.
- Lopez, S.L., Aiassa, D., Benitez Leite, S., Lajmanovich, R., Manas, F., Poletta, G., Sanchez, N., Simoniello, M.F., Carrasco, A.E., 2012. Pesticides Used in South American GMO-based Agriculture: a Review of Their Effects on Humans and Animal Models. Elsevier.
- Lopez, S.L., Carrasco, A.E., 1992. Retinoic acid induces changes in the localization of homeobox proteins in the antero-posterior axis of *Xenopus laevis* embryos. *Mech. Dev.* 36, 153-164.
- Lushchak, O.V., Kubrak, O.I., Storey, J.M., Storey, K.B., Lushchak, V.I., 2009. Low toxic herbicide Roundup induces mild oxidative stress in goldfish tissues. *Chemosphere* 76, 932-937.
- Menendez-Helman, R.J., Ferreyroa, G.V., Afonso, M.D., Salibian, A., 2012. Glyphosate as an acetylcholinesterase inhibitor in *Cnesterodon decemmaculatus*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 88, 6-9.
- Menezes, C.C., Fonseca, M.B., Loro, V.L., Santi, A., Cattaneo, R., Clasen, B., Pretto, A., Morsch, V.M., 2011. Roundup effects on oxidative stress parameters and recovery pattern of *Rhamdia quelen*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 60, 665-671.
- Modesto, K.A., Martinez, C.B.R., 2010. Effects of Roundup Transorb on fish: Hematology, antioxidant defenses and acetylcholinesterase activity. *Chemosphere* 81, 781-787.
- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., Lopez, S.L., Carrasco, A.E., 2010. Glyphosate- based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chem. Res. Toxicol.* 23, 1586-1595.
- Perez, G.L., Torremorell, A., Mugni, H., Rodriguez, P., Vera, M.S., Do Nascimento, M., Allende, L., Bustingorry, J., Escaray, R., Ferraro, M., 2007. Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: A mesocosm study. *Ecol. Appl.* 17, 2310-2322.
- Peruzzo, P., Porta, A., Ronco, A., 2008. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. *Environ. Pollut.* 156, 61-66.
- Pignati, W.A., Lima, F.A.N.D.S., Lara, S.S.D., Correa, M.L.M., Barbosa, J.R., Leão, L.H.D.C., Pignatti, M.G., 2017. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciencia & saude coletiva*, 22, 3281-3293.
- Poletta, G.L., Kleinsorge, E., Paonessa, A., Mudry, M.D., Larriera, A., Siroski, P.A., 2011. Genetic, enzymatic and developmental alterations observed in *Caiman latirostris* exposed in ovo to pesticide formulations and mixtures in an experiment simulating environmental exposure. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 74, 852-859.
- Priestman, M.A., Funke, T., Singh, I.M., Crupper, S.S., Schönbrunn, E., 2005. 5- Enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Staphylococcus aureus* is insensitive to glyphosate. *FEBS Lett.* 579, 728-732.
- Relyea, R.A., 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecol. Appl.* 15, 618-627.

Resolução CONAMA Nº 357/2005 - “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.”. - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.

Richard, S., Moslemi, S., Sipahutar, H., Benachour, N., Seralini, G.E., 2005. Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environ. Health Perspect.* 113, 716-720.

Ronco, A., Marino, D., Abelando, M., Almada, P., Apartin, C., 2016. Water quality of the main tributaries of the Parana Basin: glyphosate and AMPA in surface water and bottom sediments. *Environ. Monit. Assess.* 188, 458.

Rosenbaum, K.K., Miller, G.L., Kremer, R.J., Bradley, K.W., 2014. Interactions between glyphosate, Fusarium infection of common water hemp (*Amaranthus rudis*), and soil microbial abundance and diversity in soil collections from Missouri. *Weed Sci.* 62, 71–82.

Salbego, J., Pretto, A., Gioda, C.R., de Menezes, C.C., Lazzari, R., Neto, J.R., Baldisserotto, B., Loro, V.L., 2010. Herbicide formulation with glyphosate affects growth, acetylcholinesterase activity, and metabolic and hematological parameters in Piava (*Leporinus obtusidens*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58, 740–745.

Saldarriaga, W., 2010. Epidemiological surveillance of cyclopia in the Hospital Universitario del Valle, Cali, Colombia 2004e2008. *Rev. Colomb. Obstet. Ginecol.* 61, 12-17.

Sánchez, J.A.A., Junior, A.S.V., Corcini, C.D., da Silva, J.C., Primel, E.G., Caldas, S., Martins, C. D.M.G., 2017. Effects of Roundup formulations on biochemical biomarkers and male sperm quality of the livebearing *Jenynsia multidentata*. *Chemosphere*, 177, 200-210.

Schafer, J.R., Hallett, S.G., Johnson, W.G., 2014. Rhizospheremic microbial community dynamics in glyphosate-treated susceptible and resistant biotypes of giant ragweed (*Ambrosia trifida*). *Weed Sci.* 62, 370–381.

Stachowski-Haberkorn, S., Becker, B., Marie, D., Haberkorn, H., Coroller, L., de la Broise, D., 2008. Impact of Roundup on the marine microbial community, as shown by an in situ microcosm experiment. *Aquat. Toxicol.* 89, 232–241.

Thongprakaisang, S., Thiantanawat, A., Rangkadilok, N., Suriyo, T., Satayavivad, J., 2013. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. *Food Chem Toxicol.* 59, 129–136.

Thongprakaisang, S., Thiantanawat, A., Rangkadilok, N., Suriyo, T., Satayavivad, J., 2013. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. *Food Chem. Toxicol.* 59, 129-136.

Tzaskos, D., Marcovicz, C., Dias, N., Rosso, N., 2012. Development of sampling for quantification of glyphosate in natural waters. *Cienc. Agrotecnol.* 36, 399-405.

Uren Webster, T.M., Laing, L.V., Florance, H., Santos, E.M., 2014. Effects of glyphosate and its formulation, Roundup, on reproduction in zebrafish (*Danio rerio*). *Environ. Sci. Technol.* 48, 1271-1279.

Vera, M.S., Lagomarsino, L., Sylvester, M., Perez, G.L., Rodriguez, P., Mugni, H., Sinistro, R., Ferraro, M., Bonetto, C., Zagarese, H., 2010. New evidences of Roundup® (a glyphosate formulation) impact on the periphyton community and the water quality of freshwater ecosystems. *Ecotoxicol.* 19, 710–721.

Walsh, L.P., McCormick, C., Martin, C., Stocco, D.M., 2000. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environ. Health Perspect.* 108, 769-776.

Yamada, T., Kremer, R.J., de Camargo e Castro, P.R., Wood, B.W., 2009. Glyphosate interactions with

physiology, nutrition, and diseases of plants: threat to agricultural sustainability? *Eur. J. Agron.* 31, 111–113.

Zebal, Y.D., Lansini, L.R., Costa, P.G., Roza, M., Bianchini, A., Robaldo, R.B., 2018. A glyphosate-based herbicide reduces fertility, embryonic upper thermal tolerance and alters embryonic diapause of the threatened annual fish *Austrolebias nigrofasciatus*. *Chemosphere*, 196, 260-269.

Zobiolo, L.H.S., Kremer, R.J., Oliveira Jr., R.S., Constantin, J., 2010. Glyphosate affects microorganisms in rhizospheres of glyphosate-resistant soybeans. *J. Appl. Microbiol.* 110, 118–127.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CHRISTIANE TREVISAN SLIVINSKI** Possui Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2000), Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007) e Doutorado em Ciências - Bioquímica pela Universidade Federal do Paraná (2012). Tem experiência na área de Bioquímica, com ênfase em Biotecnologia, atuando principalmente nos seguintes temas: inibição enzimática; fermentação em estado sólido; produção, caracterização bioquímica e purificação de proteínas (enzimas); e uso de resíduo agroindustrial para produção de biomoléculas (biossurfactantes). É professora na Universidade Estadual de Ponta Grossa nas disciplinas de Bioquímica e Química Geral desde 2006, lecionando para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, Farmácia, Educação Física, Enfermagem, Odontologia, Química, Zootecnia, Agronomia, Engenharia de Alimentos. Também leciona no Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE desde 2012 para os cursos de Fisioterapia, Odontologia, Farmácia, Nutrição, Enfermagem e Agronomia, nas disciplinas de Bioquímica, Fisiologia, Biomorfologia, Genética, Metodologia Científica, Microbiologia de Alimentos, Nutrição Normal, Trabalho de Conclusão de Curso e Tecnologia de Produtos Agropecuários. Leciona nas Faculdades UNOPAR desde 2015 para o curso de Enfermagem nas disciplinas de Ciências Celulares e Moleculares, Microbiologia e Imunologia.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-037-7

