

José Max Barbosa de Oliveira Junior
(Organizador)

Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza

José Max Barbosa de Oliveira Junior
(Organizador)

Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof^a Dr^a Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A532	Análise crítica das ciências biológicas e da natureza [recurso eletrônico] / Organizador José Max Barbosa de Oliveira Junior. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza; v. 1) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-357-6 DOI 10.22533/at.ed.576192705 1. Ciências biológicas – Pesquisa – Brasil. I. Oliveira Junior, José Max Barbosa de. II. Série. CDD 610.72
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra *“Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza”* consiste de uma série de livros de publicação da Atena Editora. Com 96 capítulos apresenta uma visão holística e integrada da grande área das Ciências Biológicas e da Natureza, com produção de conhecimento que permeiam as mais distintas temáticas dessas grandes áreas.

Os 96 capítulos do livro trazem conhecimentos relevantes para toda comunidade acadêmico-científica e sociedade civil, auxiliando no entendimento do meio ambiente em geral (físico, biológico e antrópico), suprimindo lacunas que possam hoje existir e contribuindo para que os profissionais tenham uma visão holística e possam atuar em diferentes regiões do Brasil e do mundo. As estudos que integram a *“Análise Crítica das Ciências Biológicas e da Natureza”* demonstram que tanto as Ciências Biológicas como da Natureza (principalmente química, física e biologia) e suas tecnologias são fundamentais para promoção do desenvolvimento de saberes, competências e habilidades para a investigação, observação, interpretação e divulgação/interação social no ensino de ciências (biológicas e da natureza) sob pilares do desenvolvimento social e da sustentabilidade, na perspectiva de saberes multi e interdisciplinares.

Em suma, convidamos todos os leitores a aproveitarem as relevantes informações que o livro traz, e que, o mesmo possa atuar como um veículo adequado para difundir e ampliar o conhecimento em Ciências Biológicas e da Natureza, com base nos resultados aqui dispostos.

Excelente leitura!

José Max Barbosa de Oliveira Junior

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AGRICULTURA URBANA: O CASO DA HORTA COMUNITÁRIA ORGÂNICA DO PARQUE PREVIDÊNCIA, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, SP	
Lucas Sales dos Santos Ana Paula Branco do Nascimento Maria Solange Francos Milena de Moura Régis	
DOI 10.22533/at.ed.5761927051	
CAPÍTULO 2	18
SALICILATOS NAS PLANTAS E UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA	
Roberto Cecatto Júnior Anderson Daniel Suss Bruna Thaina Bartzen Guilherme Luiz Bazei Vandeir Francisco Guimarães Lucas Guilherme Bulegon	
DOI 10.22533/at.ed.5761927052	
CAPÍTULO 3	34
ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DO AMBIENTE AQUÁTICO NOS RIOS BANDEIRA, ARROIO CAMPO BONITO E SANTA MARIA (CAMPO BONITO - PR) POR MEIO DE PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA EM 2017 E 2018	
Chrystian Aparecido Grillo Haerter Irene Carniatto	
DOI 10.22533/at.ed.5761927053	
CAPÍTULO 4	42
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE AUTODEPURAÇÃO DE UM RIO NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE	
Beatriz Cristina Lopes Aryanne Cecilia Vieira de Souza Emerson Augusto Queiroz Mendes Marques	
DOI 10.22533/at.ed.5761927054	
CAPÍTULO 5	53
PRESENÇA DE ADENOVIRUS HUMANO NAS ÁGUAS DO RIO CATURETÊ, SARANDI, RIO GRANDE DO SUL	
Brenda Katelyn Viegas da Rosa Rute Gabriele Fiscoeder Ritzel Tatiana Moraes da Silva Heck Fabiano Costa de Oliveira Rodrigo Staggemeier Sabrina Esteves de Matos Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.5761927055	

CAPÍTULO 6 58

SEGURANÇA ALIMENTAR: AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS CRECHES PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE PATOS-PB

Vitor Martins Cantal
Talita Ferreira de Moraes
Clara Luz Martins Vaz
Lusinilda Carla Pinto Martins
Rosália Severo de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.5761927056

CAPÍTULO 7 71

ECOLOGY IN THE SCHOOLYARD: FEATHERED VISITORS

Agüero Nicolás Facundo
Benítez Adriana Carla
Moschner Lara María
Nuñez Gisell Romina
Varela Franco Martín

DOI 10.22533/at.ed.5761927057

CAPÍTULO 8 80

ANÁLISE DA FREQUÊNCIA RELATIVA DE TOXINAS ISOLADAS DE AMOSTRAS DE *ESCHERICHIA COLI* COLETADAS DE BEZERROS COM DIARREIA, DO RECÔNCAVO BAIANO

Gabrielle Casaes Santana
Bruna Mamona de Jesus
Eddy José Francisco de Oliveira
Claudio Roberto Nobrega Amorim

DOI 10.22533/at.ed.5761927058

CAPÍTULO 9 91

“AVALIAÇÃO DE DOR PÓS TRATAMENTO COM BANDAGEM KINESIO TAPE EQUINE EM ARTROSCOPIAS EM EQUINOS”

Vittoria Guerra Altheman
Ana Liz Garcia Alves
Luiz Henrique Lima de Mattos

DOI 10.22533/at.ed.5761927059

CAPÍTULO 10 101

INFLUÊNCIA DO ESTRESSE TÉRMICO NA DEPOSIÇÃO DE GORDURA SUBCUTÂNEA EM BOVINOS NELORE (*BOS INDICUS*) E ANGUS (*BOS TAURUS*)

Guilherme Andraus Bispo
Adam Taiti Harth Utsunomiya
Ludmilla Balbo Zavarez
Júlio César Pascoaloti de Lima
José Fernando Garcia

DOI 10.22533/at.ed.57619270510

CAPÍTULO 11 106

INFLUÊNCIA DA PROGESTERONA ENDÓGENA NA QUANTIDADE E NA QUALIDADE OOCITÁRIA DE VACAS DA RAÇA NELORE

Rafael Augusto Satrapa
Erica Sousa Agostinho
Daniel Ribeiro Guimarães de Menezes
Dagoberto de Almeida Junior

DOI 10.22533/at.ed.57619270511

CAPÍTULO 12 117

USO DA MEMBRANA DE CELULOSE BACTERIANA (NANOSKIN®) EM FERIDAS EXPERIMENTAIS NA ESPÉCIE OVINA

Camila Sabino de Oliveira
Flávia de Almeida Lucas
Fernanda Bovino
Matheus de Oliveira Souza Castro

DOI 10.22533/at.ed.57619270512

CAPÍTULO 13 129

INFLUÊNCIAS DE PISCICULTURA EM TANQUES-REDE SOBRE ASPECTOS POPULACIONAIS E ALIMENTARES DE PEIXES SILVESTRES NO RESERVATÓRIO DE CHAVANTES (RIO PARANAPANEMA), SÃO PAULO, BRASIL

Aymar Orlandi Neto
Denis William Johanssem de Campos
José Daniel Soler Garves
Érica de Oliveira Penha Zica
Reinaldo José da Silva
Heleno Brandão
Augusto Seawright Zanatta
Edmir Daniel Carvalho (in memorian)
Igor Paiva Ramos

DOI 10.22533/at.ed.57619270513

CAPÍTULO 14 140

INTERESSE DO CONSUMIDOR URBANO POR PESCADO COM RÓTULO OU CERTIFICADO ECOLÓGICO EM SANTOS/SP - BRASIL

Sílvia Lima Oliveira dos Santos
Fabio Giordano

DOI 10.22533/at.ed.57619270514

CAPÍTULO 15 149

PRESENÇA DE *Vibrio* ssp. PATOGÊNICOS EM CULTIVOS DE CAMARÃO MARINHOS

Beatriz Cristina Lopes
Emerson Augusto Queiroz Mendes Marques

DOI 10.22533/at.ed.57619270515

CAPÍTULO 16 160

ANÁLISE SENSORIAL DE HAMBÚRGUER DE *Piaractus mesopotamicus* EM DIFERENTES PROPORÇÕES COM CARNE DE FRANGO

Luiz Firmino do Santos Junior
Ariéli Daieny da Fonseca
Beatriz Garcia Lopes
Lucas Menezes Felizardo
Gláucia Amorim Faria
Heloiza Ferreira Alves do Prado

DOI 10.22533/at.ed.57619270516

CAPÍTULO 17 169

ANÁLISE DO CONTEÚDO DE GENÉTICA SOLICITADO NO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO (ENEM) DE 2009 A 2017

Bárbara De Magalhães Souza Gomes
Anna De Paula Freitas Borges
Camila De Assunção Martins
Cesar Augusto Sam Tiago Vilanova-Costa
Antonio Márcio Teodoro Cordeiro Silva

DOI 10.22533/at.ed.57619270517

CAPÍTULO 18 175

APRECIÇÃO DO ENSINO DE GENÉTICA NO CURSO DE MEDICINA DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA DA PARAÍBA

Alessandra Bernadete Trovó de Marqui
Natália Lima Moraes
Vanessa de Aquino Gomes
Nathália Silva Gomes
Cristina Wide Pissetti

DOI 10.22533/at.ed.57619270518

CAPÍTULO 19 187

ANATOMIA 3D IMPRESSA: ABORDAGEM EDUCACIONAL DA TECNOLOGIA MÉDICA

Guilherme Socoowski Hernandes Götz das Neves
Gutemberg Conrado Santos
Ana Cristina Beitia Kraemer Moraes

DOI 10.22533/at.ed.57619270519

CAPÍTULO 20 200

BACTÉRIAS VEICULADAS POR FORMIGAS CAPTURADAS EM AMBIENTES ALIMENTARES DE CRECHES DO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS-MT

Camila Elena Dilly Camargo
Raiane Teixeira Xavier
Meg Caroline do Couto
Daves Lopes Ocereu
Milene Moreno Ferro Hein
Helen Cristina Favero Lisboa

DOI 10.22533/at.ed.57619270520

CAPÍTULO 21 207

MODELO DE SIMULAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ESTRUTURA DA PAISAGEM NO ENTORNO DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE FECHOS – MG

Luciana Eler França
Lourdes Manresa Camargos
Luiza Cintra Fernandes
Fernando Figueiredo Goulart

DOI 10.22533/at.ed.57619270521

CAPÍTULO 22 219

MÚSICAS INFANTIS POPULARMENTE DIFUNDIDAS E SUA INFLUÊNCIA NA PERCEPÇÃO SOBRE ARTHROPODA

Eltamara Souza da Conceição
Daianne Letícia Moreira Sampaio
Aldacy Maria Santana de Souza
Josué de Souza Santana
Luana da Silva Santana Sousa
Samanta Jessen Correia Santana
Tais de Souza Silva
Zilvânia Martins de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.57619270522

CAPÍTULO 23 228

PARASITOLOGICAL DETECTION OF *Cryptosporidium* spp. IN FECAL SAMPLES OF CARRIER PIGEONS (*Columba livia*) IN TWO BREEDINGS

Amália Genete dos Santos
Bruno César Miranda Oliveira
Deuvânia Carvalho da Silva
Elis Domingos Ferrari
Sandra Valéria Inácio
Walter Bertequini Nagata
Katia Denise Saraiva Bresciani

DOI 10.22533/at.ed.57619270523

CAPÍTULO 24 234

PERFIL DOS CASOS DE COQUELUCHE NO ESTADO DE GOIÁS

Marielly Sousa Borges
Jefferson do Carmo Dietz
Dayane de Lima Oliveira
Roberta Rosa de Souza
Murilo Barros Silveira

DOI 10.22533/at.ed.57619270524

CAPÍTULO 25 241

POSSIBILIDADES NA FORMAÇÃO DOCENTE COM A GINÁSTICA PARA TODOS: VIVÊNCIAS EXPRESSIVAS INCLUSIVAS APLICADAS NA EDUCAÇÃO FÍSICA ESCOLAR

Marcos Gabriel Schuindt Acácio
Rubens Venditti Júnior
Ezequiel do Prado Silva
Gilson Viana de Sobral
Bianca Marcela Vitorino Barboza
Rodolfo Lemes de Moraes
Romulo Dantas Alves

DOI 10.22533/at.ed.57619270525

CAPÍTULO 26 254

POTENCIAL ECONÔMICO DA MICROBIOTA AMAZÔNICA

Luiz Antonio de Oliveira
Cassiane Minelli-Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.57619270526

CAPÍTULO 27	265
USO DE MAPA CONCEITUAL PARA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL	
<p>Angela Antunes Aline Matuella M. Ficanha Ana Sara Castaman Rúbia Mores Luciana Dornelles Venquiaruto Rogério Marcos Dallago</p>	
DOI 10.22533/at.ed.57619270527	
CAPÍTULO 28	276
PROPAGAÇÃO DE DOENÇAS TRANSMITIDAS PELO MOSQUITO <i>Aedes aegypti</i> : UMA PROBLEMÁTICA DE SAÚDE PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ, PARÁ	
<p>Brenda Almeida Lima Chayenna Araújo Torquato Athos Ricardo Souza Lopes Sidnei Cerqueira dos Santos</p>	
DOI 10.22533/at.ed.57619270528	
CAPÍTULO 29	287
Alternanthera philoxeroides NO ESTUDO ETNOBOTÂNICO E ETNOFARMACOLÓGICO DE PLANTAS UTILIZADAS POR COMUNIDADES QUILOMBOLAS DA REGIÃO DOS LAGOS/RJ	
<p>Luiza Gama Carvalho Vinicius Fernandes Moreira Marcos Vinicius Leal-Costa</p>	
DOI 10.22533/at.ed.57619270529	
CAPÍTULO 30	297
ANATOMIA FLORAL DO CACTO EPÍFITO <i>RHIPSALIS TERES</i> (VELL.) STEUD. (CACTACEAE)	
<p>Beatriz Mendes Santos Odair José Garcia de Almeida</p>	
DOI 10.22533/at.ed.57619270530	
CAPÍTULO 31	304
COLEÇÃO CENTENÁRIA DE EUCALIPTOS NA FLORESTA ESTADUAL “EDMUNDO NAVARRO DE ANDRADE”	
<p>Gabriel Ribeiro Castellano Rafael Jose Camarinho</p>	
DOI 10.22533/at.ed.57619270531	
CAPÍTULO 32	320
JASMONATOS NAS PLANTAS E UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA	
<p>Roberto Cecatto Júnior Anderson Daniel Suss Bruna Thaina Bartzen Guilherme Luiz Bazei Vandeir Francisco Guimarães Lucas Guilherme Bulegon</p>	
DOI 10.22533/at.ed.57619270532	

CAPÍTULO 33	335
LAGARTAS DE PIPERACEAE, ARISTOLOCHIACEAE, ANACARDIACEAE E MELASTOMATACAE NA INDICAÇÃO DE QUALIDADE DE FRAGMENTO FLORESTAL DE MORRETES, PR	
Emerson Luís Pawoski da Silva Patrícia Oliveira da Silva José Francisco de Oliveira Neto Emerson Luis Tonetti	
DOI 10.22533/at.ed.57619270533	
CAPÍTULO 34	345
PERFIL QUÍMICO DO CACTO EPÍFITO <i>Rhipsalis teres</i> (CACTACEAE)	
Renan Canute Kamikawachi Virginia Carrara Marcelo José Dias Silva Odair José Garcia de Almeida Wagner Vilegas	
DOI 10.22533/at.ed.57619270534	
CAPÍTULO 35	355
USO DA CINZA DE BIOMASSA DE EUCALIPTO COMO CORRETIVO DE ACIDEZ DE SOLO, NA NUTRIÇÃO E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE EUCALIPTO	
Eduardo Bianchi Baratella Regis Quimello Borges Elisângela Bedatty Batista Antônio Leonardo Campos Biagini Maikon Richer de Azambuja Pereira Ronaldo da Silva Viana Cássia Maria de Paula Garcia Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.57619270535	
CAPÍTULO 36	368
VERIFICAÇÃO DO NÍVEL DE ELASTICIDADE DE ESPÉCIES VEGETAIS NA COMUNIDADE IPITINGA TOMÉ-AÇU/PA POR MEIO DA LEI DE HOOKE	
Jhones Fonseca dos Santos Brenda Carolina Raudenkolb da Costa Anderson da Silva Parente Jhonata Eduard Farias de Oliveira Paulo Vitor dos Santos Gildenilson Mendes Duarte	
DOI 10.22533/at.ed.57619270536	
CAPÍTULO 37	374
GERMINAÇÃO DA SEMENTE <i>ANNONA MURICATA</i> L. EM DIFERENTES SUBSTRATOS	
Elaine Oliveira do Nascimento Elizilene de Souza Vaz Maria José de Sousa Trindade	
DOI 10.22533/at.ed.57619270537	
SOBRE O ORGANIZADOR	379

SALICILATOS NAS PLANTAS E UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA

Roberto Cecatto Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, Paraná

Anderson Daniel Suss

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, Paraná

Bruna Thaina Bartzén

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, Paraná

Guilherme Luiz Bazei

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, Paraná

Vandeir Francisco Guimarães

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, Paraná

Lucas Guilherme Bulegon

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Departamento de Ciências Agrárias, Marechal Cândido Rondon, Paraná

RESUMO: O estudo com os salicilatos teve início a partir de observações do prolongamento da vida em pós-colheita de flores utilizando o ácido salicílico, possivelmente por interferir na biossíntese de etileno. As principais substâncias que integram o grupo são o ácido salicílico e

salicilato de metila, essas substâncias são produzidas com a ativação das rotas dos mecanismos de defesa, sendo desencadeada a produção por diversos fatores ambientais temperaturas elevadas, déficit hídrico, salinidade, excesso de luz e ataque de pragas e patógenos. O modo de ação dos hormônios vegetais envolve três etapas principais, sendo elas a percepção do sinal, transdução do sinal percebido e os alvos primários da ação do hormônio, desta forma, ocorre os efeitos dos salicilatos nas plantas, afetando crescimento, desenvolvimento e produção estando associado a respostas a estresses bióticos e abióticos além de contribuir na manutenção da qualidade de frutos em pós-colheita. Com isso, na agricultura os salicilatos podem ser usados para auxiliar no controle de patógenos e insetos praga, também são utilizados para manutenção da qualidade de flores e frutos em pós-colheita.

PALAVRAS-CHAVE: ácido salicílico, resistência adquirida, mecanismo de defesa.

ABSTRACT: The study with salicylates started from observations of prolonged post-harvest life of flowers using salicylic acid, possibly by interfering with ethylene biosynthesis. The main substances that are part of the group are salicylic acid and methyl salicylate, these substances are produced with the activation of the routes of the defense mechanisms, being

triggered the production by several environmental factors high temperatures, water deficit, salinity, excess light and pest and pathogen attack. The mode of action of plant hormones involves three main steps, being the perception of the signal, transduction of the perceived signal and the primary targets of the action of the hormone, in this way, the effects of salicylates on plants affect growth, development and production. associated to responses to biotic and abiotic stresses, as well as to contribute to the maintenance of post-harvest quality. Thus, in agriculture, salicylates can be used to assist in the control of pathogens and pest insects, they are also used to maintain the quality of flowers and fruits in post-harvest.

KEYWORDS: salicylic acid, acquired resistance, defense mechanism.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das plantas é controlado pela produção de compostos orgânicos conhecidos como hormônios vegetais, por exemplo, auxinas, citocininas, giberelinas, etileno e o ácido abscísico que são os grupos mais estudados, mas existem outros grupos de hormônios que também influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas como os salicilatos. Esse grupo afeta inúmeros processos fisiológicos nas plantas, no entanto, foi descrito mais recentemente (KERBAUY, 2008).

Os salicilatos são classificados como hormônios vegetais pelo fato de estarem relacionados a regulação das plantas, onde atuam na indução de inúmeros processos fisiológicos, incluindo a fotossíntese (COLLI, 2008). Os salicilatos desempenham papel importante na indução da expressão de genes relacionados a defesa das plantas, pelo fato de serem compostos sinalizadores e amplificadores de sinais (VELINI et al., 2009).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica completa a respeito do histórico, principais hormônios, síntese, fatores que controlam os níveis endógenos, modos de ação, efeitos fisiológicos e efeitos da utilização prática dos salicilatos sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal.

HISTÓRICO DOS SALICILATOS

A principal função dos salicilatos está relacionada ao desenvolvimento vegetal associado à resistência das plantas a pragas e doenças (VELINI et al., 2009) sendo a biossíntese de ácido salicílico e a indução de genes de resistência benéfica e efetiva para o desenvolvimento das plantas.

O ácido salicílico (AS) se encontra distribuído nas plantas, tanto em folhas quanto em estruturas reprodutivas, sendo a origem do nome associada ao fato de ter sido encontrado pela primeira vez na casca de uma árvore do gênero *Salix* (KERBAUY, 2004).

Em 1874, na Alemanha, iniciou-se a comercialização do AS. Por ser amplamente

utilizado na medicina humana (alívio de dores, prevenindo trombozes cerebrais e acidentes vasculares), o AS é uma molécula bastante conhecida. O estudo do AS teve início a partir de observações de um análogo (aspirina) que prolongava a vida pós-colheita de flores, possivelmente por interferir na biossíntese de etileno (SOBRINHO et al., 2005). Embora o conhecimento dos diversos efeitos fisiológicos e bioquímicos da aplicação de AS em plantas ser antigo, o seu desempenho como regulador endógeno só foi estabelecido em um estudo de termogênese em plantas em 1987 (RASKIN, 1992).

O envolvimento do AS na resistência sistêmica adquirida foi evidenciado em 1993, em plantas de fumo, quando transferiu-se o gene nahG (isolado de *Pseudomonas putida*), o qual codifica a enzima, salicilato hidroxilase, que converte o AS em catecol, o qual não possui a capacidade de induzir respostas de defesa (CAVALCANTI et al., 2005).

Atualmente, inúmeros estudos com AS são desenvolvidos, uma vez que essa molécula apresenta grande importância para a expressão de resistência a estresses nas plantas, com destaque para estresses abióticos como luz, salinidade, frio e choque térmico, além de conferir resistência ao ataque de patógenos (ASGHARI; AGHDAM, 2010).

PRINCIPAIS HORMÔNIOS ENDÓGENOS QUE COMPÕE O GRUPO DOS SALICILATOS

Os salicilatos são uma classe de compostos que possuem atividades similares às do AS (COSTA, 2010). Foram identificados em folhas e estruturas reprodutivas de vegetais, com um alto nível em inflorescências de plantas termogênicas e infestadas por patógenos necrófitos.

A maior parte da AS na planta é convertida em ASO- β -glicosídeo (ASG) por meio de uma enzima chamada AS glucosil transferase (ASGT) induzida por patógenos (DEAN et al., 2005). Em *Arabidopsis*, o AS é provavelmente sintetizado em cloroplastos (STRAWN et al., 2007), enquanto no tabaco a enzima ASGT parece estar localizada no citosol. O ASG, no tabaco, é ativamente transportado do citosol para o vacúolo, onde pode funcionar como uma forma armazenada inativa que pode ser convertida em AS se necessário (DEAN et al., 2005). O salicilato de metila (SMe) é outro derivado do AS e ou sua forma glicosilada (SMeG) também pode se acumular em níveis relativamente altos in vivo (PARK et al., 2007). Já foi demonstrado que tanto o SMe quanto o ASG são biologicamente inativos, enquanto uma forma hidroxilada de AS, o ácido 2,5-dihidroxibenzóico (ácido gentísico), pode induzir a expressão de genes específicos em tomate pela presença do AS (CHEN et al., 2009).

Compostos orgânicos voláteis aromáticos como salicilato de metila (MeSA), um éster benzenóide, pode ser produzido a partir da metilação de AS sendo encontrado

em abundância na atmosfera, oriundo da própria vegetação, que por apresentar baixa reatividade persiste por vários dias na atmosfera, podendo atuar como elicitador de voláteis de planta (MAFFEI et al., 2011). MeSA é uma molécula sinalizadora importante, em relação ao mecanismo de defesa em plantas, capaz de induzir resistência às doenças locais ou sistêmicas (HAYAT et al., 2012).

O composto salicilado metil salicilato (MeSA) em plantas, participa do desenvolvimento de resistência sistêmica adquirida contra patógenos e pode ativar sistemas antioxidantes.

SÍNTESE E DISTRIBUIÇÃO DE SALICILATOS NAS PLANTAS

O AS e a resposta sistêmica adquirida estão relacionadas a rotas de ativação de mecanismos de defesa das plantas (VAN LOON; VAN STRIEN, 1999; DURRANT; DONG, 2004). Juntamente com as respostas sistêmicas adquiridas há produção de antioxidantes capazes de minimizar os efeitos causados por estresse oxidativo.

Grande parte dos compostos relacionados a defesa das plantas, são derivados da via do ácido chiquímico, uma vez que essa via é o mecanismo mais importante para a formação de ácidos benzoicos nas plantas através da degradação de ácidos cinâmicos (KNOGGE, 1997). O ácido corísmico é formado pela via do ácido chiquímico, dando origem a síntese do triptofano, fenilalanina, tirosina e outros compostos, incluindo o ácido salicílico (VELINI et al., 2009; MARTÍN, 2009).

A síntese do AS pode ocorrer por duas vias enzimáticas (Figura 2): pela via dos fenilpropanóides, iniciando apartir da L-fenilalanina por intermédio da enzima fenilalanina- amonialase, a qual é convertida em ácido trans-cinâmico que formará ácido benzoico que será convertido em ácido salicílico pela enzima ácido benzoico-2-hidroxilase; ou pela via isocorismato, onde o corismato é convertido em isocorismato por meio da enzima isocorismato sintase transformando-se em ácido salicílico por intermédio da enzima isocorismato piruvato liase. O ácido salicílico pode ser convertido em AS O- β -glucosídeo (SAG), saliciloil éster glucosa (SEG), metil salicilato (MeSA) e metil salicilato O- β -glucosídeo (MeSAG) (KERBAUY, 2004). A diferença das duas vias se deve basicamente por sua localização, sendo que a primeira via envolve cloroplastos e peroxissomos, enquanto a segunda envolve essencialmente os cloroplastos (MARTIN, 2009).

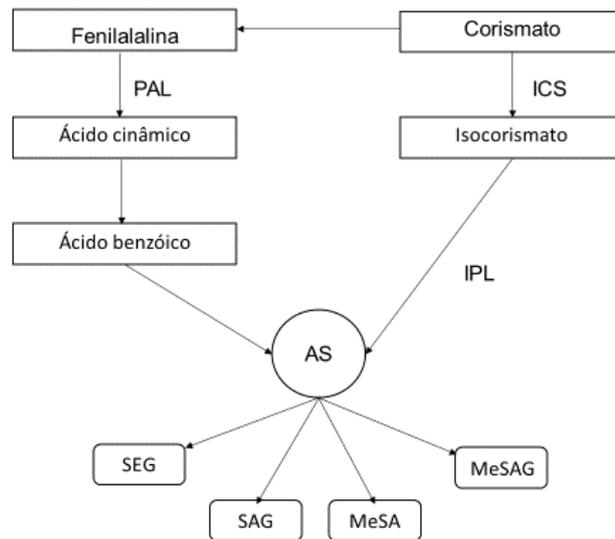


Figura 2: Via esquemática da biossíntese do AS em plantas.

Dois metabolismos estão relacionados na conversão do ácido cinâmico para AS, diferindo quanto à reação de oxidação ou reações de orto-hidroxilação. Ambas as vias metabólicas podem atuar nas plantas, onde as plantas quando infectadas, aumentam a orto-hidroxilação do ácido cinâmico para ácido o-coumarico, seguida por oxidação para ácido salicílico. A via metabólica do ácido cinâmico para ácido benzoico para AS é mais efetiva em plantas não infectadas (HEITEFUSS, 1997).

De acordo com Park et al. (2007), o metil salicilato (MeSA) é a forma móvel do ácido salicílico, resultado da ação da enzima AS metil transferase que converte o AS em metil salicilato (MeSA). O metil jasmonato pode sinalizar plantas próximas por ser volátil (SHULAEV et al., 1997), conseguindo transpassar tecidos, sendo convertido a AS nas células atingidas, por ação da proteína 2 ligante de AS (SABP2) (PARK et al., 2007).

Pela capacidade de se movimentar e estimular a proteção sistêmica das plantas, o ácido salicílico é um dos principais compostos relacionados a defesa dos vegetais. O AS é altamente móvel nas plantas, atuando na proteção de partes não abrangidas por aplicações foliares ou fornecimento via irrigação. Funciona como um ativador de resistência, sendo um mensageiro interno natural das plantas. Quando aplicado de forma exógena, sua vida dentro da planta é muito curta para ser imobilizada nas paredes das células (USAID-RED, 2006).

FATORES QUE CONTROLAM O NÍVEL ENDÓGENO DE SALICILATOS NAS PLANTAS

Inúmeros fatores ambientais podem desencadear a síntese e promover aumento nos teores de salicilatos nos vegetais. Dentre os fatores, pode-se mencionar:

temperaturas elevadas, déficit hídrico, salinidade, excesso de luz e poluição atmosférica (VIKERS et al., 2009; HOLOPAINEM; GERHERZON, 2010).

Outro fator que influencia a síntese de AS e aumento da concentração de salicilatos nos tecidos vegetais, está relacionado a baixos níveis de ozônio, que induzem a formação de óxido nítrico, engatilhando a via do AS, sobressaindo-se ao estresse biótico e a via do etileno (VICKERS et al., 2009).

Estresses ambientais geralmente são responsáveis pela produção de radicais livres, tais como espécies reativas de oxigênio, peróxido de hidrogênio, oxigênio singleto, superóxido e espécies reativas de nitrogênio sendo que dependendo das concentrações de radicais livres nos tecidos das plantas, estes podem atuar como sinalizadores à resposta hormonal, desencadeando o processo de síntese de AS (HOLOPAINEM; GERHERZON, 2010).

Altos níveis de AS também são encontrados próximo às lesões ocasionadas por microrganismos em plantas acometidas por patógenos (COLLI, 2008). Metraux et al. (1990), em estudo avaliando plantas de abóbora e fumo inoculadas com *Colletotricum lagenarium* e com o vírus da necrose do fumo (TMV) verificaram altos níveis de AS no floema após a inoculação.

A manipulação genética de plantas é outro fator que pode influenciar nos teores de salicilatos. Em plantas transgênicas que expressam o gene bacteriano nahG que codifica salicilato hidroxilase, enzima relacionada na conversão do AS para catecol, foi verificado que além da diminuição dos teores de AS nos tecidos, essas plantas foram incapazes de expressar a indução de resistência, não havendo respostas à infecções, demonstrando a necessidade do acúmulo de AS para que ocorra a indução de resistência (GAFFNEY et al., 1993).

No entanto, outros trabalhos demonstraram incrementos nos níveis de salicilatos em plantas manipuladas geneticamente. Estudos demonstram que a fusão de genes destinados ao controle de *Pseudomonas aeruginosa*, resultam na codificação de isocorismato sintase e isocorismato piruvato-liase, enzimas que podem aumentar em até 20 vezes os teores de AS, quando comparado com tipos selvagens (MAUCH et al., 2001).

Outra forma de aumentar o teor de AS é com sua aplicação exógena, agindo como indutor de tolerância a estresses, auxiliando na atividade de enzimas de desintoxicação celular, como peroxidases e superóxido-dismutases que são fundamentais para a degradação de radicais livres (CARVALHO et al., 2007).

Contudo o efeito da aplicação exógena de AS muitas vezes pode ter um resultado contraditório, geralmente a deficiência ou o alto nível de AS aumenta a susceptibilidade das plantas ao estresse, entretanto aplicações exógenas entre 0,1 e 0,5 mM são concentrações ótimas que geralmente melhoram a tolerância. Porém, devem ser estudados os tipos de plantas e o estágio de desenvolvimento do cultivo (YUAN; LIN, 2008).

Esse efeito duplo, de deficiência ou alto nível de AS, provoca estresse oxidativo

transitório em plantas e aumenta a capacidade antioxidante destas (BORSANI et al., 2001).

MODO DE AÇÃO DOS SALICILATOS

Os salicilatos são um grupo de substâncias endógenas de sinalização comum no reino vegetal, distribuído em folhas e estruturas de reprodução das plantas (MÉTRAUX, 2002). Esse grupo de hormônios pode atuar em diferentes etapas do desenvolvimento vegetal como a germinação das sementes e crescimento, podendo influenciar a fotossíntese, além de estarem relacionados com os mecanismos de defesa das plantas (KERBAUY, 2004).

Para todos os hormônios vegetais o modo de ação envolve três etapas principais, percepção do sinal, transdução do sinal percebido e os alvos primários da ação do hormônio. A percepção ocorre por meio da ligação do hormônio com um receptor específico, proteínas localizadas na membrana celular ou no citoplasma, que se ligam com mensageiros químicos de forma específica e reversível. O receptor sofre mudança conformacional passando para um estado ativo, desencadeando uma cascata de eventos químicos intracelular resultando em uma resposta específica. Sendo que alguns mensageiros secundários também podem estar envolvidos na transdução do sinal e ampliação ao lado de proteínas receptoras que atuam tanto na detecção quanto na transdução do sinal. Ao final deste processo ocorre a interferência sobre mecanismos celulares (KERBAY, 2004).

Para que o AS exerça suas funções, isto é, ativo nas plantas, pode ser necessário à sua conversão em outros compostos, como o SA O- β -glucosídeo (SAG), saliciloil éster glucosa SEG, metil salicilato (MeSA) e metil salicilato O- β -glucosídeo (MeSAG). A síntese destes compostos ocorre por meio de duas vias enzimáticas diferentes, a via dos fenilpropanóides e a via do isocorismato, (KERBAUY, 2004; SOUZA, 2007; VLOT et al., 2009).

Em relação a atuação dos salicilatos na defesa das plantas, constata-se diferentes modos de ação, por exemplo a resposta a hipersensibilidade ocorre através da rápida produção de AS, levando a morte do tecido celular, essa resposta está associada a via dos fenilpropanóides. Outra forma de aumentar a resistência de plantas ao ataque de microrganismos depende da via do isocorismato, que atua no aumento da síntese de AS, conferindo aumento da resistência sistêmica adquirida contra o ataque de patógenos (SOUZA, 2007).

Dentre as funções atribuídas ao AS tanto na resistência a estresses como em relação ao crescimento e desenvolvimento, não pode ser ignorada sua atuação sobre as enzimas, de modo direto ou indireto, estimulando ou inibindo a atividade de muitas enzimas, por exemplo as antioxidantes, superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione redutase (GSH), polifenol oxidase (PPO), ascorbato peroxidase (APX)

(ASGHARI; AGHDAM, 2010).

Assim, uma das formas do AS atuar na defesa das plantas contra patógenos, consiste na capacidade de ligar-se a enzima catalase, inibindo a sua ação, resultando no aumento da concentração de peróxido de hidrogênio e espécies reativas de oxigênio. Esses compostos, como peróxido de hidrogênio e seus derivados podem atuar induzindo os mecanismos de defesa das plantas (SOARES; MACHADO, 2007).

O AS também interfere na atividade da fenilalanina amônia-liase (FAL) que está envolvida no processo de lignificação da parede celular e também na atividade da quitinase e β -1,3- glucanase, que promovem a desorganização da parede celular dos patógenos (SOBRINHO et al., 2005), o AS também pode atuar no aumentando da atividade das enzimas, como por exemplo, as antioxidantes peroxidase, superóxido dismutase e catalase (LIU et al., 2009).

Aumento da resistência das plantas aos estresses, também pode estar associada a indução da expressão de genes de proteínas-RP pelo AS (ASGHARI; AGDAM, 2010). Ainda sobre a ativação de proteínas, observa-se que o AS pode agir de modo isolado, associado ou controlando os efeitos de outros hormônios. Assim, em alguns casos os hormônios metil jasmonato e etileno induzem a ativação genética de diversas proteínas, que por sua vez são inibidas pelo AS (SOARES; MACHADO, 2007).

O AS também pode reduzir a produção de etileno, isso ocorre pois, esse é capaz de bloquear a passagem ou evitar o acúmulo de síntese do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) precursor do etileno (KERBAUY, 2004), por reduzir a atividade da ACC oxidase, enzima precursora da síntese de etileno (ALTVORST; BOVY, 1995).

Em relação ao crescimento e desenvolvimento das plantas, constatou-se que o AS possui ação positiva, quando são utilizadas doses baixas de AS (KHODARY, 2004; HAYAT et al., 2005). Esses resultados podem ser explicados pela atuação do AS na regulação do ciclo celular, além de induzir genes que codificam enzimas relacionadas no afrouxamento da parede celular e expansão (ROSE et al., 2002). Assim, sabe-se que alguns genes relacionados com o desenvolvimento e crescimento de células dependem do AS (MIURA et al., 2010).

Portanto, em função da multiplicidade de ações sobre diferentes enzimas, atuação sobre expressão de genes e relações com outros hormônios, existe uma grande variedade de efeitos sobre o desenvolvimento das plantas em função do modo de ação dos salicilatos.

EFEITOS FISIOLÓGICOS DOS SALICILATOS

Os salicilatos atuam em muitos processos relacionados ao crescimento e desenvolvimento vegetal (ASGHARI; AGHDAM, 2010). Além disso, podem estar relacionados com a manutenção da qualidade dos frutos e controle de doenças (LEE et al., 1995).

Em relação a atuação fisiológicas dos salicilatos, observa-se que o principal papel fisiológico atribuído ao AS nas plantas está associado à sua função como molécula destinada a sinalização (CAMPOS, 2004), induzindo a expressão de resistência contra estresses. As plantas submetidas a condições de estresse apresentam acúmulo de AS, como aqueles causados pelo ataque de patógenos, com maior produção de proteínas destinadas à defesa (MARTINEZ et al., 2000).

A atuação dos salicilatos na defesa das plantas contra patógenos, por exemplo, está relacionada a modificação da atividade de enzimas antioxidantes, resultando na alteração da produção de radicais livres induzindo resposta de defesa das plantas (DONG et al., 2010). O conteúdo de compostos fenólicos também é alterado (DURANGO et al. 2013), além do maior acúmulo de proteínas-RP (TAMAOKI et al., 2013) contribuindo para o aumento da resistência ao ataque de patógenos (ASGHARI; AGDAM, 2010).

A ação dos salicilatos na defesa das plantas ao ataque de patógenos, como fungos, bactérias e vírus, fica evidente ao observar que nas regiões próximas a lesões ocorre o aumento na concentração de salicilatos. A ideia é reforçada pelo fato do AS e o ácido acetilsalicílico induzirem a produção de 5 grupos de proteínas relacionadas à patogenicidade, mesmo na ausência de patógenos, como a chiquinase e a 13-1,3 glucanase (ZENG et al., 2018).

Nas plantas o AS demonstra ação na resistência a diferentes doenças no campo e pós-colheita (TERRY; JOYCE, 2004), alguns exemplos são relativos ao aumento da resistência em pêra contra o patógeno *Penicillium expansum* (CAO et al., 2006), em manga para o patógeno *C. gloeosporioides* (ZENG et al., 2006) e em caqui a diferentes doenças (KHADEMI et al., 2012). No período pós-colheita, além do AS aumentar a resistência a doenças também colabora com a manutenção da qualidade de algumas frutas, hortaliças e flores que são classificadas como muito perecíveis, por exemplo as amoras pretas, espinafre e rosas (BORSATTI, 2014), isso ocorre pela redução do etileno endógeno (ALTVORST; BOVY, 1995).

A redução da produção de etileno está associada a capacidade do AS bloquear a passagem ou evitar o acúmulo de síntese do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) (KERBAUY, 2004). O AS também pode atuar negativamente sobre as enzimas poligalacturonase, pectinametilesterase, celulose e enzimas antioxidantes, resultam na redução da produção e ação do etileno, permitindo a diminuição da respiração dos frutos (ASGHARI; AGHDAM, 2010).

Em plantas de morango, a capacidade do AS em reduzir a produção de etileno já foi comprovada (BARBALAR et al., 2007) e em estudo com bananas realizado por Srivastava e Dwivedi (2000), com aplicação de AS, demonstrou a diminuição da atividade respiratória, bem como o atraso do pico climatérico, dependendo da concentração utilizada. Como o AS também reduz a atividade de enzimas capazes de degradar a parede celular, diminui o processo de amolecimento de frutos. Esse conjunto de ações permite a manutenção da qualidade de frutos por um período maior

em pós-colheita.

Os salicilatos também contribuem na superação de estresses abióticos, Jing-Hua et al. (2008) trabalhando com aplicação de AS em melancia, verificaram que houve indução de resistência a danos causados pelo frio. Essa resposta pode estar associada ao aumento da atividade das enzimas antioxidantes, pois segundo LIU et al. (2009), após a pulverização foliar de AS, ocorre aumento da atividade das enzimas peroxidase, superóxido dismutase e catalase em plântulas de pepino, bem como maior resistência a baixas temperaturas e luminosidade. Mas os salicilatos não apresentam apenas funções nas defesas das plantas a estresses, estando também envolvidos em diversas etapas do crescimento e desenvolvimento vegetal.

Assim, os salicilatos podem induzir a floração de plantas termogênicas, caracterizadas por produzir calor na região próxima a inflorescência. Essa produção de calor está associada a presença de AS, sendo resultado do incremento da respiração, além da maior atividade de enzimas da glicólise e do ciclo de Krebs (KERBAUY, 2004).

Na germinação de sementes, a influência do AS tem sido questionável, pois existem relatos inconsistentes sugerindo tanto a inibição da germinação ou aumento do vigor e germinação. Os efeitos contraditórios podem estar relacionados as concentrações utilizadas nos estudos (YUSUF et al., 2013). Para o crescimento e desenvolvimento, os estudos demonstram que as aplicações exógenas de AS em menores doses proporcionam maior desenvolvimento e crescimento vegetal (KHODARY, 2004; HAYAT et al., 2005). Com aumentos de produtividade (HUSSEI et al., 2007), associado a incrementos no teor de pigmentos fotossintéticos, taxa fotossintética e no conteúdo de carboidratos (KHODARY, 2004).

O AS foi estabelecido como importante regulador da fotossíntese, pois influencia aspectos metabólicos, dependendo das concentrações, modo de aplicação e tipo de planta (YUSUF et al., 2013). Nesse sentido, observa-se que o AS afeta a atividade de enzimas importantes, como a ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (HAYAT et al., 2012; YUSUF et al., 2012). Além de afetar positivamente a estrutura das folhas e cloroplastos (UZUNOVA; POPOVA, 2000), fechamento estomático (KHAN et al., 2003; MATEO et al., 2004; MELOTTO et al., 2006), teor de clorofila e carotenóides (CHANDRA; BHATT, 1998; FARIDUDDIN et al., 2003). Assim, estudos com aplicações foliares de salicilatos têm apresentado incrementos na taxa fotossintética líquida, associado a maior eficiência no uso da água (FARIDUDDIN et al., 2003).

No entanto, existem contradições em relação a atividade dos salicilatos na fotossíntese, tratamentos com altas concentrações de AS demonstram resultados com redução das taxas fotossintéticas, relacionadas a queda da atividade da ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (PANCHEVA et al. 1996) e redução do teor de clorofila (MOHAREKAR et al., 2003).

Os efeitos positivos do AS em doses baixas, no crescimento e desenvolvimento, também podem estar associados ao aumento da atividade das enzimas envolvidas na assimilação de nitrogênio (RANE et al., 1995). Por exemplo, aumento da atividade da

nitrito redutase, tanto nas folhas como nas raízes de plantas de trigo, tratadas com baixas concentrações de AS (HAYATA et al., 2005). O estímulo a atividade da enzima nitrito redutase pelo AS pode ser a explicação para o incremento do teor de proteínas em plantas de soja (KUMAR et al., 1999). Sendo que a maior produção de compostos nitrogenados pode estar associado ao maior desenvolvimento e crescimento em resposta ao tratamento com AS.

Assim, observa-se que os trabalhos com doses baixas de AS tem demonstrado aumento nas taxas de germinação (VLOT et al., 2009) no crescimento e desenvolvimento (HAYAT et al., 2005; KALAIVANI et al., 2016), associado ao aumento da atividade de enzimas do ciclo do nitrogênio (FARIDUDDIN et al., 2003) e a incrementos nas taxas fotossintéticas (YUSUF et al., 2012).

EXEMPLOS DE UTILIZAÇÕES PRÁTICAS NA AGRICULTURA DOS SALICILATOS

O AS é um composto fenólico natural que desempenha papel importante na regulação de processos fisiológicos e bioquímicos de plantas (SANTENER, 2009). Na agricultura, o uso de AS está muito associado ao controle de doenças, além de reduzir a perda de qualidade em pós-colheita de produtos (ASGHARI; AGHDAM, 2010). Uma vez que o AS apresenta capacidade de induzir resistência, contribuindo para resultados interessantes no armazenamento de frutos e flores (FINGER, 2004; YAO; TIAN, 2005).

Na atividade agrícola um dos grandes desafios é aumentar o tempo de armazenamento e qualidade de frutos, sendo o uso do AS uma opção para esse fim (TRIPATHI; DUBEY, 2004; ASGHARI; AGHDAM, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2017).

O AS é bastante utilizado na manutenção da qualidade de flores em pós-colheita, flores de rosas tratadas com AS proporciona maior qualidade das flores em pós-colheita (SHAKIB et al., 2012). Na manutenção da qualidade de frutos, observa-se que diversos trabalhos relatam aumento da vida de prateleira de frutos tratados com AS (ZHANG, 2003; ROSSAROLLA, 2012). Nesse sentido, o trabalho realizado por Valero et al. (2011) demonstrou que a aplicação em pós-colheita de AS em cereja, atrasa o processo de maturação, o qual é caracterizado pela redução da firmeza, cor e acidez. Outro ponto sobre a utilização de AS para armazenamento de frutos, está na capacidade de induzir a biossíntese de proteínas de choque térmico (HSPs), conferindo proteção contra estresse térmico, permitindo o armazenamento de frutos em baixas temperaturas sem a ocorrência de danos (ASGHARI; AGHDAM, 2010).

O uso de AS está associado ao controle de doenças de plantas, como foi evidenciado em trabalho realizado por Gadaga et al. (2017), onde o a aplicação de 0,25 gramas de AS por litro, resultou em redução de 80% da incidência de antracnose. Já para o tratamento de sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.) houve redução da incidência de tombamento de plântulas (BERTONCELLI et al., 2015).

Mas a utilização de AS também está envolvido no crescimento e desenvolvimento

das plantas, como foi evidenciado no trabalho realizado por Hussein et al. (2007), onde foi pulverizado AS nas folhas de plantas de trigo e o tratamento resultou em aumento de produtividade, associado ao aumento de todas as características de crescimento, incluindo a altura da planta, número e área de folhas verdes, diâmetro do caule peso do caule e folhas. Em plantas de milho, a aplicação de AS resulta em maior crescimento das plantas e aumento do conteúdo de carboidratos nos grãos (KHODARY, 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas plantas os salicilatos apresentam importância para o crescimento, desenvolvimento, produção, mas principalmente na mitigação de estresses causados por fatores bióticos e abiótico por meio da indução de resistência. Desta forma, a utilização de salicilatos na agricultura, além de promover maior resistência ao ataque de patógenos e manutenção da qualidade de frutos e flores em pós-colheita, também pode contribuir para o maior crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, existe a necessidade de mais estudos para compreender melhor os efeitos da aplicação exógena dos salicilatos para o desenvolvimento de produtos comerciais destinados auxiliar na produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ALTVORST, A. C.; BOVY, A. G.; The role of ethylene in the senescence of carnation flowers: a review. **Plant Growth Regulation**, v.16, p.45-53,1995.

ASGHARI, M.; AGHDAM, M. S. Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. **Trends in Food Science & Technology**. v.21, p.502 – 509, 2010.

BABALAR, M. et al. Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. **Food Chemistry**, v.105, p.449 – 453, 2007.

BERTONCELLI, D. J. et al. Ácido salicílico na indução de resistência a doenças em pepino e controle de *Pythium* sp. in vitro. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.14, n.2, 2015.

BORZANI, W.; AQUARONE, E.; LIMA, U. A.; SCHMIDELL, W. **Biotecnologia Industrial: Fundamentos**, v. p.254, 2001.

CAMPOS, A. D.; **Considerações sobre indução de resistência a patógenos em plantas**. Documentos / Embrapa. 28 p., Documentos, 264; Embrapa Clima Temperado, Pelotas 2009.

CAMPOS, A. D. et al. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesq. agropec. Bras**, v.39, p.637-643, 2004.

CAO, J. ZENG, K.; JIANG, W. Enhancement of postharvest disease resistance in Ya Li pear (*Pyrus bretschneideri*) fruit by salicylic acid sprays on the trees during fruit growth. **European Journal of Plant Pathology**, v.114, n.4, p.363 – 370, 2006.

CAVALCANTI, L.S.; BRUNELLI, K.R.; STANGARLIN, J.R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: **Indução de Resistência em plantas a patógenos e insetos**. Editores:

CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R S. Piracicaba, SP, FEALQ, p.81 – 124, 2005.

CHANDRA, A. BHATT, R.K. Biochemical and physiological response to salicylic acid in relation to the systemic acquired resistance. **Photosynthetica**, v.35, p.255–258, 1998.

CHEN, Z. ZHENG, Z. HUANG, J. LAI, Z. Y. B. **Biosynthesis of salicylic acid in plants. Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n.5, p. 910-916, 2009.

COSTA, N. de L. **Bioestimulante como fator de produtividade da cana-de-açúcar**. 2010.

DEAN, JV.; Mohammed, L.A.; Fitzpatrick, T., 2005. The formation, vacuolar localization, and tonoplast transport of salicylic acid glucose conjugate in tobacco cell suspension cultures. **Planta** 221: 287-296.

DONG J. WAN G, LIANG, Z. Accumulation of salicylic acid-induced phenolic compounds and raised activities of secondary metabolic and antioxidative enzymes in *Salvia miltiorrhiza* cell culture. **Journal of Biotechnology**, v.148, p. 99–104, 2010.

DURANGO D. et al. Effect of Salicylic Acid and Structurally Related Compounds in the Accumulation of Phytoalexins in Cotyledons of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) **Cultivars. Molecules**, v.8, p. 10609–10628, 2013.

FARIDUDDIN, Q.; HAYAT, S.; AHMAD, A. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. **Photosynthetica**, v.41, p.281–284, 2003.

FINGER, F.L.; CARNEIRO, T. F.; BARBOSA, J. G.; Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, 2004.

GAFFNEY, T. et al. Requirement of salicylic acid for the induction of systemic acquired resistance. **Science**. v. 261, p. 754-756, 1993.

HAYAT, Q. et al. Salicylic acid mediated changes in growth, photosynthesis, nitrogen metabolism and antioxidant defense system in *Cicer arietinum* L. **Plant Soil Environment**, v.58, p.417–423, 2012.

HAYAT, S. et al. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. **Acta Agronomica Hungarica**, v.53, p.433–437, 2005.

HEITEFUSS, R.; HOPPE, H. Resistance of crop plants against fungi. **Plant Pathology**, p.17-32, 1997.

HOLOPAINEN, J.K & GERHENZON, J. Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. **Trends in Plant Science**. v.15, p.1360- 1385, 2010.

HUSSEIN, M.M.; BALBAA, L. K.; GABALLAH, M.S. Salicylic Acid and Salinity Effects on 482 Growth of Maize Plants. **Research Journal Agricultural Biology Science**, v.3, p.321–328, 2007.

JING-HUA, Y.; YUAN, G.; YAN-MAN, L.; XIAO-HUA, Q.; ZHANG, M.F. Salicylic acid induced enhancement of cold tolerance through activation of antioxidative capacity in watermelon. **Scientia Horticulture**. v.118, p.200 – 205, 2008.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 452.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. Editora: Guanabara Koogan S.A. 2004. 452pg

KHADEMI, O. et al. Extending Storability of Persimmon Fruit cv. Karaj by Postharvest Application of Salicylic Acid. **Journal of Agricultural Science and Technology**. v.14, p.1067 – 1074, 2012.

- KHAN, W.; PRITHVIRAJ, B.; SMITH, D.L. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology*, v.160, p.485–492, 2003.
- KHODARY, S.F.A. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate 493 metabolism in salt stressed maize plants. **International Journal of Agriculture Biology**, v.6, p.5–8, 2004.
- KNOGGE, W. Elicitors and suppressors of the resistance response. In: HARTLEB, H.; HEITEFUSS, R.; HOPPE, H. **Resistance of crop plants against fungi**. Fischer, p.159-182, 1997.
- KUMAR, P.; DUBE, S. D.; CHAUHAN, V.S. Effect of salicylic acid on growth, development and some biochemical aspects of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *Industrial Journal Plant Physiology*, v.4, p.327–330. 1999.
- LEE, H.; LEON, J.; RASKIN, I. Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. v. 92, p. 4076 – 4079, May 1995.
- LIU, W. et al. Effects of salicylic acid on the leaf photosynthesis and antioxidant enzyme activities of cucumber seedlings under low temperature and light intensity. *Chinese Journal of Applied Ecology*. v. 20, p. 441-445, 2009.
- MAFFEI, M.E.; GERTSCH, J.; GIOVANNI, A. Plant volatiles: Production, function and pharmacology. **Natutal. Products Reports**, v.28, p.1359–1380, 2008.
- MARTÍN, F. J. P. **Respuestas inducidas por ácido abscísico y ácido salicílico en las simbiosis de judía y alfalfa en estrés salino**. 2009. 395 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências, Universidade de Granada, Granada, 2009.
- MARTINEZ, C. et al. Salicylic acid mediated by the oxidative burst is a key molecule in local and systemic responses of cotton challenged by an avirulent race of *Xanthomonas campestris* pv *malvacearum*. **Plant Physiology, Bethesda**, v.122, p.757-766, 2000.
- MATEO, A. et al. Lesion Simulating Disease 1 is required for acclimation to conditions that promote excess excitation energy. **Plant Physiology**, v.136, p.2818–2830, 2004.
- MAUCH, F. et al. Manipulation of salicylate content in *Arabidopsis thaliana* by the expression of an engineered bacterial salicylate synthase. **Plant-Journal**. v.1, p. 67-77, 2001.
- MELOTTO, M. et al. Plant stomata function in innate immunity against bacterial invasion. *Cell*, 126, 969–980, 2006.
- MÉTRAUX, J.P. Recent breakthroughs in the study of salicylic acid biosynthesis. **Trends in Plant Science**. v.7, n.8, p.332 – 334, 2002.
- MÉTRAUX, J. P. et al. Increase in salicylic acid at the onset of systemic acquired resistance in cucumber. **Science**. v. 250, p.1004-1006, 1990.
- MIURA, K. et al. SIZ1 controls cell growth and plant development in *Arabidopsis* through salicylic acid. **Plant and Cell Physiology**, v.51, p.103–11, 2010.
- MOHAREKAR, S. T. et al. Effects of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents on wheat and moong seedlings. **Photosynthetica**, v.41, p.315–317,2003.
- PANCHEVA, T. V.; POPOVA, L. P.; UZUNOVA, A. M. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. **Journal of Plant Physiology**, v.149, p.57–63, 1996.

- PARK, S. W. et al. Methyl salicylate is a critical mobile signal for plant systemic acquired resistance. **Science**. v.318, p. 113-116, 2007.
- RANE, J.; LAKKINENI, K. C.; KUMAR, P. A.; ABROL, Y. P. Salicylic acid protects nitrate reductase activity of wheat leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.22, p.119–12, 1995.
- RASKIN, I. Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. v. 43, p. 439 – 463, 1992.
- ROSE, J. K. C. et al. The XTH family of enzymes involved in xyloglucan endotransglucosylation and endohydrolysis: Current perspectives and a new unifying nomenclature. **Plant and Cell Physiology**, v.43, p.1421–1435, 2002.
- ROSSAROLLA, M. D. et al. Estudo da aplicação de ácido salicílico na pré-colheita em laranja 'Salustiana'. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, p. 1737-1740. Bento Gonçalves, 2012.
- TAMAOKI, D.; SEO S.; YAMADA S. et al. Jasmonic acid and salicylic acid activate a common defense system in rice. **Plant Signaling & Behavior**, v.8, 2013.
- LIU, W. et al. Effects of salicylic acid on the leaf photosynthesis and antioxidant enzyme activities of cucumber seedlings under low temperature and light intensity. *Chinese Journal of Applied Ecology*. v. 20, p. 441-445, 2009.
- SHAKIB, M. F.; NADERIB, R.; BOOJARC, M.M.A. Effect of Salicylic acid application on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Cyclamen persicum* Miller. **Annals of Biological Research**, v.3, p. 5631-5639, 2012.
- SHEVCHENKO, A. et al. Mass spectrometric sequencing of proteins silver-stained polyacrylamide gels. **Anytical Chemistry**, v.68, p.850-858, 1996.
- SHULAEV, V. et al. Airborne signalling by methyl salicylate in plant pathogen resistance. **Nature, London**. v.318, p.718-721, 1997.
- SOBRINHO, C.A.; FERREIRA, P.T.O.; CAVALCANTI, L.S. Indutores Abióticos. In: **Indução de Resistência em plantas a patógenos e insetos**. Editores: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. Piracicaba, SP, FEALQ, 2005. p. 51 – 80.
- SOUZA, A.P.M. **Estudo do efeito de respostas de hipersensibilidade sobre a parede celular em cultura de células de amora-preta (*Rubus fruticosus*)**. 2007. 145p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP, Ribeirão Preto.
- SRIVASTAVA, M. K.; DWIVEDI, U. N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*. v. 158, p. 87 – 96, 2000.
- STRAWN, M. A. et al. Arabidopsis isochorismate synthase functional in pathogen-induced salicylate biosynthesis exhibits properties consistent with a role in diverse stress responses. **Journal of Biological Chemistry**, v.282, 5919–5933, 2007.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 719 p.
- TERRY, L.A.; JOYCE, D.C. Elicitors of induced disease resistance in postharvest horticultural crops: a brief review. **Postharvest Biology and Technology**, v.32, p.1 – 13, 2004.

USAID-RED. Programa de Diversificación Económica Rural. El Uso del Ácido Salicílico y Fosfonatos (Fosfitos) para Activar el Sistema de Resistencia de la Planta (SAR). Honduras: Oficina FHIA. 2006. (Boletín Técnico de Producción).

UZUNOVA, A. N.; POPOVA, L. P. Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. **Photosynthetica**, v.38, p.243–250, 2000.

VELINI, E. D. et al. **Glyphosate**. 1 ed. Botucatu: FEPAF, 2009. 496 p.

VAN LOON, L.C.; VAN STRIEN, E.A. The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. **Physiological and Molecular Plant pathology**. V.55, p. 85-97, 1999.

VICKERS, C. E. et al. A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. **Nature Chemical Biology**. v.5, p.283-291, 2009.

VLOT, A.C.; DEMPSEY, D.M.A.; KLESSIG, D. F. Salicylic Acid, a Multifaceted Hormone to Combat Disease. **Annual Review of Phytopathology**. v.47, p.177 – 206, 2009.

YAO, H.; TIAN, S.; Effects of pre and postharvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.35, p.253-262, 2005.

YUSUF, M. et al. Salicylic acid minimizes nickel and/or salinity-induced toxicity in Indian mustard (*Brassica juncea*) through an improved antioxidant system. **Environmental Science and Pollution Research**, v.19, p.8–18, 2012.

YUSUF, M. et al. Salicylic Acid. **Springer**, v.34, p.15–30, 2013.

ZHANG, Y. et al. The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.64-74, 2003.

SOBRE O ORGANIZADOR

JOSÉ MAX BARBOSA DE OLIVEIRA JUNIOR é graduado em Ciências Biológicas (Licenciatura Plena) pela Faculdade Araguaia (FARA). Mestre em Ecologia e Conservação (Ecologia de Sistemas e Comunidades de Áreas Úmidas) pela Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Doutor em Zoologia (Conservação e Ecologia) pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). É professor Adjunto I da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), lotado no Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas (ICTA). Orientador nos programas de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ-UFOPA); Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND-UFOPA); Biodiversidade (PPGBEES-UFOPA) e Ecologia (PPGECO-UFPA/EMBRAPA). Membro de corpo editorial dos periódicos Enciclopédia Biosfera e Vivências. Tem vasta experiência em ecologia e conservação de ecossistemas aquáticos continentais, integridade ambiental, ecologia geral, avaliação de impactos ambientais (ênfase em insetos aquáticos). Áreas de interesse: ecologia, conservação ambiental, agricultura, pecuária, desmatamento, avaliação de impacto ambiental, insetos aquáticos, bioindicadores, ecossistemas aquáticos continentais, padrões de distribuição.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-357-6

