

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DOS ALIMENTOS

Anelise Pigatto Bissacotti

**TRATAMENTOS PARA DESCONTAMINAÇÃO DE TOMATES  
CONTENDO RESÍDUOS DE IMIDACLOPRIDO**

Santa Maria, RS  
2018



**Anelise Pigatto Bissacotti**

**TRATAMENTOS PARA DESCONTAMINAÇÃO DE TOMATES CONTENDO  
RESÍDUOS DE IMIDACLOPRIDO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ijoni Hilda Costabeber

Santa Maria, RS  
2018

Bissacotti, Anelise Pigatto

Tratamentos para descontaminação de tomates contendo  
resíduos de imidacloprido / Anelise Pigatto Bissacotti.-  
2018.

138 p.; 30 cm

Orientadora: Ijoni Hilda Costabeber

Coorientadora: Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2018

1. Lycopersicon esculentum Mill. 2. Resíduos de  
agrotóxicos 3. Imidacloprido 4. Descontaminação 5.  
Lavagens I. Costabeber, Ijoni Hilda II. Grigoletto  
Londero, Patrícia Medianeira III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo  
autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca  
Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Anelise Pigatto Bissacotti. A reprodução  
partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.  
Endereço: Vale Machado, n.1706, apto.403, Centro, Santa Maria, RS.  
97010530

Fone (55) 999028186; E-mail: [anelisebissacotti@yahoo.com](mailto:anelisebissacotti@yahoo.com)

Anelise Pigatto Bissacotti

**TRATAMENTOS PARA DESCONTAMINAÇÃO DE TOMATES CONTENDO  
RESÍDUOS DE IMIDACLOPRIDO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia do Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

Aprovado em 27 de fevereiro de 2018:



---

**Ijoni Hilda Costabeber, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)



---

**Ionara Regina Pizzutti, Dr<sup>a</sup>. (UFSM)**



---

**Jonatan Vinicius Dias, Dr. (IFRS)**

Santa Maria, RS  
2018



## DEDICATÓRIA

*Aos meus amados pais Denise e Gilberto, por sempre estarem ao meu lado me dando o suporte necessário para que eu possa conquistar os meus sonhos.*





## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, aos meus santos e aos meus anjos protetores por me auxiliarem na conquista deste sonho, que hoje é realidade. Muito obrigada por, ao longo destes 2 anos, terem sempre me iluminado, ajudado, dado sabedoria, coragem, força e muita paciência.

À minha família, em especial aos meus pais Denise Maria Pigatto Bissacotti e Gilberto Sedinei Bissacotti, pela enorme paciência nos momentos em que eu estava estressada, pelo carinho, pelo amor, pelo incentivo, pelo meu sustento, por acreditarem na minha capacidade e por estarem sempre ao meu lado transmitindo-me coragem e força. Eu jamais teria chegado onde cheguei se eu não tivesse vocês ao meu lado. Obrigada por fazerem parte da minha vida e por poder compartilhar com vocês esta vitória, que não é minha, mas sim, nossa.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ijoni Hilda Costabeber. Obrigada por me desafiar a trabalhar com uma linha de pesquisa diferente da qual eu estava acostumada, pela paciência, pelas orientações, pelas sugestões e por compartilhar comigo a sua sabedoria e as suas experiências. Seus valiosos ensinamentos para a melhoria da minha escrita serão sempre lembrados com carinho.

À minha co-orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Medianeira Grigoletto Londero. Desde a graduação está ao meu lado me dando a oportunidade de aprender com os seus ensinamentos. Sou muito grata pela paciência, pelos valiosos conselhos, pela amizade, por sempre estar disponível para me ajudar, pelo incentivo e por acreditar na minha capacidade.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Ionara Regina Pizzutti por integrar a banca examinadora e pelo enorme auxílio com as análises cromatográficas. Obrigada por sempre me receber com carinho e pelas valiosas sugestões para a realização deste estudo.

Ao Prof. Dr. Jonatan Vinicius Dias, por integrar a banca examinadora e pelo enorme auxílio com as análises cromatográficas. Obrigada pelas valiosas sugestões para a realização deste estudo.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Luisa Helena Rychecki Hecktheuer, pela paciência, pelo carinho, por me estimular e, principalmente, pelos valiosos ensinamentos. Agradeço pela oportunidade de vivenciar a docência, em Nutrição Humana, sob sua orientação, a qual contribuiu muito para o meu aprendizado.



À Bárbara Reichert, pelas valiosas contribuições para a elaboração do artigo da presente dissertação.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cátia Regina Storck, pelo auxílio na busca das metodologias para as análises químicas.

Ao Prof. Me. Rodrigo Fioravanti Pereira, pela disponibilidade em me auxiliar com as análises estatísticas.

Às colegas do Laboratório de Análises de Poluentes Persistentes (LAPP), Mariele dos Santos, Giane Magrini Pigatto e Grazielle Castagna Cezimbra Weis, pela troca de conhecimentos, convivência, parceria e amizade.

Às colegas e amigas de graduação Daiane Cielo e Roberta Passinato pela amizade, pelo incentivo e pelo compartilhamento de conhecimentos e angústias.

À minha amiga Larissa Venturini, que sempre que possível, esteve presente ao meu lado me aconselhando, me incentivando, me auxiliando e compartilhando comigo suas experiências no mestrado.

À amiga Carmen Andréia Angst, por sempre me incentivar a ter coragem para ir em busca dos meus objetivos e pelas orações.

À 81<sup>a</sup> turma do Curso de Enfermagem da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), meus queridos alunos da docência. Agradeço-lhes pela paciência, pelo respeito, pelo carinho e pela oportunidade de aprender e conviver com vocês.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos (PPGCTA) pelos ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa.

Agradeço a todos, que, direta ou indiretamente, colaboraram para que eu conseguisse trilhar este caminho e atingisse com êxito o meu objetivo.

Muito obrigada!!!!



*“Uma hora ou outra o destino se ajeita, as coisas se acertam, o passado é esquecido, as dores cicatrizam. Quem tem que ficar fica, o que é verdadeiro permanece, e o que não é some. Não tenha pressa, não guarde mágoas, não queira pouco...sempre queira o melhor. Espere. Aprenda a ser paciente. Aprenda a ouvir uma boa música quando a tristeza bater. Aprenda a ignorar o que te faz mal. Aprenda, sobretudo, a ter fé. Fé de que, por mais difícil que seja, o universo sempre irá conspirar a seu favor.”*

*Luiz Moreno*



## **PORTAS**

*Se você abre uma porta, você pode ou não entrar  
Em uma nova sala.*

*Você pode não entrar e ficar observando a vida.  
Mas se você vencer a dúvida, o temor, e entra,  
dá um grande passo: nesta sala, vive-se!*

*Mas, também, tem um preço...*

*São inúmeras outras portas que você descobre.  
Às vezes curte-se mil e uma.*

*O grande segredo é saber quando e qual porta  
deve ser aberta.*

*A vida não é rigorosa, ela propicia erros e acertos.*

*Os erros podem ser transformados em acertos  
quando com eles as aprende.*

*Não existe a segurança do acerto eterno.*

*A vida é generosa, a cada sala que se vive,*

*Descobre-se tantas outras portas.*

*E a vida enriquece quem se arrisca...*

*a abrir novas portas.*

*Ela privilegia quem descobre seus segredos  
e generosamente oferece afortunadas portas.*

*Mas a vida também pode ser dura e severa.*

*Se você ultrapassar a porta, terá sempre a mesma porta pela frente.*

*É a repetição perante a criação, é a monotonia  
monocromática perante a multiplicidade das cores,  
é a estagnação da vida...*

*Para a vida, as portas não são obstáculos  
mas diferentes passagens!*

*Içami Tiba*





## RESUMO

### TRATAMENTOS PARA DESCONTAMINAÇÃO DE TOMATES CONTENDO RESÍDUOS DE IMIDACLOPRIDO

AUTOR: Anelise Pigatto Bissacotti  
ORIENTADORA: Ijoni Hilda Costabeber  
CO-ORIENTADORA: Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

O tomate é considerado um alimento funcional devido aos seus componentes nutricionais promoverem benefícios à saúde dos seres humanos. No entanto, nos últimos anos, preocupações tem surgido devido ao fato desse alimento apresentar frequentemente resíduos de agrotóxicos. Durante o período de cultivo, o tomate é suscetível a pragas e doenças, sendo o uso de agrotóxicos um dos métodos empregados para o controle deste problema. Dentre os agrotóxicos permitidos para a cultura do tomate está o inseticida neonicotinóide imidacloprido, que pode causar danos à saúde dos seres humanos. Assim, este trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos de lavagens sobre os resíduos de imidacloprido em tomate, determinar a ingestão diária estimada (IDE) deste agrotóxico, além de divulgar métodos de descontaminação do fruto para a população. Testou-se a lavagem de tomates com água de torneira e as soluções de ácido acético a 5, 10 e 15%, clorada a 100, 150 e 200 ppm, de bicarbonato de sódio a 5, 10 e 15% e de suco de limão a 5, 10 e 15%, seguidas de enxágue com água corrente. As lavagens foram realizadas em triplicatas. A extração e a determinação das concentrações de imidacloprido nos tomates foram realizadas pelo método mini-Luke modificado e cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a espectrometria de massas (UPLC-MS/MS), respectivamente. Verificou-se o pH das soluções de lavagem e caracterizou-se a composição física e química das amostras. Ao final, foi elaborada uma cartilha com a descrição das lavagens mais eficientes na redução da concentração de imidacloprido em tomate. Para estimar a exposição humana ao agrotóxico imidacloprido, determinou-se a IDE para mulheres, homens, adolescentes, adultos e idosos brasileiros. Os dados foram avaliados através da análise de variância e do teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. A lavagem com água de torneira foi o método mais efetivo na redução de imidacloprido nas amostras. Em contrapartida, as soluções de bicarbonato de sódio a 10%, ácido acético a 10% e clorada a 150 ppm foram as menos eficientes na descontaminação dos tomates contendo imidacloprido. Considerando todas as diferentes soluções testadas, não ocorreram diminuições lineares nas concentrações de imidacloprido à medida que se aumentou a concentração das mesmas. As amostras não diferiram com relação aos teores de umidade, acidez e sólidos solúveis totais presentes nas mesmas. O pH das soluções não interferiu no pH dos tomates. A relação sólidos solúveis totais e acidez demonstrou que os tomates estavam adequados ao padrão de qualidade para o consumo. A correlação entre os parâmetros físicos e químicos e as concentrações de imidacloprido nos tomates demonstrou que não há relação linear entre estes dados. As IDE determinadas demonstraram-se abaixo da ingestão diária aceitável (IDA) estabelecida no Brasil, nos Estados Unidos da América, na Europa e pelo *Codex Alimentarius*. Demonstrou-se que os tomates analisados eram adequados para o consumo humano, visto que estavam conforme os parâmetros considerados toxicologicamente seguros.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum* Mill.. Resíduos de Agrotóxicos. Imidacloprido. Descontaminação. Lavagens.



## ABSTRACT

### TREATMENT FOR DECONTAMINATION OF TOMATOES CONTAINING IMIDACLOPRID RESIDUOS

AUTHOR: Anelise Pigatto Bissacotti

ADVISOR: Ijoni Hilda Costabeber

CO-ADVISOR: Patrícia Medianeira Grigoletto Londero

The tomato is considered a functional food because its nutritional components promote health benefits for humans. However, in recent years, concerns have arisen due to the fact that food present often pesticide residues. During the cultivation period, tomato is susceptible to pests and diseases, and the use of pesticides is one of the methods used to control this problem. Among the pesticides allowed for the tomato crop is the neonicotinoid insecticide imidacloprid, which can cause damage to human health. Thus, this work had as objectives to evaluate the effects of washing on the imidacloprid residues in tomatoes, to determine the estimated daily intake (FDI) of this pesticide, in addition, to divulging methods of decontamination of the fruit to the population. Tested the washing of tomatoes with tap water and solutions of acetic acid at 5, 10 and 15%, chlorinated at 100, 150 and 200 ppm, of sodium bicarbonate at 5, 10 and 15% and of lemon juice at 5, 10 and 15%, followed by a rinse with tap water. The washing were performed in triplicates. Extraction and determination of imidacloprid concentrations in tomatoes were performed by modified mini-Luke method and ultra performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry (UPLC-MS/MS), respectively. The pH of washing solutions was checked and the chemical composition of the samples was characterized. At the end, a primer was elaborated describing the most efficient washes in reducing the concentration of imidacloprid in tomato. To estimate human exposure to the imidacloprid pesticide, EDI was determined for Brazilian women, men, adolescents, adults and elderly. Data were analyzed through analysis of variance and Tukey's test, at 5% of significance level. Washing with tap water was the most effective method in reducing imidacloprid in the samples. In contrast, solutions of sodium bicarbonate at 10%, acetic acid at 10% and chlorinated at 150 ppm were the least efficient tomatoes containing imidacloprid decontamination. Considering all different solutions tested, there were no linear decreases in imidacloprid levels as their concentration increased. The samples did not differ in relation to moisture contents, acidity and total soluble solids present in them. The pH of the solutions did not interfere tomatoes pH. The relation of total soluble solids and acidity demonstrated that tomatoes were adequate to the quality standard for consumption. The correlation between the chemical parameters and imidacloprid levels in tomatoes showed that there is no linear relation between these data. Determined EDI have been shown to be below the acceptable daily intake (ADI) established in Brazil, United States of America, Europe and by the *Codex Alimentarius*. It has been shown that tomatoes analyzed were suitable for human consumption, since they met the parameters for being considered as toxicologically safe.

**Keyword:** *Lycopersicon esculentum* Mill.. Pesticide Residues. Imidacloprid. Decontamination. Washings.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de tomate, em toneladas, no período de 2000 a 2017, no Brasil .	37
Figura 2 - Produção de tomate, em toneladas, no Brasil e nas regiões brasileiras, em 2017	38
Figura 3 - Produção de tomate, em toneladas, no Brasil e nos estados brasileiros, em 2017	38
Figura 4 – Prevalência do consumo de tomate (%) por região brasileira, no período de 2008 a 2009	39
Figura 5 – Estrutura física do tomateiro e do tomate	41
Figura 6 – Utilização de agrotóxicos e afins, no período de 2000 a 2014, no Brasil	47
Figura 7 – Porcentagem de amostras de tomate com resultados insatisfatórios, durante o período de 2001 a 2015	53
Figura 8 – Nome comum e a estrutura química dos agrotóxicos neonicotinóides	55
Figura 9 – Transmissão normal do impulso nervoso e a atuação dos neonicotinóides sobre o receptor neurológico, respectivamente	56
Figura 10 -Estrutura química do neurotransmissor excitatório acetilcolina	57
Figura 11 - Estrutura química do imidacloprido	58
Figura 12- Agrotóxicos com maior número de detecções no período de 2013 a 2015	60

### Manuscrito

Figura 1 - Fluxograma dos diferentes tratamentos (lavagens) empregados em tomates contendo resíduos do agrotóxico imidacloprido	83
Figura 2 - Correlação entre as concentrações de imidacloprido nos tomates e o pH das soluções de lavagem	86
Figura 3 - Porcentagem residual de imidacloprido em amostras de tomate antes e após a submissão em tratamentos de lavagem	87
Figura 4 – Correlação entre o pH das soluções de lavagem e o pH dos tomates	89
Figura 5 – Correlações entre as concentrações de imidacloprido e a umidade, o pH, a acidez titulável total e os sólidos solúveis totais nos tomates	90



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional, em 100 g, de tomate cru com semente .....	43
Tabela 2 - Classificação dos agrotóxicos segundo a classe e a praga-alvo .....	49
Tabela 3 - Classificação dos agrotóxicos quanto ao grau de toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente .....	50
Tabela 4 - Características físicas e químicas do imidacloprido .....	59

### Manuscrito

Tabela 1 - Concentração de imidacloprido em tomates antes e após a submissão em tratamentos de lavagem .....	85
Tabela 2 - Caracterização química de tomate antes e após a submissão em tratamentos de descontaminação (n=3) .....	88
Tabela 3 - Ingestão diária estimada de imidacloprido em tomates para mulheres, homens, adolescentes, adultos e idosos brasileiros .....	92





## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação do tomate “ <i>in natura</i> ” conforme o padrão de identidade e qualidade .....	44
---	----



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACH	Acetilcolina
ACHÉ	Acetilcolinesterase
ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Acidez titulável total
BPA	Boas Práticas Agrícolas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEPARC	Centro de Pesquisa e Análise de Resíduos e Contaminantes
CCPR	Comitê de Resíduos de Pesticidas
cm	centímetro
DL	Dose Letal
DNA	Ácido dioxirribonucleico
DP	Desvio padrão
g	grama
Hg	Mercúrio
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência, do inglês <i>High Performance Liquid Chromatography</i> ,
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IA	Ingrediente Ativo
IDA	Ingestão Diária Aceitável
IDE	Ingestão Diária Estimada
IEC	Comissão Eletrotécnica International, do inglês <i>International Electrotechnical Commission</i>
IFRS	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul
ISO	Organização Internacional para Padronização, do idioma inglês <i>International Organization for Standardization</i>
kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
KH	Constante da Lei de Henry
K <sub>ow</sub>	Coefficiente de partição octanol-água
L	Litro
LAPP	Laboratório de Análises de Poluentes Persistentes
LMR	Limite Máximo de Resíduos
LOQ	Limite de quantificação, do inglês <i>Limit of quantification</i>
MAARA	Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MERCOSUL	Mercado Comum do Sul
m	Metro
mg	Miligrama
mm	Milímetro
Mol	Quantidade de matéria
MS	Ministério da Saúde
n	Número de repetições
NBR	Norma Brasileira
NRR	Norma Reguladora Rural
Pa	Pressão Pascal

PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos
pH	Potencial hidrogeniônico
PNCRC	Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
p,p-DDT	1,1,1-tri-cloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano
RS	Rio Grande do Sul
SPSS	Pacote Estatístico para as Ciências Sociais, do idioma inglês <i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
SST	Sólidos solúveis totais
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
UPLC	Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência, do idioma inglês <i>Ultra Performance Liquid Chromatography</i>
UPLC-MS/MS	Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas, do idioma inglês <i>Ultra Performance Liquid Chromatography tandem Mass Spectrometry</i>

## LISTA DE APÊNDICES

<b>ANEXO A – CARTILHA .....</b>	<b>102</b>
---------------------------------	------------



## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A – NORMAS DE SUBMISSÃO DO PERIÓDICO .....</b>	<b>125</b>
---	------------





## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	33
1.1	OBJETIVOS	35
1.1.1	Objetivo geral	35
1.1.2	Objetivos específicos	35
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	36
2.1	TOMATE	36
2.1.1	História, produção e consumo no Brasil e no mundo	36
2.1.2	Características do cultivo, físicas e químicas do tomateiro e do tomate	39
2.1.3	Padrão de identidade e qualidade	43
2.2	AGROTÓXICOS	46
2.2.1	Histórico e definição	46
2.2.2	Classificação	48
2.2.3	Monitoramento dos resíduos de agrotóxicos nos alimentos	50
2.2.4	Análise de resíduos de agrotóxicos através da Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada à espectrometria de massas (UPLC-MS/MS)	52
2.2.5	Ocorrência de agrotóxicos em tomate	53
2.2.6	Neonicotinóides	54
2.2.7	Imidacloprido	57
2.3	INGESTÃO DIÁRIA ESTIMADA	61
2.4	LAVAGEM COMO MÉTODO DE DESCONTAMINAÇÃO DE TOMATES CONTENDO RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS	62
2.5	MATERIAIS EDUCATIVOS	63
<b>3</b>	<b>ARTIGO CIENTÍFICO</b>	65
3.1	MANUSCRITO	65
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	93
	<b>REFERÊNCIAS</b>	94
	<b>APÊNDICE A – CARTILHA</b>	102
	<b>ANEXO A – NORMAS DE SUBMISSÃO DO PERIÓDICO</b>	125



## 1 INTRODUÇÃO

A ingestão de hortaliças no Brasil e no mundo tem aumentado devido a população ter adotado uma alimentação mais saudável e prática de preparar (ANDRADE; OETTERER; TORNISIELO, 2010). Dentre os alimentos que colaboram para o novo perfil alimentar da população está o tomate (CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA, 2003; FERRARI, 2008). Nutricionalmente completo, o tomate é fonte de água, açúcares, ácidos, vitaminas, sais minerais, aminoácidos, fibras e licopeno (MONTEIRO et al., 2008; NAIKA et al., 2006). Por apresentar uma rica composição nutricional, o tomate está inserido diariamente na dieta dos brasileiros (FERREIRA et al., 2010; SANTOS, 2009). A demanda de tomate tem exigido a elevada produção no Brasil, no qual, em 2017, foram produzidos 4.373.047 de toneladas do fruto (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Segundo os resultados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; 2010; 2011b; 2013; 2014; 2016), na composição do tomate não são encontrados apenas nutrientes benéficos à saúde do homem. Durante o monitoramento realizado pelo PARA, entre os anos de 2001 e 2015, o tomate apresentou concentrações de agrotóxicos acima dos limites máximos permitidos pela legislação brasileira, assim como, substâncias não autorizadas para a cultura (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; 2010; 2011b; 2013; 2014; 2016). Os resultados insatisfatórios, evidenciados pelo PARA, em relação a presença de resíduos de agrotóxicos no tomate, estão atrelados, em alguns casos, ao uso inadequado destas substâncias (CASTRO; ANJOS; QUINTEIRO, 2010).

Durante o período de cultivo, o tomate é suscetível a mais de 200 pragas e doenças (BAI; LINDHOUT, 2007; BERGOUGNOUX, 2014). Para o controle dos agentes causadores de danos ao tomate, têm-se o uso de agrotóxicos como um dos principais métodos empregados. Dentre os agrotóxicos autorizados e mais utilizados mundialmente na tomaticultura está o imidacloprido, inseticida neonicotinóide, de uso foliar (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003). Apesar de proteger a planta contra o ataque de insetos, o imidacloprido possui efeito oncogênico, neurotóxico e antagonista do neurotransmissor excitatório acetilcolina em animais (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

Diante desta conjuntura, a população tem aumentado o consumo de alimentos orgânicos (CASTRO; ANJOS; QUINTEIRO, 2010). Porém, o acesso a produtos isentos de agrotóxicos é limitado, seja em função da sua disponibilidade no comércio e/ou do seu preço. Os indivíduos que se restringem ao consumo de alimentos orgânicos estão alheios a existência de outras estratégias, mais acessíveis e de baixo custo, que colaboram para a redução da exposição alimentar aos agrotóxicos.

Segundo Kin e Huat (2010), a lavagem é a técnica mais comum e simples de limpar os alimentos e, assim como a sanitização, é utilizada com o intuito de prevenir patologias desencadeadas por agentes biológicos (ROCHA; GONÇALVES; FARIA, 2010). No entanto, estudos confirmam que a lavagem e a sanitização não se limitam a função de eliminar os agentes físicos e biológicos presentes nos alimentos, mas colaboram também para a remoção de agentes químicos, como alguns agrotóxicos (ABOU-ARAB, 1999; AL-AMIR et al., 2015; ALVES et al., 2010; ANDRADE et al., 2015; HARINATHAREDDY; PRASAD; DEVI, 2014; HARINATHAREDDY et al., 2015; KIN; HUAT, 2010; RADWAN et al., 2005; ROCHA; GONÇALVES; FARIA, 2010; SOLIMAN, 2001; ZHANG; LIU; HONG, 2007; ZOHAIR, 2001).

Neste contexto, se faz necessário desenvolver métodos eficientes, acessíveis e de baixo custo para a redução das concentrações de resíduos de imidacloprido presentes em tomate, bem como divulgá-los à população por meio de materiais educativos de fácil acesso.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos de lavagens sobre os resíduos de imidacloprido em tomate, determinar a ingestão diária estimada (IDE) deste agrotóxico, além de divulgar métodos de descontaminação do fruto para a população.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar e correlacionar as características físicas e químicas dos tomates antes e após a imersão nas soluções dos tratamentos;
- Verificar e comparar as concentrações de imidacloprido em tomates antes e após os tratamentos;
- Determinar a IDE para mulheres, homens, adolescentes, adultos e idosos brasileiros a partir das concentrações de imidacloprido em tomates antes e após os tratamentos;
- Elaborar uma cartilha, para a população, com o intuito de divulgar resultados do estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TOMATE

#### 2.1.1 História, produção e consumo no Brasil e no mundo

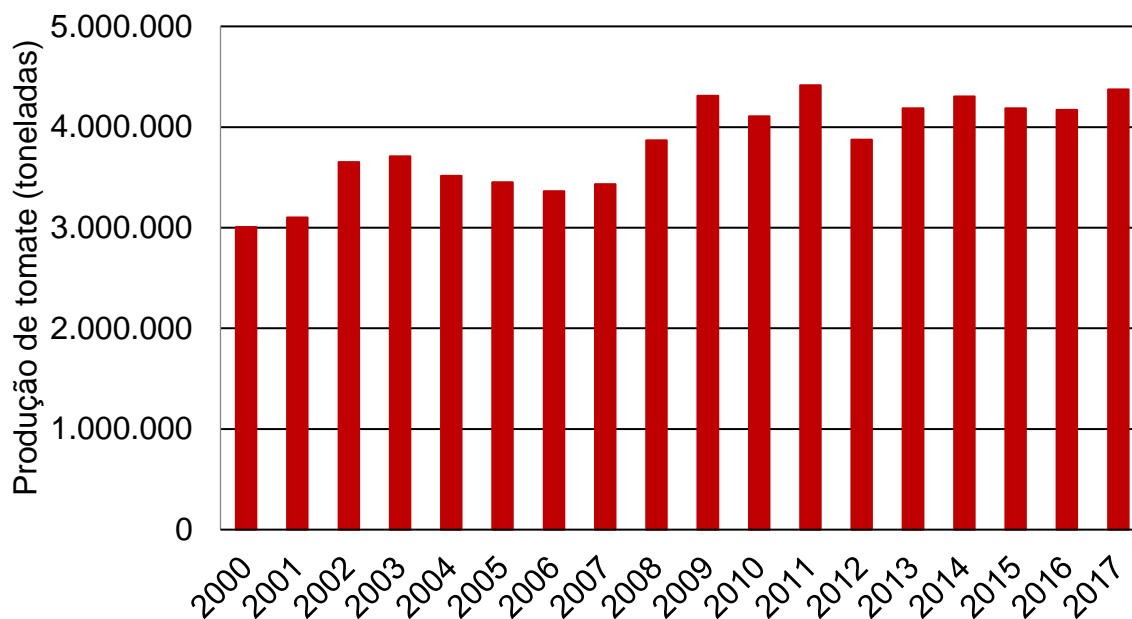
O tomate é uma hortaliça herbácea pertencente à ordem *Tubiflorae*, à família das *Solanáceas* (SANTOS, 2009), ao gênero *Solanum* e cujo nome científico é *Lycopersicon esculentum* Mill. (BERGOUGNOUX, 2014; BORGUINI, 2002; FILGUEIRA, 2003; NAIKA et al., 2006). Segundo Bai e Lindhout (2007), Bergougoux (2014), Filgueira (2003) e Santos (2009), o tomate é proveniente da região oeste da América do Sul, onde atualmente localizam-se os países Chile, Bolívia, Equador, Colômbia e Peru. Não se sabe ao certo (BAI; LINDHOUT, 2007), mas há relatos que foi no México onde se iniciou a domesticação do tomate (BITTAR, 2014; CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA, 2003; FILGUEIRA, 2003; NAIKA et al., 2006; SANTOS, 2009; SOUZA; MEDEIROS; CARNEIRO, 2010).

Introduzido na Europa pelos espanhóis, entre os anos de 1523 e 1554, o tomate foi inicialmente cultivado como uma planta ornamental (BERGOUGNOUX, 2014; FILGUEIRA, 2003; SANTOS, 2009). A inserção do tomate na culinária foi retardada devido a população acreditar que o fruto possuía substâncias prejudiciais à saúde do homem (BERGOUGNOUX, 2014; FILGUEIRA, 2003) e por apresentar a cor vermelha, a qual, na época, era relacionada ao perigo e à morte (SANTOS, 2009). Apesar da lenta introdução do tomate nos hábitos alimentares dos europeus, o seu consumo passou a ser frequente na Inglaterra, no século XVIII (BERGOUGNOUX, 2014; NAIKA et al., 2006). A partir da Inglaterra, o tomate foi disseminado para a Ásia, a África e o Oriente Médio (BERGOUGNOUX, 2014; NAIKA et al., 2006). Atualmente, o tomate, após a batata, é o vegetal mais consumido e a sétima cultura mais importante no mundo (BERGOUGNOUX, 2014).

No Brasil, o tomate foi introduzido por intermédio dos imigrantes europeus, no fim do século XIX (FILGUEIRA, 2003; SANTOS, 2009), tendo início o seu cultivo em Pernambuco, no começo do século XX (LATORRACA et al., 2008). Após a introdução no Brasil, o tomate tornou-se a segunda hortaliça com maior importância econômica (FILGUEIRA, 2003).

Conforme a figura 1, o Brasil, apesar de ter apresentado oscilações na produção de tomate durante os últimos 17 anos, tem produzido mais de 3.000.000 toneladas do fruto por ano.

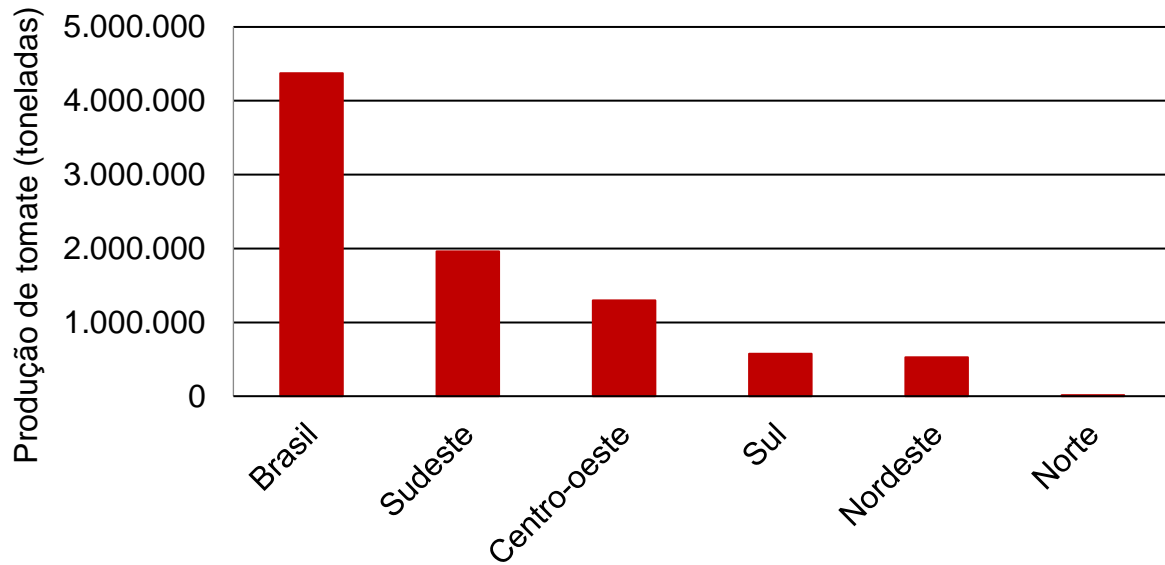
Figura 1 – Produção de tomate, em toneladas, no período de 2000 a 2017, no Brasil



Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010; 2016; 2017; 2018).

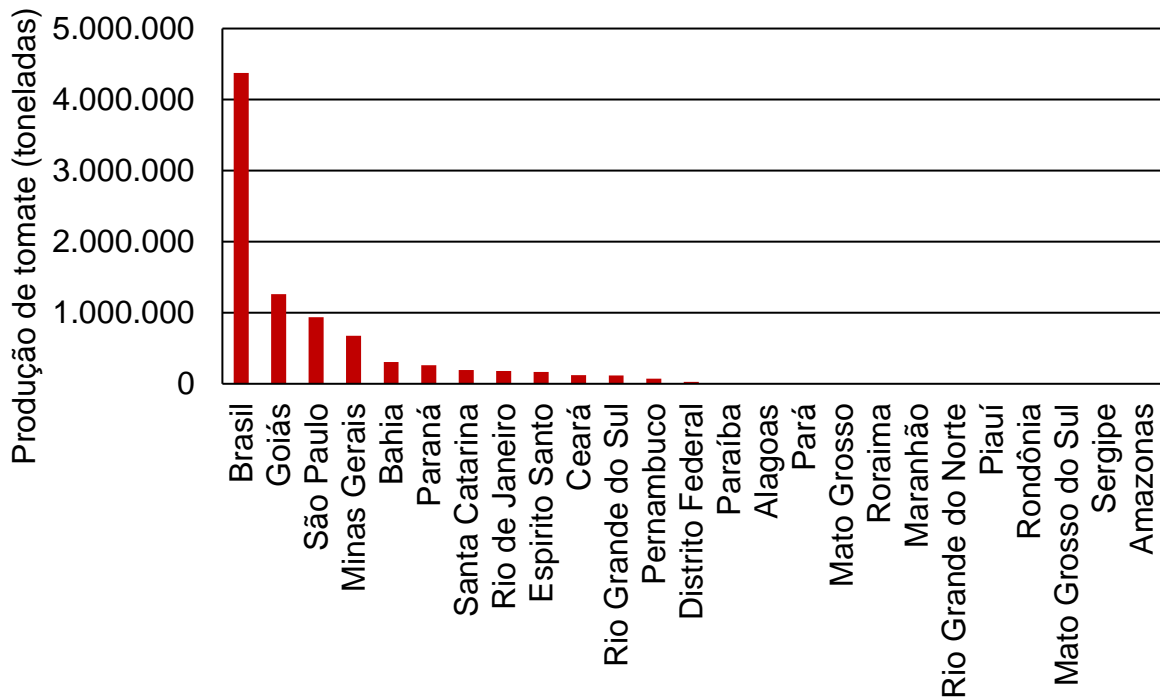
Em 2017, 4.373.047 toneladas de tomate foram produzidos no Brasil, sendo 1.961.047 toneladas provenientes da região sudeste (Figura 2) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018). O estado em que houve a maior produção de tomate no Brasil, em 2017, foi Goiás, com 1.262.701 toneladas (Figura 3) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018).

Figura 2 – Produção de tomate, em toneladas, no Brasil e nas regiões brasileiras, em 2017



Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).

Figura 3 - Produção de tomate, em toneladas, no Brasil e nos estados brasileiros, em 2017

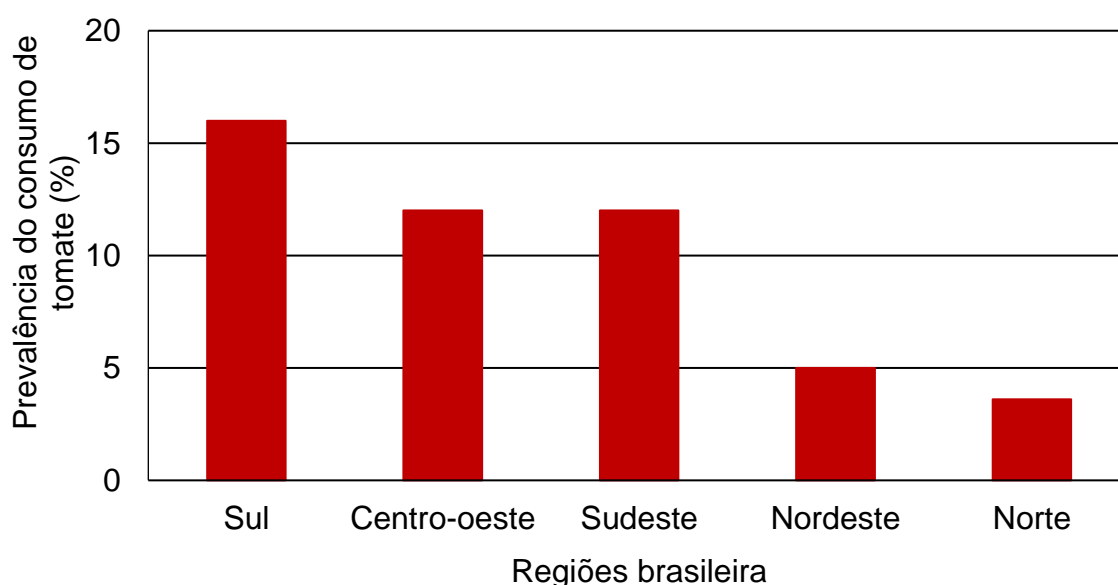


Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).



Com relação a ingestão de tomate, esta pode se dar através de saladas, molhos, sopas, pratos à base de carnes, purés, sucos, extratos, *ketchup* e enlatados (BORGUINI, 2002; CARVALHO; BARBOSA, 2013; LUIZ, 2005; NAIKA et al., 2006). As diversificadas formas em que o tomate pode ser inserido na alimentação colaboram para que o mesmo seja ingerido diariamente pelos brasileiros (FERREIRA et al., 2010; SANTOS, 2009). Conforme a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), realizada entre 2008 e 2009 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011), o consumo médio *per capita* diário de tomate por adolescentes, adultos e idosos brasileiros é de 4,40, 7,20 e 6,20 g, respectivamente, com prevalência na região sul do Brasil (Figura 4). Já nos países Líbia, Egito e Grécia o consumo de tomate é superior a 100 kg por habitante por ano (BERGOUGNOUX, 2014).

Figura 4 – Prevalência do consumo de tomate (%) por região brasileira, no período de 2008 a 2009



Fonte: adaptado do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011).

### 2.1.2 Características do cultivo, físicas e químicas do tomateiro e do tomate

O tomateiro caracteriza-se por ser uma planta perene e anual (FILGUEIRA, 2003; NAIKA et al., 2006). De acordo com Filgueira (2003), na tomaticultura, o período entre a semeadura e a geração de sementes tem a duração de 4 a 7 meses, enquanto que a colheita perdura de 1 a 3 meses. Para o adequado desenvolvimento do

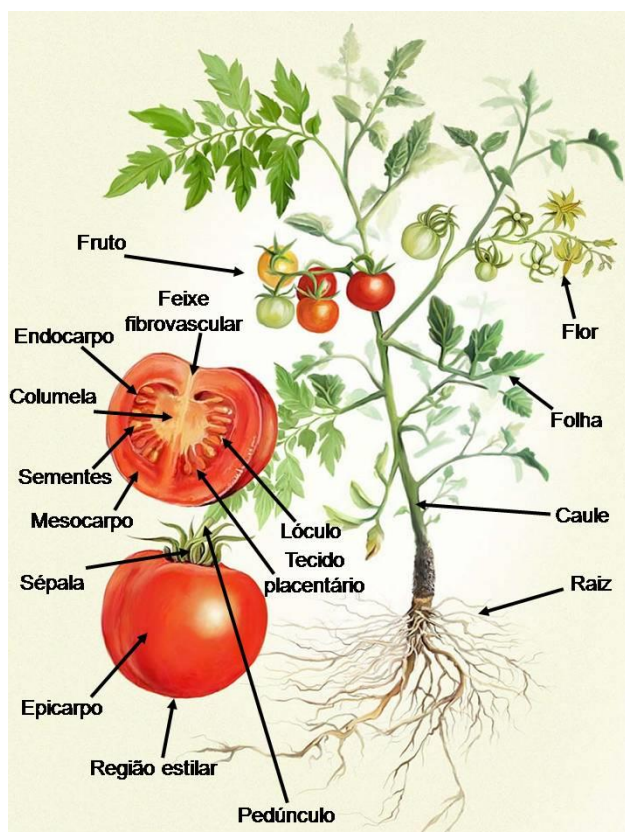
tomateiro, as regiões de clima tropical de altitude, subtropical ou temperado e com boa luminosidade são as mais apropriadas para o cultivo (FILGUEIRA, 2003; SOUZA, 2002).

A estrutura física do tomateiro, como pode ser observada na figura 5, é constituída por um caule arredondado, macio, áspero e com pequenos e finos pêlos (FERREIRA, 2004), podendo atingir uma altura superior a dois metros (NAIKA et al., 2006). A raiz da planta se desenvolve no sentido vertical e atinge grande profundidade quando é realizada a semeadura direta no solo, enquanto que, no tomateiro transplantado a raiz é ramificada e pouco extensa (FILGUEIRA, 2003). As folhas pecioladas apresentam formato oblongo ou redondo, pêlos na superfície e folíolos em número ímpar (FILGUEIRA, 2003; NAIKA et al., 2006). Já as flores, geralmente agrupadas com 6 a 12 unidades, são amarelas, pequenas (1,5 a 2,0 cm) e hermafroditas (NAIKA et al., 2006). Classificados, conforme a variedade, em Santa Cruz, salada, cereja, italiano e agroindustrial, os frutos apresentam a aparência, o tamanho e o peso variável (FILGUEIRA, 2003). O tomate possui o epicarpo liso e lustroso e cicatrizes na parte superior e inferior, o mesocarpo carnoso e suculento e o endocarpo pouco denso e cheio de sementes (ARDILES, 2016). As abundantes sementes do tomate são pequenas, reniformes, peludas, marrom-claras (BITTAR, 2014; NAIKA et al., 2006) e envolvidas por uma substância de aspecto gelatinoso (ARDILES, 2016; FILGUEIRA, 2003).

O processo de amadurecimento é compreendido como uma transformação fisiológica, a qual envolve várias reações bioquímicas, responsáveis pela caracterização química do alimento (BAI; LINDHOUT, 2007). A alteração da cor é o melhor indicador do grau de maturidade do tomate (BERGOUGNOUX, 2014). Inicialmente, os tomates são verdes devido a presença da clorofila  $\alpha$  e  $\beta$  (LUIZ, 2005). Com o amadurecimento, os tomates, conforme o teor de licopeno e de  $\beta$ -caroteno (BERGOUGNOUX, 2014), variam de cor entre o amarelo, laranja e vermelho (LUIZ, 2005; NAIKA et al., 2006). O licopeno é o componente de maior destaque do tomate (ANDRADE; OETTERER; TORNISIELO, 2010). Além de atuar como o principal responsável pela cor vermelha do tomate (BERGOUGNOUX, 2014), o licopeno age como sequestrador do oxigênio singlete (SHAMI; MOREIRA, 2004). Protegendo as moléculas de lipídios, lipoproteínas de baixa densidade, proteínas e o DNA da ação dos radicais livres, o licopeno previne os danos celulares, o câncer e outras doenças crônicas (SHAMI; MOREIRA, 2004). Assim como o licopeno, o  $\beta$ -caroteno atua no

combate à radicais livres, por ser precursor da vitamina A, agente antioxidante (BERGOUIGNOUX, 2014).

Figura 5 – Estrutura física do tomateiro e do tomate



Fonte: adaptado de Becker (2016) e Santos (2014).

Em relação ao pH, de acordo com Bergougnoux (2014), Fabbri (2009), Monteiro et al. (2008) e Souza, Medeiros e Carneiro (2010), é desejável que o mesmo seja inferior a 4,5, pois impede a multiplicação microbiana no tomate. Ao atingir o ponto de maturação, o fruto passa a produzir os ácidos orgânicos responsáveis pela redução do pH (FABBRI, 2009) e por alterações das características sensoriais (sabor, odor, gosto e cor), da estabilidade e da qualidade do alimento (CECCHI, 2003; FERREIRA, 2004). O tomate apresenta vida de prateleira de uma semana, o que colabora para elevadas perdas no pós-colheita, as quais são estimadas em 25 a 50% (SOUZA, 2002). Por isso, a redução do pH do tomate é muito importante para a sua conservação. Para Monteiro et al. (2008), os tomates com qualidade para o consumo apresentam a acidez titulável total (ATT) acima de 0,32%. Porém, a preferência dos

consumidores por tomates adocicados ou ácidos depende dos seus costumes alimentares (NASCIMENTO et al., 2013).

Os sólidos solúveis totais (SST) é um índice refratométrico que indica a quantidade, em porcentagem, de sólidos (açúcares) dissolvidos no tomate (BORGUINI; SILVA, 2005; NASCIMENTO et al., 2013). Aproximadamente, 65% dos SST presentes no tomate são açúcares, dos quais os mais abundantes são a glicose e a frutose, que se encontram em proporções similares (LUIZ, 2005). Conforme Filgueira (2003), o tomate deve ser colhido quando possuir um teor próximo ou acima de 5 °Brix, pois os SST influenciam no sabor do fruto (MONTEIRO et al., 2008) e no rendimento industrial (SOUZA; MEDEIROS; CARNEIRO, 2010). Juntamente com os SST, os compostos voláteis caracterizam o sabor do tomate (BERGOUIGNOUX, 2014). Pode-se encontrar, no tomate, mais de 400 compostos voláteis, os quais são hidrocarbonetos, éteres, aminas e moléculas heterocíclicas (LUIZ, 2005).

Além de serem influenciados pela cor, pelo pH, pela ATT e pelos SST, o grau de maturação, o sabor e o aroma do tomate, podem ser determinados pela relação SST/ATT (°Brix/%) (BAI; LINDHOUT, 2007; MONTEIRO et al., 2008). Para Monteiro et al. (2008), tomates com a relação SST/ATT superior a 10 °Brix/% é indicador de que os mesmos apresentam qualidade para o consumo humano. Quando a relação SST/ATT for acima de 10 °Brix/%, o tomate possuirá sabor suave, enquanto que, valores menores alertam para a alta concentração de ácidos e, conseqüentemente, o sabor desagradável (FERREIRA, 2004; SOUZA, 2002).

A composição nutricional, imprescindível para a promoção da saúde e a prevenção de doenças no homem, torna o tomate um alimento funcional (FERRARI, 2008). Nutricionalmente saudável, o tomate é fonte de água, açúcares (glicose e frutose), ácidos (ácido acético, ácido láctico e ácido málico), vitaminas A, B1, B2, B3, B6 e C, pigmento licopeno, sais minerais (cálcio, magnésio, fósforo, ferro, sódio, potássio, cobre e zinco), aminoácidos essenciais (lisina, metionina, treonina e triptofano) e fibras (celulose e pectina) (Tabela 1) (CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA, 2003; FERRARI, 2008; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1999; LUIZ, 2005; MONTEIRO et al., 2008; NAIKA et al., 2006). Contudo, os constituintes nutricionais variam conforme a variedade, o grau de amadurecimento, o clima, o local de cultivo e as técnicas de produção e de nutrição do tomateiro (ANDRADE; OETTERER; TORNISIELO, 2010; FERRARI, 2008; LUIZ, 2005; MONTEIRO et al., 2008; SHAMI; MOREIRA, 2004).

Tabela 1 – Composição nutricional, em 100 g, de tomate cru com semente

<b>Composição</b>	<b>Quantidade em 100 g</b>
Umidade	95,10%
Valor calórico	15,00 kcal
Proteínas	1,10 g
Lipídios	0,20 g
Carboidratos	3,10 g
Fibras	1,20 g
Cinzas	0,50 g
Cálcio	7,00 mg
Magnésio	11,00 mg
Fósforo	20,00 mg
Ferro	0,20 mg
Sódio	1,00 mg
Potássio	222,00 mg
Cobre	0,04 mg
Zinco	0,10 mg
Tiamina	0,12 mg
Piridoxina	0,02 mg
Vitamina C	21,20 mg

Fonte: (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTOS; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2011).

### 2.1.3 Padrão de identidade e qualidade





Tomates com qualidade são os frutos cujas características atendem as expectativas do consumidor (FERREIRA, 2004). No entanto, além dos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo consumidor, os tomates devem apresentar características que atendam a demanda das redes de varejo (FERREIRA, 2004). Para isso, precedendo a comercialização, os tomates são padronizados e classificados. Até a década de 1970, a responsabilidade de padronizar e classificar os tomates era das cooperativas, as quais passaram-na, posteriormente, para os mercados (FERREIRA,

2004). Os comerciantes limitavam a organização dos tomates conforme o comprimento, o diâmetro dos frutos, a coloração, o brilho e a alguns outros parâmetros (FERREIRA, 2004).

Em 1995, o Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária (MAARA), através da Portaria nº 553, de 30 de agosto de 1995, definiu a norma de identidade, qualidade, acondicionamento, embalagem e apresentação do tomate destinado ao consumo “*in natura*” e comercializado no Brasil e em países do MERCOSUL (Mercado Comum do Sul) (BRASIL, 1995). Atualmente, para serem submetidos à venda, os tomates são classificados conforme o Quadro 1.




Quadro 1 – Classificação do tomate “*in natura*” conforme o padrão de identidade e qualidade

(continua)

<b>Classificação</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Característica</b>	<b>Critérios de classificação</b>
Grupo	Formato	Oblongo 	Diâmetro longitudinal (comprimento) é maior que o transversal (diâmetro equatorial)
		Redondo 	Diâmetro transversal (diâmetro equatorial) é maior que o longitudinal (comprimento)
Subgrupo	Cor	Verde maduro 	Observa-se início de amarelamento na região apical
		Pintando 	Coloração amarela, rosa ou vermelha em 10 a 30% do tomate

Quadro 1 – Classificação do tomate “*in natura*” conforme o padrão de identidade e qualidade

(continuação)

		Rosado 	Coloração vermelha em 30 a 60% do tomate	
		Vermelho 	Coloração vermelha em 60 a 90% do tomate	
		Vermelho maduro 	Coloração vermelha em mais de 90% do tomate	
Classe ou Calibre	Tamanho*	Formato oblongo	Grande	Maior de 60 mm
			Médio	50 a 60 mm
			Pequeno	40 a 50 mm
		Formato redondo	Gigante	Maior de 100 mm
			Grande	80 a 100 mm
			Médio	65 a 80 mm
			Pequeno	50 a 60 mm
Tipos ou graus de seleção ou categorias	Defeitos**	Extra	Graves	2
			Leves	2
		Categoria I ou Especial ou Selecionado	Graves	4
			Leves	10

Quadro 1 – Classificação do tomate “*in natura*” conforme o padrão de identidade e qualidade

(conclusão)				
Tipos ou graus de seleção ou categorias	Defeitos**	Categoria II ou Comercial	Graves	7
			Leves	15

Fonte: adaptado de Brasil (1995) e Centro de Qualidade em Horticultura (2003).

\*Classificação conforme o diâmetro transversal.

\*\*Expressos em porcentagem de unidades da amostra.

## 2.2 AGROTÓXICOS

### 2.2.1 Histórico e definição

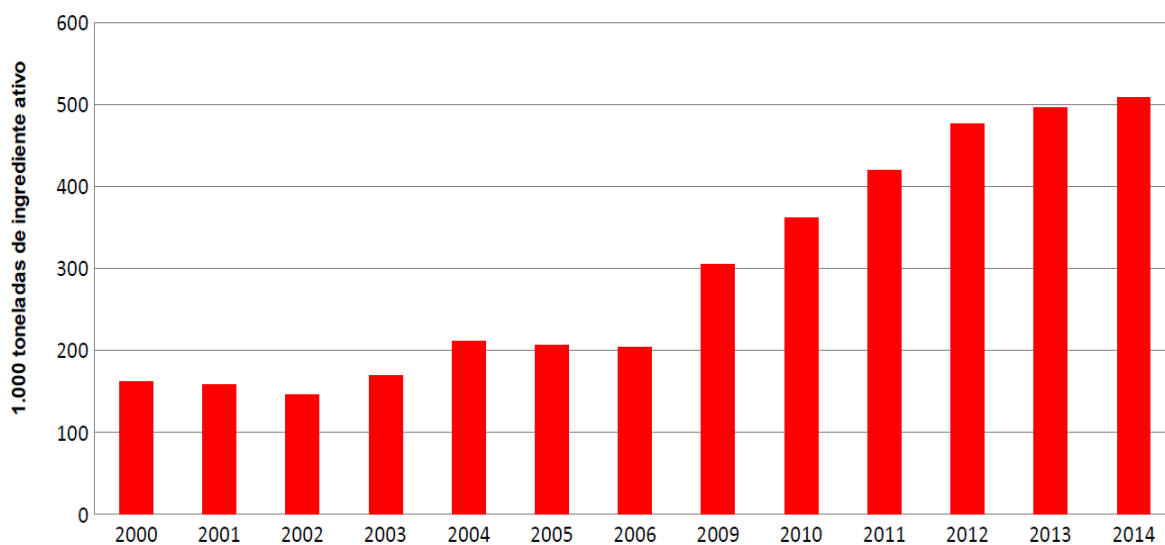
Os primeiros agrotóxicos foram desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) (MORAGAS; SCHNEIDER, 2003). Produzidos com a finalidade de combater os inimigos de guerra, os agrotóxicos eram utilizados como armas químicas (GERAGE; MEIRA; SILVA, 2017; MORAGAS; SCHNEIDER, 2003). Contudo, ao fim da guerra, o aumento da demanda por alimentos (MORAGAS; SCHNEIDER, 2003) oportunizou a utilização dos agrotóxicos na agricultura (GERAGE; MEIRA; SILVA, 2017), atuando no combate das pragas.

No Brasil, o uso dos agrotóxicos na agricultura teve início na década de 1960 (OLIVEIRA, 2014), porém sem normatizações (FOLGADO, 2014). A regularização dos agrotóxicos, no Brasil, ocorreu com a publicação da Lei dos Agrotóxicos nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (FOLGADO, 2014).

Com a utilização crescente dos agrotóxicos no setor agrícola (Figura 6), o Brasil passou a ser considerado o segundo maior empregador mundial destas substâncias (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2006). Segundo Folgado (2014), no Brasil, desde de 2008, são utilizados, aproximadamente, 16 litros de agrotóxicos por hectare cultivado.



Figura 6 – Utilização de agrotóxicos e afins no período de 2000 a 2014, no Brasil



Fonte: (BRASIL, 2016).

Apesar de, atualmente, os agrotóxicos serem assim denominados, já receberam outro nome no Brasil. Conforme Peres e Moreira (2003), a legislação brasileira, até a Constituição Federal de 1988, considerava os agrotóxicos como defensivos agrícolas. A denominação “defensivos agrícolas” foi muito bem aceita pela população, pois conferia a conotação positiva de que estes compostos defendiam as plantações, consideradas indefesas, da ação das pragas (PERES; MOREIRA, 2003). O uso do termo agrotóxico foi instituído a partir da promulgação da Norma Reguladora Rural nº 5 (NRR 5), aprovada pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978 (PERES; MOREIRA, 2003). Em vigor, no Brasil, o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, define agrotóxicos e afins como:

Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento. (BRASIL, 2002).

Dependendo da finalidade dos agrotóxicos, estes são popularmente chamados de praguicidas, biocidas, venenos, fitossanitários, defensivos agrícolas e remédios

(RODRIGUES, 2011). Para Moragas e Schneider (2003), o uso de diversos termos, para referir-se aos agrotóxicos, reflete os diferentes olhares da população sobre estas substâncias. O público empregador de agrotóxicos os utiliza com a finalidade de proteger as plantas contra os danos causados por pragas e doenças e, conseqüentemente, garantir o rendimento da produção (CABRERA et al., 2014; FERMAM; ANTUNES, 2009; MORAGAS; SCHNEIDER, 2003). Apesar dos benefícios econômicos gerados pelos agrotóxicos, grande parte da população preocupa-se com os danos que estas substâncias causam à saúde do homem e ao meio ambiente. Frente a toxicidade dos agrotóxicos, os mesmos são controlados por meio de legislações (FERMAM; ANTUNES, 2009) e de fiscalizações, na tentativa de minimizar os impactos negativos sobre a saúde da população e do planeta.

### **2.2.2 Classificação**

Os agrotóxicos podem ser classificados de acordo com diferentes critérios, tais como origem química, grupo químico, classe, modo de ação e toxicidade (LARA, 2014; PAVANI, 2016).

Com base nas características químicas dos agrotóxicos, estes compostos são de origem orgânica ou inorgânica (PAVANI, 2016), podendo serem produzidos a partir de vegetais, fungos e micro-organismos (LARA, 2014). Além da origem, a estrutura química também auxilia na identificação do grupo químico ao qual pertencem. Os grupos químicos mais conhecidos são os organoclorados, organofosforados, organossulfurados, carbamatos, piretróides, neonicotinóides, fenilpirazóis, juvenoides, anti-juvenoides, as triazinas e cloroacetamidas (PAVANI, 2016). Conforme as pragas-alvo, os agrotóxicos podem pertencer a uma ou mais classes, como pode ser observado na tabela 2 (RODRIGUES, 2011).

O modo de ação dos agrotóxicos implica em modificações bioquímicas e fisiológicas sobre um determinado local do organismo da praga-alvo, desencadeando a morte da mesma (PAVANI, 2016). Dessa forma, os agrotóxicos podem ser sistêmicos ou de contato (RIDOLFI, 2015). Os agrotóxicos sistêmicos caracterizam-se pela capacidade de se espalharem na planta por meio da seiva, o que aumenta o seu tempo de permanência e ação na mesma (RIDOLFI, 2015). Por sua vez, os agrotóxicos de contato necessitam entrar em contato direto com a praga para podem exercer a sua função.





Tabela 2 – Classificação dos agrotóxicos segundo a classe e a praga-alvo

<b>Classe</b>	<b>Pragas-alvo</b>
Acaricida	Ácaros
Algicidas	Algas
Avecida	Aves
Bactericidas	Bactérias
Carrapaticida	Carrapatos
Columbicida	Pombos
Cupincida	Cupins
Desfolhante	Folhas indesejáveis
Inseticida	Insetos
Formicida	Formiga
Fumigante	Bactérias do solo
Fungicida	Fungos
Herbicida	Plantas invasoras
Larvicida	Larvas
Nematicida	Nematóides
Raticida	Ratos e demais roedores

Fonte: adaptado de Oliveira, Favareto e Antunes (2013) e Pavani (2016).

Quanto ao grau de toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente, os agrotóxicos são classificados em quatro classes, conforme a Tabela 3. Cada classe é identificada por uma faixa colorida, método criado pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) para auxiliar o consumidor na identificação da periculosidade dos agrotóxicos (RIDOLFI, 2015). A toxicidade dos agrotóxicos é estabelecida pela dose letal ( $DL_{50}$ ), a qual representa a quantidade de agrotóxico, em  $mg\ kg^{-1}$  de peso corpóreo, ingerida ou administrada, capaz de promover a morte de 50% da população em experimento (OLIVEIRA; FAVARETO; ANTUNES, 2013; PAVANI, 2016; RODRIGUES, 2011). Segundo Pavani (2016), quanto maior a dose letal, maior é a toxicidade da substância e, vice e versa.

Tabela 3 – Classificação dos agrotóxicos quanto ao grau de toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente

Classificação	Grau de toxicidade	Cor da faixa	DL <sub>50</sub> * (mg/kg)
Classe I	Extremamente tóxico	Vermelha	≤ 5
			
Classe II	Altamente tóxico	Amarela	5 – 50
			
Classe III	Mediamente tóxico	Azul	50 – 500
			
Classe IV	Pouco tóxico	Verde	500 – 5000
			

Fonte: adaptado de Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2011a) e Vekic (2015).

\*DL<sub>50</sub> - dose letal para 50% da população analisada.

### 2.2.3 Monitoramento dos resíduos de agrotóxicos nos alimentos

Sabe-se que os agrotóxicos se mantêm residuais nos locais onde foram aplicados (FERMAM; ANTUNES, 2009), gerando danos à saúde do ser humano e ao ecossistema. Diante desta situação, o Ministério da Saúde (MS), por meio da ANVISA criou, em 2001, o PARA (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2014). O PARA tem como intuito prevenir intoxicações alimentares, em humanos, decorrentes da exposição aos agrotóxicos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2014; OLIVEIRA, 2014). Para isso, é realizado o monitoramento dos agrotóxicos e das suas concentrações nos alimentos de origem vegetal (CABRERA

et al., 2014), além da classificação toxicológica e a determinação dos limites máximos de resíduos (LMR) e do intervalo de segurança dos ingredientes ativos (IA) pelo PARA (RIDOLFI, 2015).

Os alimentos analisados pelo PARA são selecionados com base na POF, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e leva em consideração a disponibilidade dos mesmos em todos os estados brasileiros e os agrotóxicos utilizados durante o cultivo (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2013; OLIVEIRA, 2014). Já os alimentos brasileiros de origem animal são inspecionados, quanto a presença de agrotóxicos, pelo Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2017). Para Cabrera et al. (2014), além dos alimentos *in natura*, devem ser monitorados os alimentos processados, ação ainda não realizada pelo PARA e o PNCRC. Apesar de não abrangerem os alimentos industrializados, o monitoramento dos agrotóxicos nos alimentos representa uma importante ferramenta para a garantia de alimentos seguros e saudáveis para a população brasileira.

A inspeção dos agrotóxicos nos alimentos permitiu à ANVISA estabelecer o LMR, o qual, conforme o Decreto nº 4.074, de 04 de janeiro de 2002, é definido como:

Quantidade máxima de resíduo de agrotóxico ou afim oficialmente aceita no alimento, em decorrência da aplicação adequada numa fase específica, desde sua produção até o consumo, expressa em partes (em peso) do agrotóxico, afim ou seus resíduos por milhão de partes de alimento (em peso) (ppm ou  $\text{mg kg}^{-1}$ ). (BRASIL, 2002).

O LMR é determinado antes de um agrotóxico ser registrado ou da permissão do seu uso em uma cultura agrícola (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2014; PAVANI, 2016). Apesar de nem todos os países possuírem um sistema para registrar os agrotóxicos, o LMR adotado pelos mesmos pode ser o estabelecido pelo Comitê de Resíduos de Pesticidas (CCPR) do *Codex Alimentarius* (SOUZA, 2006). A importância da determinação do LMR se dá por permitir averiguar se os agricultores respeitam as Boas Práticas Agrícolas (BPA) e determinar a exposição dietética humana aos agrotóxicos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2014; FERMAM; ANTUNES, 2009). Salienta-se que o valor definido para o LMR não é fixo e passa por modificações conforme os resultados de novos estudos toxicológicos (JARDIM; CALDAS, 2009).

## **2.2.4 Análise de resíduos de agrotóxicos através da Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada à espectrometria de massas (UPLC-MS/MS)**

Segundo Degani, Cass e Vieira (1998), a cromatografia é um método, utilizado pela primeira vez em 1906, que permite a separação e identificação de componentes de uma mistura, por meio da comparação com materiais de referência.

A análise de agrotóxicos em alimentos abrange as etapas de separação, identificação e quantificação dessas substâncias (ANDRADE, 2013; DIAS, 2014). A realização destas etapas de análise exige o uso de métodos cromatográficos (ANDRADE, 2013; DIAS, 2014). Para a escolha do método cromatográfico mais apropriado para a análise de agrotóxicos em matrizes alimentícias, deve-se levar em consideração a complexidade da amostra, a sensibilidade da cromatografia, o resíduo a ser identificado e quantificado e as características físicas e químicas dos agrotóxicos (MEIRA, 2015).

Dentre os métodos cromatográficos que vem sendo largamente utilizados em diversas áreas do conhecimento, inclusive voltada à análise de agrotóxicos, está a cromatografia líquida de ultra eficiência (UPLC) (MALDANER; JARDIM, 2009; 2012). Apesar de possuir o mesmo princípio da cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), a UPLC, em relação aos demais métodos cromatográficos, tem como vantagens: a necessidade de pequena quantidade de amostra, permitir o uso, na fase estacionária, de partículas porosas menores ou iguais a 2 µm e pressões elevadas, ser rápida, exigir baixo uso de solventes e apresentar alta eficiência, resolução e detectabilidade (MALDANER; JARDIM, 2009; 2012)

Acoplado a UPLC, atualmente, tem sido muito utilizado o sistema de detecção espectrometria de massas, visto que possibilita maior exatidão, seletividade e detectabilidade (DIAS, 2014; MEIRA, 2015). O acoplamento da UPLC à espectrometria de massas tem favorecido a detecção de substâncias presentes em pequenas quantidades em amostras (ANDRADE, 2013).

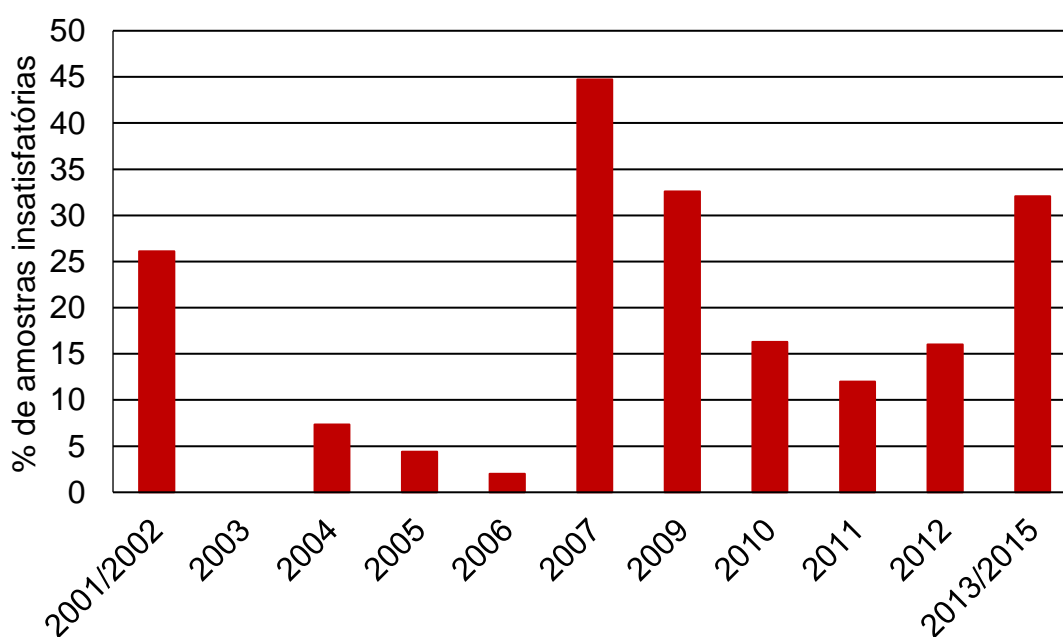
Kemmerich (2013) utilizou a UPLC-MS/MS para a determinação de 83 agrotóxicos em 20 amostras de pimentão. Já Schneider (2013) identificou e quantificou resíduos de cinco fármacos e onze agrotóxicos em águas superficiais e de abastecimento público, por meio da UPLC-MS/MS.

### 2.2.5 Ocorrência de agrotóxicos em tomate

A tomaticultura exige muitos cuidados, visto que é suscetível a mais de 200 pragas e doenças (BAI; LINDHOUT, 2007; BERGOUGNOUX, 2014). Para o controle dos agentes causadores de danos ao tomate, têm-se o emprego de agrotóxicos como um dos principais métodos utilizados.

Entre os anos de 2001 e 2015, o PARA tem evidenciado resultados insatisfatórios, quanto a presença de agrotóxicos em amostras de tomate (Figura 7). Os tomates analisados apresentaram concentrações de agrotóxicos acima dos LMR estabelecidos pela legislação brasileira, assim como, substâncias não autorizadas para a cultura (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; 2010; 2011b; 2013; 2014; 2016).

Figura 7 – Porcentagem de amostras de tomate com resultados insatisfatórios, durante o período de 2001 a 2015



Fonte: adaptado da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2008; 2010; 2011b; 2013; 2014; 2016).

Não se encontram listados nos relatórios do PARA os ingredientes ativos detectados nas amostras de tomate entre os anos de 2001 e 2007. O agrotóxico detectado com mais frequência, entre 2009 e 2012, nos tomates foi o acefato (organofosforado), enquanto que, no período de 2013 a 2015, foi o clorpirifós

(organofosforado) (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2010; 2011b; 2013; 2014; 2016).

Carvalho e Barbosa (2013) realizaram um levantamento dos resíduos de agrotóxicos organofosforados e ditiocarbamatos em tomates comercializados no estado de Minas Gerais, nos anos de 2006 a 2008. Aproximadamente, 66% das amostras de tomate apresentaram resíduos de ditiocarbamatos e/ou organofosforados (CARVALHO; BARBOSA, 2013). Das amostras que possuíam resíduos de agrotóxicos, menos de 10% continham concentrações acima do LMR (CARVALHO; BARBOSA, 2013). Durante os três anos de monitoramento, mais de 50% das amostras possuíam resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura (metamidofós e clorpirifos etil) (CARVALHO; BARBOSA, 2013).

Santos et al. (2015) constataram que, aproximadamente, 50% das amostras convencionais de tomate, comercializadas no estado do Espírito Santo, apresentavam irregularidades quanto a presença de agrotóxicos em concentrações acima do LMR e não autorizados para a cultura. Em relação as amostras orgânicas de tomate, em apenas uma foi detectada a presença de agrotóxicos (SANTOS et al., 2015).

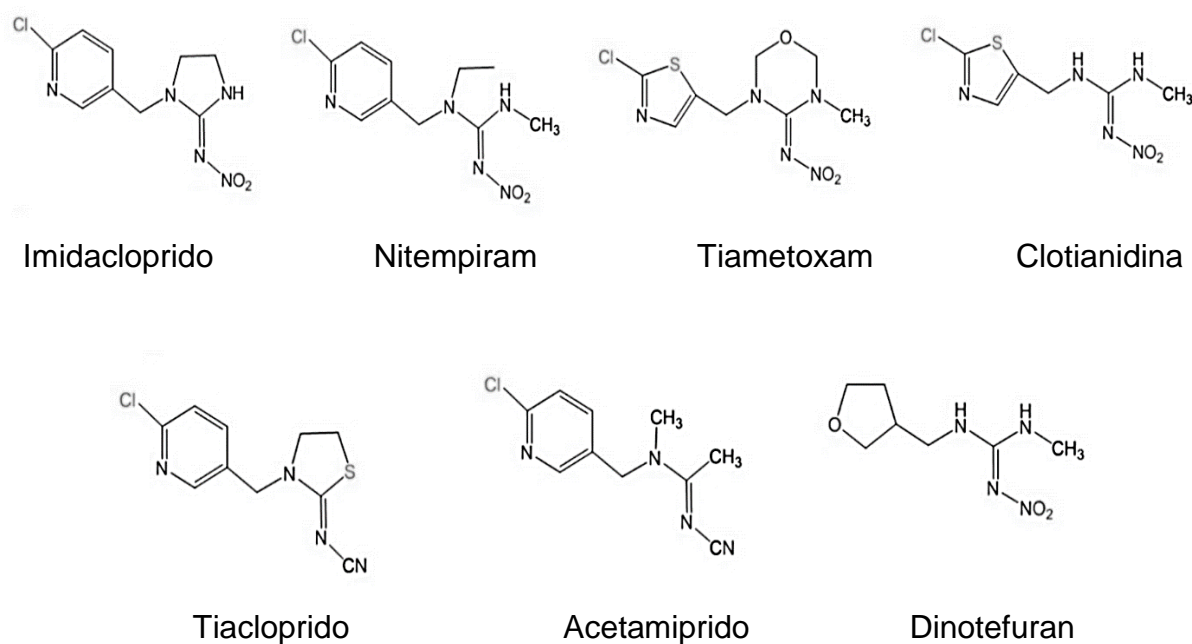
Estudos demonstram que os tomates disponíveis no comércio, no Brasil, não estão aptos para o consumo humano. Sabendo que a saúde da população é vulnerável aos efeitos dos agrotóxicos, é necessário que os órgãos reguladores e fiscais atuem de modo mais rígido para a garantia de tomates com qualidade para a ingestão. Para isso, devem ser desenvolvidas atividades voltadas a formação e conscientização dos agricultores, ao controle do comércio de agrotóxicos e incentivo à agricultura orgânica (GERAGE; MEIRA; SILVA, 2017).

### **2.2.6 Neonicotinóides**

Os neonicotinóides surgiram no fim da década de 1980 (SIMON-DELISO et al., 2015), sintetizados a partir da nicotina (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; PAVANI, 2016; RODRIGUES, 2011). Na figura 8 pode-se visualizar as substâncias classificadas como neonicotinóides.



Figura 8 – Nome comum e a estrutura química dos agrotóxicos neonicotinóides



Fonte: (SIMON-DELSO et al., 2015).

Atualmente, o uso dos agrotóxicos neonicotinóides é amplo em todo o mundo (BONMATIN et al., 2015), assim como, quando lançados no mercado agrícola (SIMON-DELSO et al., 2015). No início da comercialização, a alta aceitabilidade dos compostos neonicotinóides, pelos produtores rurais, se deu pelo desconhecimento da resistência das pragas-alvo aos mesmos, por apresentarem características físicas e químicas mais vantajosas do que os outros agrotóxicos e serem pouco tóxicos para o homem (SIMON-DELSO et al., 2015).

Os neonicotinóides é uma classe de agrotóxicos com função inseticida e modo de ação sistêmico (BONMATIN et al., 2015; BOVI, 2013; SIMON-DELSO et al., 2015). Ao serem aplicados sobre as plantas, os neonicotinóides são absorvidos pelas folhas e se deslocam ao longo das mesmas através da seiva (BONMATIN et al., 2015; SIMON-DELSO et al., 2015).

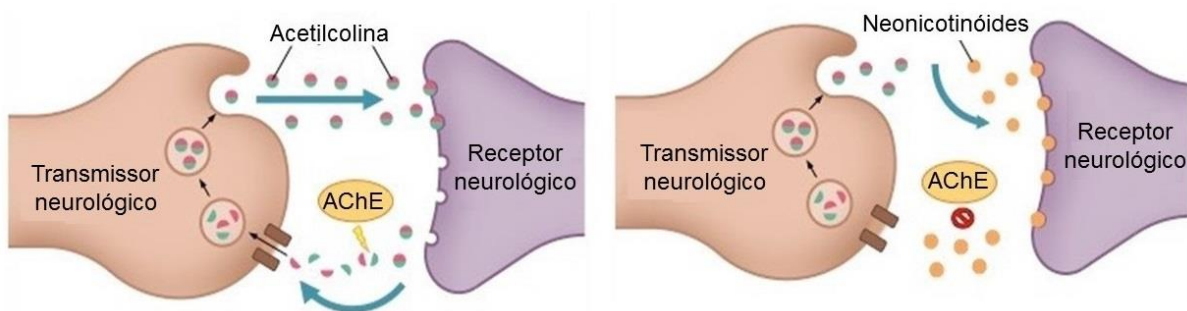
Dentre as principais características dos neonicotinóides está a alta hidrossolubilidade (BONMATIN et al., 2015; MORRISSEY et al., 2015; SIMON-DELSO et al., 2015). Contudo, a capacidade de interação dos neonicotinóides com a água é influenciada pela temperatura e pelo pH da mesma (BONMATIN et al., 2015). Em meios com pH neutro ou ácido, os neonicotinóides mantem-se estáveis a hidrólise,

assim como, no solo (MORRISSEY et al., 2015), onde podem permanecer por anos (BONMATIN et al., 2015).

Em relação à toxicidade, os agrotóxicos neonicotinóides são altamente tóxicos para os insetos (BONMATIN et al., 2015). Além de controlar as pragas-alvo, há evidências de que abelhas, aves e peixes, organismos não-alvos, tem sido dizimados após entrarem em contato com os neonicotinóides (PAVANI, 2016; SIMON-DELSO et al., 2015). No que se refere aos danos causados ao ser humano, são pouco estudados os efeitos patogênicos, porém, segundo Pavani (2016), os neonicotinóides podem desencadear o câncer.

Nos insetos e no ser humano, os neonicotinóides exercem efeito neurotóxico interferindo na transmissão dos impulsos nervosos. Entre o transmissor e o receptor neurológico há uma fenda denominada de sinapse (PAVANI, 2016). Através da sinapse o impulso nervoso é transmitido de um neurônio para o outro, porém para que isso ocorra é necessária a liberação do neurotransmissor excitatório acetilcolina (ACh) da membrana pré-sináptica (Figura 9).

Figura 9 – Transmissão normal do impulso nervoso e a atuação dos neonicotinóides sobre o receptor neurológico, respectivamente

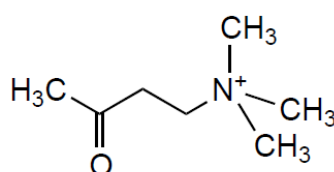


Fonte: adaptado do Bioninja (2017).

Apesar de apresentarem estruturas químicas distintas da ACh (Figura 10), os neonicotinóides imitam a ação do neurotransmissor, competindo com o mesmo pelo receptor nicotínico, presente na membrana pós-sináptica dos vertebrados e invertebrados (Figura 9) (BOVI, 2013; CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; MORRISSEY et al., 2015; PAVANI, 2016; SIMON-DELSO et al., 2015). O impedimento da ligação da ACh ao receptor neurológico leva

ao seu acúmulo na sinapse nervosa (RODRIGUES, 2011). A ligação dos neonicotinóides ao receptor nicotínico, apesar de não ser relatado o tempo de duração, é considerada prolongada, o que provoca a hiperexcitabilidade do sistema nervoso central (ALONZO; CORRÊA, 2014), além de perda da coordenação motora, tremores, convulsões, redução da temperatura corporal e morte (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; PAVANI, 2016).

Figura 10 – Estrutura química do neurotransmissor excitatório acetilcolina



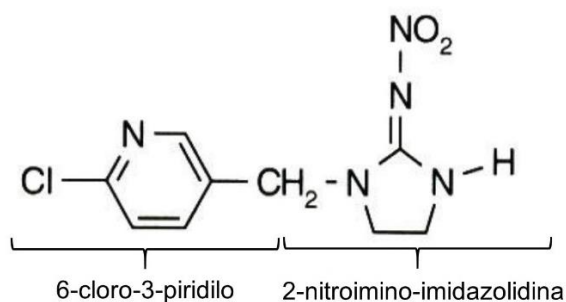
Fonte: (MATSUDA et al., 2001).

No homem, a absorção dos agrotóxicos neonicotinóides no corpo se dá, principalmente, através do trato gastrointestinal, onde pode chegar a 92% (PAVANI, 2016). O pico plasmático dos neonicotinóides se dá em, aproximadamente, 2,5 horas (PAVANI, 2016). Ao chegarem no fígado, os neonicotinóides sofrem transformações por oxidação, conjugação e hidroxilação (PAVANI, 2016), o que resulta na formação de vários metabólitos (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006). Os produtos gerados, a partir dos agrotóxicos neonicotinóides, no fígado são excretados, principalmente, pelos rins (PAVANI, 2016).

### 2.2.7 Imidacloprido

O imidacloprido (1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine) é um agrotóxico neonicotinóide desenvolvido a partir da união dos grupos 6-cloro-3-piridilo e 2-nitroimino-imidazolidina, por meio de um grupo metil (MATSUDA et al., 2001), conforme a figura 11.

Figura 11 – Estrutura química do imidacloprido



Fonte: adaptado de Matsuda et al. (2001).

A partir do lançamento no mercado mundial, em 1992, o imidacloprido passou a ser considerado um dos agrotóxicos mais empregados na agricultura (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; MATSUDA et al., 2001). Com o elevado uso do imidacloprido no setor agrícola, houve a motivação para o desenvolvimento dos agrotóxicos neonicotinóides nitempiram, tiametoxam, clotianidina, tiaclorprido, acetamiprido e dinotefuran (MORRISSEY et al., 2015).

Devido exercer a função de inseticida (CHEMICAL SAFETY INFORMATION FROM INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS, 2001; MATSUDA et al., 2001), o imidacloprido é utilizado no tratamento de sementes, folhas e caule das plantas e solo (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003; TOMLIN, 2003). No Brasil, o uso do imidacloprido é permitido em uma ampla gama de culturas agrícolas, tais como, abacaxi, abóbora, abobrinha, alface, algodão, alho, almeirão, amendoim, arroz, aveia, banana, batata, berinjela, brócolis, café, cana-de-açúcar, cebola, cenoura, cevada, chicória, citros, couve, couve-flor, crisântemo, eucalipto, feijão, fumo, gérbera, girassol, goiaba, jiló, mamão, mamona, manga, maracujá, melancia, melão, milho, palma forrageira, pastagens, pepino, pêssego, pimentão, pinus, poinsétia, repolho, soja, sorgo, tomate, trigo e uva (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003). Contudo, após a aspersão do imidacloprido nas plantas, o agricultor deve respeitar o intervalo de segurança antes da colheita. De acordo com Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2003), conforme a planta em que foi aplicado o imidacloprido, o LMR deve ser entre 0,01 a 2,00 mg kg<sup>-1</sup>. A permanência e estabilidade do imidacloprido no meio ambiente é influenciada pelas

suas características físico e químicas (Tabela 4), assim como, pelas do local em que se encontra.

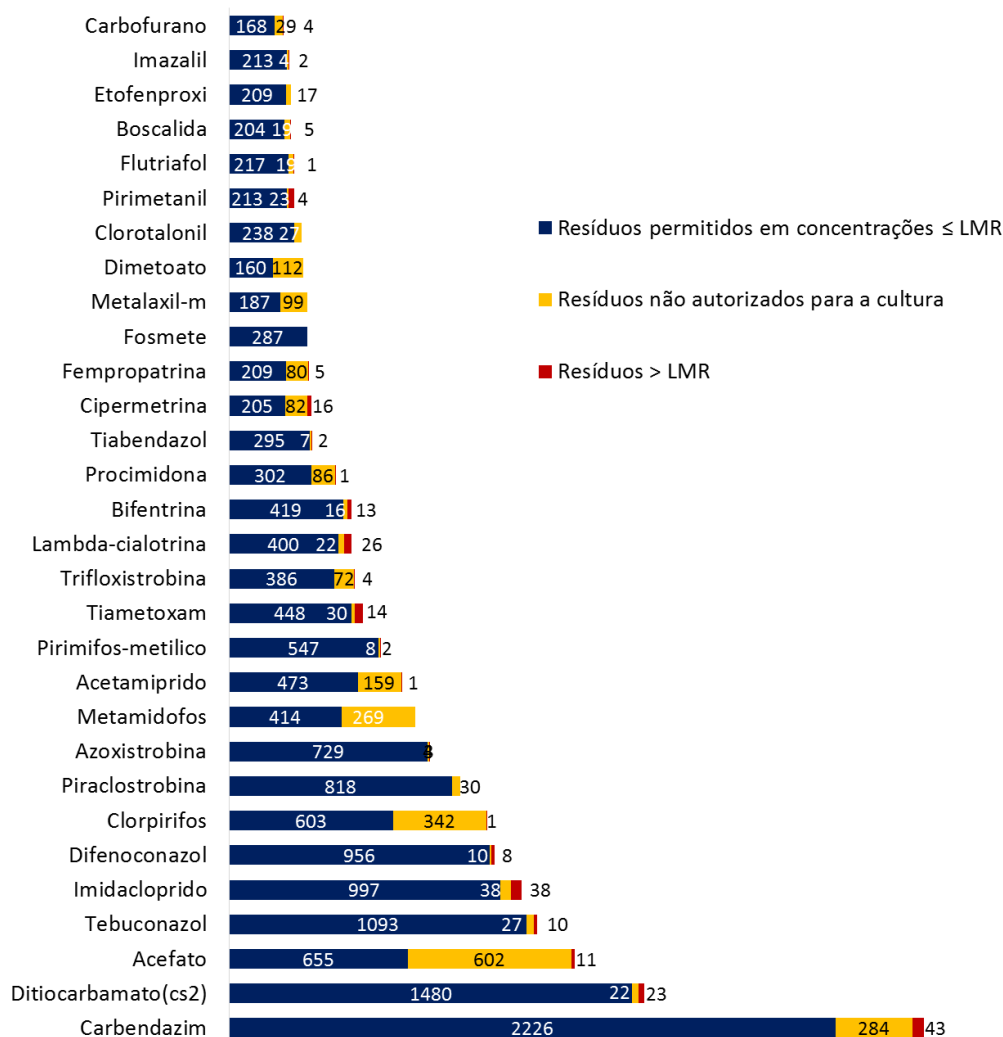
Tabela 4 – Características físicas e químicas do imidacloprido

Fórmula molecular	$C_9H_{10}ClN_5O_2$
Massa molecular	255,66 g Mol <sup>-1</sup>
Aparência física	Pó amarelo claro
Densidade	1,54 g cm <sup>-3</sup> (23 °C)
Estabilidade	Estável em pH 5-11
Solubilidade	Diclorometano (67 g/L), isopropanol (2,3 g/L), tolueno (0,69 g/L) e n-hexano (<0,1 g/L)
Solubilidade em água	0,58 g L <sup>-1</sup> (20 °C)
Pressão de vapor	1,5 x 10 <sup>-9</sup> mmHg (20 °C)
Ponto de fusão	120-144 °C
Constante da Lei de Henry (KH)	2 x 10 <sup>-10</sup> Pa m <sup>3</sup> Mol <sup>-1</sup> (20 °C)
Coeficiente de partição octanol-água (K <sub>ow</sub> logP)	0,57 (21 °C)

Fonte: adaptado de California Environmental Protection Agency (2006), National Center for Biotechnology Information (2005) e Tomlin (2003).

Conforme resultados do PARA (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2016), no período de 2013 a 2015, o imidacloprido, após o carbendazim, foi o agrotóxico detectado com mais frequência em alimentos, os quais apresentaram concentrações dessa substância acima do LMR permitido no Brasil (Figura 12).

Figura 12 – Agrotóxicos com maior número de detecções no período de 2013 a 2015



Fonte: (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2016).

Em relação a toxicidade, o imidacloprido pertence à classe toxicológica III e é mediamente tóxico para a saúde do homem e o meio ambiente (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003). Assim como os demais agrotóxicos neonicotinóides, o imidacloprido possui efeito neurotóxico, o qual é mais acentuado sobre os insetos do que sobre os mamíferos (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; SIMON-DELSO et al., 2015). O imidacloprido imita a ação do neurotransmissor acetilcolina, competindo com o mesmo pelo receptor nicotínico, presente na membrana pós-sináptica (Figura 9) (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; CHEMICAL SAFETY INFORMATION FROM INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS, 2001). A

ligação dos neonicotinóides ao receptor nicotínico, apesar de não ser relatado o tempo de duração, é considerada prolongada, o que provoca a hiperexcitabilidade do sistema nervoso central (ALONZO; CORRÊA, 2014), além de perda da coordenação motora, tremores, convulsões, redução da temperatura corporal e morte (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006; PAVANI, 2016). Para o ser humano, não há relatos da existência de um antídoto capaz de reverter o quadro clínico desencadeado pelo imidacloprido (CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

A absorção do imidacloprido, no homem, se dá, principalmente, pelo trato gastrointestinal, onde pode chegar a 92% (CHEMICAL SAFETY INFORMATION FROM INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS, 2001; PAVANI, 2016). Já a eliminação do imidacloprido ocorre, principalmente, através dos rins (75%), após 48 horas da ingestão (CHEMICAL SAFETY INFORMATION FROM INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS, 2001).

### 2.3 INGESTÃO DIÁRIA ESTIMADA

Nos alimentos pode-se encontrar diversas substâncias químicas como, por exemplo, os agrotóxicos. A toxicidade e o elevado uso de agrotóxicos no setor agrícola preocupam a população, visto que os resíduos dessas substâncias podem permanecer nos alimentos (CASTRO; ANJOS; QUINTEIRO, 2010). A exposição humana aos agrotóxicos representa um risco à saúde do homem e, por isso, a sua estimativa é importante. A determinação da exposição humana aos agrotóxicos, por meio da dieta, pode ser estabelecida através da IDE, a qual depende da concentração da substância no alimento ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), do consumo alimentar (kg) e do peso corporal (kg) (Fórmula 1) (JARDIM; CALDAS, 2009).

Fórmula 1 – Equação para a determinação da ingestão diária estimada

$$\text{IDE} = \frac{\text{Concentração da substância X Consumo do alimento}}{\text{Peso corporal}} \quad (1)$$

Fonte: (JARDIM; CALDAS, 2009).

## 2.4 LAVAGEM COMO MÉTODO DE DESCONTAMINAÇÃO DE TOMATES CONTENDO RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS

A lavagem e a sanitização são técnicas utilizadas pela população com o intuito de remover sujidades presentes em frutas e verduras (TOMER; SANCHES, 2013) e, conseqüentemente, prevenir as patologias desencadeadas por agentes biológicos (ROCHA; GONÇALVES; FARIA, 2010). No entanto, estudos demonstram que lavar e sanitizar os vegetais também colabora para a redução das concentrações de resíduos de agrotóxicos presentes em diferentes matrizes alimentícias (AL-AMIR et al. 2015; ALVES et al., 2010; ANDRADE et al., 2015; HARINATHAREDDY; PRASAD; DEVI, 2014; HARINATHAREDDY et al., 2015; KIN; HUAT, 2010; RADWAN et al., 2005; ROCHA; GONÇALVES; FARIA, 2010; SOLIMAN, 2001; ZHANG; LIU; HONG, 2007; ZOHAIR, 2001).

Conforme os resultados do PARA, entre os anos de 2001 e 2015, o tomate apresentou concentrações de agrotóxicos acima dos LMR estabelecidos pela legislação brasileira, assim como, compostos não autorizados para a cultura (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008; 2010; 2011b; 2013; 2014; 2016). Devido o tomate ser um dos alimentos que frequentemente tem apresentado resíduos de agrotóxicos, estudos foram desenvolvidos com o objetivo de reduzir as concentrações destas substâncias no fruto (ABOU-ARAB, 1999; AL-AMIR et al., 2015; ALVES et al., 2010; ANDRADE et al., 2015; HARINATHAREDDY; PRASAD; DEVI, 2014).

Abou-Arab (1999) verificou a eficiência da água e das soluções de ácido acético a 2, 4, 6, 8 e 10% e cloreto de sódio a 2, 4, 6, 8 e 10% na remoção de resíduos de agrotóxicos organoclorados (hexacloro-benzeno, lindano e 1,1,1-tri-cloro-2,2-bis (p-clorofenil) etano (p,p-DDT)) e organofosforados (dimetoato, pirimifós-metil e profenofós) presentes em tomates. Lavar os tomates, por 30 minutos, com a solução de ácido acético a 10% demonstrou ser o método mais efetivo na redução das concentrações de pirimifós-metil (93,70%), dimetoato (91,50%), profenofós (86,80%), hexacloro-benzeno (51,30%), lindano (47,00%) e p,p-DDT (33,70%) (ABOU-ARAB, 1999).

Al-Amir et al. (2015) estudaram os efeitos da água e das soluções de ácido acético a 5%, hipoclorito de sódio a 5%, permanganato de potássio a 0,01% e Hulasan® sobre resíduos de imidacloprido (neonicotinóide), fenitrotiona e malationa



(organofosforados) em tomate. A solução de ácido acético a 5% foi a mais eficaz na redução dos resíduos de fenitrotiona (74,11%), enquanto que a Hula-san® removeu maiores concentrações de malationa (85,51%) e imidacloprido (78,36%) (AL-AMIR et al., 2015).

Na pesquisa de Alves et al. (2010) foram utilizadas a água e as soluções de ácido acético a 10%, dicloroisocianurato de sódio desidratado a 3% e bicarbonato de sódio a 10% para a descontaminação de tomates de mesa que continham resíduos de mancozeb (ditiocarbamato). O mancozeb demonstrou ser hidrossolúvel (48,40%), após a imersão dos tomates por 10 minutos, enquanto que as demais soluções testadas por Alves et al. (2010) promoveram reduções abaixo de 40% nas concentrações do agrotóxico.

Andrade et al. (2015) avaliaram a descontaminação de tomates, contendo resíduos de agrotóxicos por meio da imersão dos frutos, durante 20 minutos, em soluções de lavagem. A água promoveu a redução de diflubenzurom (74,30%), azoxistrobina (72,54%) e fipronil (8,87%) (ANDRADE et al., 2015). Já a solução de ácido acético a 10% removeu os agrotóxicos acetamiprido (92,58%), imidacloprido (70,51%) e procimidona (43,47%) (ANDRADE et al., 2015).

Harinathareddy, Prasad e Devi (2014) constataram que a imersão de tomates, por 10 minutos, na solução de sal a 2% removeu os resíduos dos organofosforados clorpirifós (78,70%) e triazinfós (69,80%) e do piretróide lambda-cialotrina (58,50%). Já a solução de ácido acético a 5% reduziu 74,11% da concentração do organofosforado malationa.

## 2.5 MATERIAIS EDUCATIVOS

Os materiais educativos como, por exemplo, a cartilha, consistem em recursos que favorecem a disseminação, entre a população, de informações sobre um dado assunto (MOREIRA; NÓBREGA; SILVA, 2003). Contudo, o material escrito é efetivo quando consegue satisfazer as necessidades do leitor (MOREIRA; NÓBREGA; SILVA, 2003). Para isso, o indivíduo que acessa o material educativo deve ter a sua atenção atraída e preservada para o conteúdo presente no mesmo, além de se sentir motivado a exercer a sua autonomia e a desenvolver as suas capacidades (MOREIRA; NÓBREGA; SILVA, 2003). Segundo Moreira, Nóbrega e Silva (2003), o

*layout*, o *design*, as ilustrações e a forma de escrita são itens essenciais do material educativo para a aceitabilidade e compressão do que é proposto ao leitor.

Comumente, a população tem acesso aos materiais educativos por intermédio de instituições e/ou profissionais da saúde, para o incentivo ao autocuidado. Além de divulgar cuidados voltados à promoção da saúde e à prevenção de doenças, os materiais educativos podem ser utilizados por outras áreas de formação para a divulgação à população de conhecimentos gerados a partir de estudos em universidades.

### **3 ARTIGO CIENTÍFICO**

#### **3.1 MANUSCRITO**

O manuscrito intitulado “*Avaliação de soluções de lavagem sobre resíduos de imidacloprido em tomates*” apresenta os resultados da presente dissertação. O artigo encontra-se sob revisão dos autores e, por isso, está passível de alterações. A estrutura do artigo segue as normas de publicação da revista Food Control (Anexo A), periódico no qual será submetido.

## **AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE LAVAGEM SOBRE RESÍDUOS DE IMIDACLOPRIDO EM TOMATES**

Anelise PIGATTO BISSACOTTI<sup>a</sup>, Patrícia Medianeira GRIGOLETTO LONDERO<sup>b</sup>,  
Ijoni Hilda COSTABEBER<sup>a,c\*</sup>

<sup>a</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil. CEP: 97105-900. E-mail: anelisebissacotti@yahoo.com.

<sup>b</sup> Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil. CEP: 97105-900. E-mail: patricialondero@yahoo.com.br.

<sup>c</sup> Departamento de Morfologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Maria, Camobi, Santa Maria, RS, Brasil. CEP: 97105-900.

\* Corresponding author: Tel. Phone: +55 55 3220 9375. FAX: +55 55 3220 8494

E-mail address: ijonicostabeber@gmail.br (I. Costabeber).

## Resumo

O tomate é suscetível a muitas pragas e doenças, sendo o uso de agrotóxicos um dos métodos empregados para o controle deste problema. Dentre os agrotóxicos permitidos no cultivo do tomate está o inseticida imidacloprido, que pode causar danos à saúde do homem. Objetivou-se avaliar a descontaminação de tomates contendo resíduos de imidacloprido por meio de diferentes soluções de lavagem utilizadas para a limpeza e higienização de alimentos, além de determinar a ingestão diária estimada deste agrotóxico. Testou-se a lavagem de tomates com água de torneira e as soluções de ácido acético a 5, 10 e 15%, clorada a 100, 150 e 200 ppm, de bicarbonato de sódio a 5, 10 e 15% e de suco de limão a 5, 10 e 15%, seguidas de enxágue com água corrente. As lavagens foram realizadas em triplicata. A extração e a determinação de imidacloprido foram realizadas pelo método Mini-Luke modificado e cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a espectrometria de massas (UPLC-MS/MS), respectivamente. Determinou-se o pH das soluções, a composição física e química das amostras de tomate, assim como a ingestão diária estimada. O tratamento estatístico dos dados foi feito através da análise de variância e teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. A lavagem com água foi o método mais efetivo na redução de imidacloprido das amostras. Considerando as diferentes soluções testadas, não ocorreram diminuições nas concentrações de imidacloprido à medida que se aumentou a concentração das mesmas. Os teores de umidade, acidez e sólidos solúveis totais presentes nos tomates antes e após as lavagens não diferiram significativamente. O pH das soluções não interferiu no pH dos tomates. A relação sólidos solúveis totais e acidez demonstrou que os tomates estavam adequados ao padrão de qualidade para o consumo. Os valores determinados para a ingestão diária estimada estavam abaixo daqueles da ingestão diária aceitável. Lavar o tomate com água de torneira demonstrou ser uma ferramenta capaz de contribuir para a redução da exposição do ser humano ao imidacloprido.

*Palavras-chave:* *Lycopersicon esculentum* Mill., agrotóxicos, lavagens, ingestão

## 1 Introdução

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) originou-se na região andina da América do Sul (Naika, Jeude, Goffau, Hilmi & Dam, 2006). Nutricionalmente completo, este fruto caracteriza-se por ser fonte de água, açúcares, ácidos, vitaminas, sais minerais, aminoácidos, fibras e licopeno (Monteiro, Balbi, Miguel, Penteadó & Haracemiv, 2008; Naika, Jeude,

Goffau, Hilmi & Dam, 2006). Em função da sua composição, o tomate está presente diariamente na alimentação dos brasileiros (Ferreira et al., 2010), o que tem colaborado para a elevada produção do fruto no Brasil. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018), em 2017, a tomaticultura no país gerou 4.373.047 toneladas do fruto.

Devido o tomate apresentar alta suscetibilidade à pragas e doenças (Filgueira, 2003), o uso de agrotóxicos durante o seu cultivo tem sido um dos métodos empregados para o controle deste problema. No entanto, quando as Boas Práticas Agrícolas não são seguidas, resíduos de agrotóxicos podem permanecer no tomate, o que expõem a saúde da população ao risco de contaminação química.

Dentre os agrotóxicos autorizados na cultura do tomate está o imidacloprido, inseticida neonicotinóide, de uso foliar (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003). Porém, apesar de garantir proteção à planta, possui efeito oncogênico, neurotóxico e antagonista do neurotransmissor excitatório acetilcolina em animais (*California Environmental Protection Agency*, 2006). Conforme os resultados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2016), o imidacloprido, após o acefato, foi o agrotóxico com maior número de detecções em tomates, no período de 2013 a 2015, no Brasil.

Esta situação demonstra a necessidade de se explorar estratégias capazes de reduzir a exposição alimentar aos agrotóxicos. No entanto, as estratégias utilizadas devem ser eficientes na redução ou, até mesmo, na eliminação dessas substâncias e, ao mesmo tempo, serem acessíveis à população.

Segundo Kin & Huat (2010), a lavagem é a técnica mais comum e simples de limpar os alimentos, contudo, o seu uso não se restringe a esta função. Estudos confirmam que a lavagem também pode ser empregada para a redução das concentrações de vários agrotóxicos presentes em diferentes matrizes alimentícias (Al-Amir, Osama, Abu-Baker & Al-Mahout, 2015; Alves et al., 2010; Andrade et al., 2015; Cabrera et al., 2014; Harinathareddy, Prasad & Devi, 2014; Harinathareddy, Prasad, Devi, Raveendranath & Ramesh, 2015; Kin & Huat, 2010; Radwan, Abu-Elamayem, Shiboob & Abdel-Aal, 2005; Rocha, Gonçalves & Faria, 2010; Soliman, 2001; Zhang, Liu & Hong, 2007; Zohair, 2001). Cabrera et al. (2014) sugerem que a lavagem dos alimentos, com este mesmo intuito, pode ser feita apenas com água de torneira ou, ainda, utilizando-se soluções de cloreto de sódio, carbonato de sódio, hipoclorito de sódio, vinagre ou detergente.

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a descontaminação de tomates contendo resíduos de imidacloprido por meio de diferentes soluções de lavagem

utilizadas para a limpeza e a higienização de alimentos, além de determinar a ingestão diária estimada deste agrotóxico.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Materiais

#### 2.1.1 Amostras

Adquiriu-se de um agricultor 42 kg de tomate tipo longa vida. Da entrega até o momento das análises, os tomates foram mantidos em embalagens de papel e sob refrigeração.

#### 2.1.2 Soluções para a lavagem das amostras

Para o preparo das soluções de lavagem, foram adquiridos no comércio local de Santa Maria (Rio Grande do Sul, Brasil), água sanitária, bicarbonato de sódio, limão galego (*Citrus aurantifolia*) e vinagre de vinho tinto. A água potável utilizada era proveniente da rede de abastecimento local.

#### 2.1.3 Materiais de referência

Foram utilizados os materiais de referência sólidos de agrotóxicos acetamiprido, acetocloro, acrinatrina, aldicarbe sulfona, aldicarbe sulfóxido, atrazina, azametifós, azinfós etílico, benfuracarbe, bifenazato, bifentrina, bitertanol, boscalida, bromuconazol, bupirimato, buprofezina, cadusafós, carbendazim, carbofurano, carbosulfano, carpropamida, ciazofamida, cifenotrina, cipermetrina, ciproconazol, ciprodinil, clofentezina, clorfenvinfós, clorpirifós, clorpirifós metílico, clotianidina, cresoxim metílico, deltametrina, demeton-S-metil sulfona, diazinona, diclofuanida, diclorvós, dietofencarbe, difenoconazol, diflubenzurom, dimetoato, dimetomorfe, diniconazol, diurom, DMSA, DMST, EPN, epoxiconazol, espinosade, espiroclorfenol, espiromesifeno, espiroxamina, etiona, etirimol, etofenproxi, etoprofós, etoxazol, famoxadona, fembuconazol, fenamidona, fenamifós, fenarimol, fenazaquim, fenexamida, fenobucarbe, fenotrina, fenoxicarbe, fenpiroximato, fenpropatrina, fenpropimorfe, fensulfotona, fentiona, fentiona sulfóxido, fentoato, fenvalerato, fluazifope butílico, flucitrinato, fludioxonil, flufenoxurom, fluquinconazol, flusilazol, flutolanil, flutriafol, fosadona, fosmete, fostiazato, furalaxil, furatiocarbe, halofenozida, haloxifope-2-etoxietil hexaconazol, hexitiazoxi, imazalil, imazapique, imidacloprido, indoxacarbe, iprovalicarbe, isoxaflutol, linurom, lufenurom, mecarbam; mepanipirim, metalaxil; metamidofós, metconazol,

metidationa, metiocarbe, metiocarbe sulfona, metiocarbe sulfóxido, metoxifenoazida, miclobutanil, monocrotofós, nitempiram, ofurace, ometoato, oxadixil, oxamil, paclobutrazol, pencicuron, penconazol, pendimetalina, picoxistrobina, piperonil butóxido, piraclostrobina, pirazofós, piridabem, pirimetanil, pirimicarbe, pirimifós etílico, pirimifós metílico, piriproxifem, procloráz, profam, profenofós, prometrina, propamocarbe, propanil, propargito, propiconazol, propizamida, protiofós, protioconazol, quinoxifen, simazina, tau-fluvalinato, tebuconazol, tebufempirado, tebufenozida, teflubenzurom, terbutilazina, terbutrin, tetraclorvinfós, tetraconazol, tetrametrina, tiabendazol, tiacloprido, tiametoxam, tiodicarbe, tiofanato metílico, tolclorfós metílico, tolifluanida, triadimefom, triadimenol, triazofós, triclorfom, trifloxistrobina, triflumizol, triticonazol e zoxamida. Todos os padrões apresentavam pureza de 94 a 99% e foram fornecidos por Dr. Ehrenstorfer (Augsburg, Alemanha).

#### 2.1.4 Solventes e reagentes

Para a extração dos agrotóxicos das amostras fez-se o uso de acetona da Vetec (Rio de Janeiro, Brasil) e metanol da J. T. Baker Chemicals (*New Jersey*, Estados Unidos da América), todos grau resíduo. Já para as análises químicas utilizou-se solução de fenolftaleína e de hidróxido de sódio 0,1 Mol L<sup>-1</sup> da Companhia Neon (São Paulo, Brasil).

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Etapas de amostragem e lavagem

Inicialmente, os tomates foram distribuídos de forma aleatória em 14 grupos, de 1 kg cada (Figura 1). Um dos grupos foi denominado controle e os demais de grupos teste. Os tomates do grupo controle não foram submetidos às lavagens, enquanto que os grupos teste passaram pelas lavagens.

Procederam-se as lavagens com água e as soluções de ácido acético a 5, 10 e 15%, clorada a 100, 150 e 200 ppm, de bicarbonato de sódio a 5, 10 e 15% e de suco de limão a 5, 10 e 15%. As lavagens foram realizadas em triplicata.

Os tratamentos foram realizados em panela de alumínio, permanecendo os tomates imersos nas soluções por 15 minutos. Durante os tratamentos foi aferido o pH das soluções seguindo o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Posteriormente, sob água corrente, os tomates foram lavados por 15 segundos, com suave fricção das mãos.



### 2.2.2 Extração e determinação dos agrotóxicos

Os tomates, após serem submetidos às lavagens e a retirada dos pedúnculos, respectivamente, foram triturados em multiprocessador de alimentos.

As amostras foram acondicionadas em embalagens de alumínio e encaminhadas para a determinação dos agrotóxicos no Centro de Pesquisa e Análise de Resíduos e Contaminantes (CEPARC), o qual segue a norma NBR ISO/IEC 17025:2017.

A extração dos agrotóxicos foi realizada, em triplicata, através do método Mini-Luke modificado e validado por Dias et al. (2017). Sob as mesmas condições cromatográficas descritas pelos autores, determinaram-se os agrotóxicos e as suas concentrações nas amostras, por meio da cromatografia líquida de ultra eficiência acoplada a espectrometria de massas (UPLC-MS/MS) (Dias et al., 2017).

### 2.2.3 Análises químicas das amostras

O pH, a acidez titulável total e a relação sólidos solúveis totais e acidez total foram avaliados por meio de metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008). A umidade e os sólidos solúveis totais foram determinados de acordo com *Association of Official Analytical Chemists* (1995) e Borguini & Silva (2005), respectivamente.

### 2.2.4 Cálculo da ingestão diária estimada

A estimativa da exposição humana aos agrotóxicos foi realizada através do cálculo da Ingestão Diária Estimada (IDE), conforme a fórmula 1 (Jardim & Caldas, 2009). Para isso, consideraram-se as concentrações dos agrotóxicos antes e após a lavagem dos tomates e o consumo e o peso médio da população brasileira. Os dados populacionais foram obtidos a partir da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) do IBGE (2010a,b).

A IDE foi determinada para mulheres e homens, conforme segue: adolescentes com 10 a 18 anos, adultos de 19 a 64 anos e idosos com mais de 65 anos.

Os resultados foram comparados com a ingestão diária aceitável (IDA) para o Brasil (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003), os Estados Unidos (*California Environmental Protection Agency*, 2006), a Europa (*European Commission*, 2016) e o *Codex Alimentarius* (2001), sendo estes parâmetros considerados toxicologicamente seguros.

### 2.2.5 Análise estatística

Os resultados foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de significância. Para isso, utilizou-se o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS)® versão 22.

Quando detectadas concentrações de agrotóxicos abaixo do limite de quantificação (<LOQ), considerou-se  $\frac{1}{2}$  LOQ (Jardim & Caldas, 2009), sendo o LOQ igual a  $0,010 \text{ mg kg}^{-1}$ .

### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Agrotóxico detectado nas amostras de tomate

Após as análises das amostras por UPLC-MS/MS, verificou-se que o único agrotóxico presente nos tomates, em concentrações acima do LOQ, foi o imidacloprido, inseticida neonicotinóide. Em decorrência deste fato, restringiu-se o objetivo do estudo ao imidacloprido.

#### 3.2 Efeitos das lavagens sobre os resíduos de imidacloprido em tomate

Para a escolha das soluções de lavagem e de suas concentrações testadas tomou-se como base os estudos de Alves et al. (2010), Andrade et al. (2015), Kin & Huat (2010), Rocha, Gonçalves & Faria (2010) e Zohair (2001).

Conforme pode ser visto na Tabela 1, após a lavagem com as diferentes soluções, as concentrações de imidacloprido, detectados nas amostras de tomate, estavam abaixo do LMR aceitos no Brasil, na União Européia, nos Estados Unidos e pelo *Codex Alimentarius*. Esses resultados estão de acordo com o que foi verificado em publicações anteriores (Al-Amir, Osama, Abu-Baker & Al-Mahout, 2015; Andrade et al., 2015). No Brasil, na União Européia e para o *Codex Alimentarius*, o LMR para o imidacloprido é igual a  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003; *Codex Alimentarius*, 2001; *European Commission*, 2016) e nos Estados Unidos  $1 \text{ mg kg}^{-1}$  (*United States Department of Agriculture*, 2015).

Fez-se o agrupamento das concentrações de imidacloprido presentes nos tomates lavados com as soluções de ácido acético (5, 10 e 15%), clorada (100, 150 e 200 ppm), de bicarbonato de sódio (5, 10 e 15%) e de suco de limão (5, 10 e 15%). Ao relacionar os dados observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as concentrações de imidacloprido nos tomates lavados com a água e a solução de ácido acético (Tabela 1). O mesmo resultado foi obtido entre as concentrações do agrotóxico nos tomates lavados com as soluções de ácido acético e clorada, e entre aquelas presentes nos frutos submetidos à água e solução de ácido acético a 15%.

Por meio da Figura 2, constata-se que os tomates lavados com as soluções 4, 12 e 13 (ácidas) e 6, 7, 8, 9, 10 e 11 (alcalinas) apresentaram concentrações residuais de imidacloprido próximas.

A Figura 3 permite verificar que a imersão dos tomates em 1 L de água por 15 minutos foi o método mais efetivo e é o mais acessível, colaborando para uma diminuição de 84,50% de imidacloprido. Isso pode ser explicado pela alta hidrossolubilidade deste agrotóxico (Morrissey et al., 2015). No estudo de Al-Amir, Osama, Abu-Baker & Al-Mahout (2015) a água não foi o método mais eficiente na remoção de imidacloprido, porém a porcentagem de redução do agrotóxico foi elevada (70,90%).

Conforme Gomes, Alvarenga, Junior & Cenci (2005), o hipoclorito de sódio, em solução de 100 a 200 ppm, proporciona a sanitização de vegetais. As soluções cloradas a 100 e a 200 ppm promoveram maior redução na concentração de imidacloprido, quando comparadas a solução a 150 ppm, sendo igual para ambos os tratamentos (65,50%) (Figura 3). Em comparação ao estudo de Rocha, Gonçalves & Faria (2010), a solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm foi mais eficaz na redução de imidacloprido em tomate do que sobre o organofosforado metil paration em maçã (12,50%).

O suco de limão (1 unidade L<sup>-1</sup>) foi mais eficiente em tomates imersos por 10 minutos no estudo de Harinathareddy, Prasad & Devi (2014). Observou-se a redução de 72,30, 50,00 e 66,10% nas concentrações dos agrotóxicos organofosforados clorpirifós, malationa e triazofós, respectivamente, e 54,60% do piretróide lambida-cialotrina. Nesta pesquisa, a diminuição da concentração de imidacloprido promovida pelo suco de limão a 5 e a 10% foi de 48,30% (Figura 3). Resultados similares foram obtidos com soluções de bicarbonato de sódio a 5 e 15%.

As soluções de bicarbonato de sódio a 10%, ácido acético a 10% e clorada a 150 ppm demonstraram-se as menos eficientes na remoção de imidacloprido em tomate. Este resultado está em desacordo com o de Andrade et al. (2015). Os autores observaram que as soluções de vinagre a 10% (71,00%) e bicarbonato de sódio a 10% (62,00%) foram as mais eficientes.

Com relação a concentração das soluções, observou-se que não houve diminuição linear nas concentrações de imidacloprido à medida que se aumentou a concentração das soluções. O estudo comprova que é desnecessário o uso das soluções clorada a 200 ppm, de bicarbonato de sódio a 15% e de suco de limão a 10%, pois seu efeito sobre a remoção de imidacloprido é o mesmo promovido pelas soluções clorada a 100 ppm, de bicarbonato de sódio a 5% e de suco de limão a 5%, respectivamente.

Apesar da maioria dos tratamentos terem removido parcialmente os resíduos de imidacloprido nos tomates, identificou-se que as concentrações do agrotóxico nos frutos, após

a lavagem com as soluções de ácido acético a 5 e 15% e suco de limão a 15%, foram maiores que a concentração evidenciada nos tomates do grupo controle (Figura 3). Cada fruto, submetido a descontaminação, apesar de possuir a mesma procedência e ter sido cultivado sob as mesmas condições dos demais, pode apresentar características químicas e teores de imidacloprido diferentes.

### 3.3 Características físicas e químicas dos tomates e sua correlação com as concentrações de imidacloprido

Os resultados das análises físicas e químicas dos tomates podem ser visualizados na Tabela 2.

A umidade é um dado muito importante a ser avaliado nos alimentos, visto que influencia a estabilidade, qualidade e composição do mesmo (Cecchi, 2003). Em tomates, a umidade é o constituinte predominante (95,10%) (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentos & Universidade Estadual de Campinas, 2011). Observou-se que, em todas as amostras de tomate avaliadas, a umidade estava acima de 90%. Em contrapartida, Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv (2008) verificaram um teor de umidade de 85,10% em amostras de tomate tipo italiano. A porcentagem evidenciada pelos pesquisadores é muito baixa, se comparada às deste estudo e de outras pesquisas (Ferreira et al., 2010).

Outro parâmetro importante a ser avaliado em matrizes alimentícias é o pH. De acordo com Fabbri (2009) e Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv (2008), se o pH dos tomates for abaixo de 4,5 não há multiplicação microbiana nos frutos, os quais conservam-se por mais tempo (Nascimento et al., 2013). Sabe-se que o pH dos frutos é influenciado pelas condições de armazenamento do alimento como, por exemplo, a temperatura, umidade relativa do ar e atmosfera controlada e, principalmente, pelo estágio de maturação, ocorrendo sua redução à medida que o tomate amadurece (Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv, 2008). Ao atingir o ponto de maturação, o fruto passa a produzir ácidos orgânicos responsáveis pela redução do pH (Fabbri, 2009) e por alterações das características sensoriais (sabor, odor, gosto e cor), estabilidade e qualidade do alimento (Cecchi, 2003; Ferreira, 2004). Estes fatores podem ter contribuído para os resultados evidenciados neste estudo e nos de Alves et al. (2010), Borguini & Silva (2005), Ferreira et al. (2010), Guilherme, Pinho, Cavalcanti, Costa & Almeida (2014), José (2013), Nascimento et al. (2013) e Shirahige, Melo, Purquerio, Carvalho & Melo (2010). Todos os pesquisadores observaram pH fora da faixa ideal para o desenvolvimento de micro-organismos em tomates. Apenas os frutos tratados com a solução de bicarbonato de sódio a 10% apresentaram pH inferior a 4,5.

O pH das soluções de lavagem não interferiu sobre o pH dos tomates (Figura 4). Os tomates tratados com a solução de suco de limão a 15% apresentaram o pH mais elevado, apesar de terem sido expostos a solução com o menor pH.

Quanto a acidez titulável total (ATT) das amostras, não se identificou diferença significativa entre elas. Os resultados demonstraram-se menores que os das cultivares orgânicas de tomate de mesa analisadas por Nascimento et al. (2013).

Para Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv (2008), tomates com qualidade para o consumo apresentam acidez acima de 0,32%. Isto não foi observado apenas nos frutos submetidos à solução clorada a 200 ppm. Porém, ressalta-se que a preferência dos consumidores por tomates adocicados ou ácidos depende dos seus costumes alimentares (Nascimento et al., 2013).

Em relação ao teor de sólidos solúveis totais (SST), houve variação entre 4,00 e 5,17 °Brix, não havendo diferença significativa entre as amostras ( $p > 0,05$ ). A determinação dos teores de SST torna-se relevante devido influenciar sobre o sabor do fruto (Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv, 2008) e o rendimento industrial, o que o torna um indicador de qualidade (Shirahige, Melo, Purquerio, Carvalho & Melo, 2010).

Com o processo de amadurecimento do tomate, o teor de SST aumenta devido à biossíntese ou quebra de polissacarídeos em moléculas simples (Borguini & Silva, 2005). Por isso, o tomate deve ser colhido quando possuir um teor próximo ou acima de 5 °Brix (Filgueira, 2003). Isto pode ser observado em quase todos os grupos, com exceção das amostras de tomate controle e tratadas com as soluções de bicarbonato de sódio a 5 e 15% e clorada a 200 ppm. Nos estudos de Alves et al. (2010) (Cultivar Santa Clara), Borguini & Silva (2005) (Cultivar Carmen convencional e Débora convencional e orgânica), Guilherme, Pinho, Cavalcanti, Costa & Almeida (2014) (Cultivar Carolina e CH152) e José (2013) (Cereja) também foram evidenciadas amostras de tomate dentro da faixa ideal de SST recomendada por Filgueira (2003).

Tendo conhecimento dos teores de ATT e de SST presentes no tomate pode-se determinar a relação SST/ATT (°Brix/%) (Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv, 2008). Esta relação de parâmetros permite indicar o grau de maturação (Instituto Adolfo Lutz, 2008) e caracterizar o sabor e aroma do fruto (Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv, 2008), o que, por sua vez, interfere na aceitabilidade e no interesse do consumidor pelo produto (Nascimento et al., 2013).

Quando a relação SST/ATT gerar um valor acima de 10 °Brix/%, o tomate possuirá sabor suave, enquanto que, valores abaixo do valor de referência alertam para a alta

concentração de ácidos e, conseqüentemente, sabor desagradável (Ferreira, 2004, Monteiro, Balbi, Miguel, Penteado & Haracemiv, 2008). Sabendo disso, pode-se dizer que os tomates analisados, com relação SST/ATT variando entre 10,08 e 14,33, encontravam-se em diferentes estágios de maturação e possuíam sabor mais suave que os tomates do estudo de Nascimento et al. (2013).

A correlação entre os parâmetros físicos e químicos (umidade, pH, ATT e SST) e as concentrações de imidacloprido nas amostras de tomate pode ser vista na Figura 5, a qual demonstra que não houve relação linear entre os dados, ou seja, a variação das características físicas e químicas não é proporcional e não interfere sobre a variação das concentrações de imidacloprido.

### 3.4 Ingestão diária estimada

Com base nos dados da Tabela 3, pode-se dizer que os resultados de IDE são satisfatórios para todos os grupos avaliados, visto que estão muito abaixo da IDA de referência para o imidacloprido no Brasil ( $0,050 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso corpóreo por dia) (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2003), nos Estados Unidos ( $0,057 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso corpóreo por dia) (*California Environmental Protection Agency*, 2006), na Europa ( $0,060 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso corpóreo por dia) (*European Commission*, 2016) e pelo *Codex Alimentarius* (2001) ( $0,060 \text{ mg kg}^{-1}$  de peso corpóreo por dia). Assim, os tomates analisados podem ser considerados seguros para o consumo.

## 4 Conclusões

Lavar os tomates com água de torneira demonstrou ser uma ferramenta eficiente, além da mais acessível, na redução da exposição da população consumidora do fruto ao imidacloprido. Em contrapartida, as soluções de bicarbonato de sódio a 10%, ácido acético a 10% e clorada a 150 ppm foram as menos eficientes.

O aumento da concentração das soluções de lavagem não promoveu diminuição linear nas concentrações de imidacloprido nos tomates.

As soluções clorada a 100 ppm, de bicarbonato de sódio a 5% e suco de limão a 5% apresentaram o mesmo efeito que as soluções clorada a 200 ppm, de bicarbonato de sódio a 15% e suco de limão a 10%, respectivamente. Esta descoberta implica em maior praticidade e menores custos com a realização das lavagens.

Em relação as características físicas e químicas dos tomates, os teores de umidade, acidez e SST não diferiram significativamente. A correlação entres os parâmetros físicos e

químicos e as concentrações de imidacloprido nos tomates demonstrou que não há relação linear entre os dados.

As IDE determinadas para mulheres, homens, adolescentes, adultos e idosos brasileiros demonstraram-se abaixo das IDA. Dessa forma, os tomates empregados no estudo podem ser considerados seguros para o consumo humano.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

### **Referências**

Al-Amir, S. S., Osama, I. A., Abu-Baker, S. & Al-Mahout, F. A. (2015). Reduction of imidacloprid, fenitrothion and malathion residues from cucumber and tomatoes using washing solutions. *RJPBCS*, 6(5), 153-160.

Alves, M. R. R. et al. (2010). Efeito de soluções de enxágue na remoção de resíduos de mancozeb em tomates de mesa. *Pesq. Agropec. Trop.*, 40(1), 96-101.

Andrade, G. C. R. M. et al. (2015). Effects of types of washing and peeling in relation to pesticide residues in tomates. *J. Braz. Chem. Soc.*, 26(10), 1994-2002.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA): Relatório de análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015*. (2016). [http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+ PARA+ 2013-2015\\_ VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8](http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+ PARA+ 2013-2015_ VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8) Accessed 08.08.17.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Monografia do ingrediente ativo I13-Imidacloprido*. (2003). <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/I13%2B%2BImidacloprido.pdf/9d08c7e5-8979-4ee9-b76c-1092899514d7> Accessed 08.08.17.

Association of Official Analytical Chemists. (1995). *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. (16th ed.). Washington: DC.

Borguini, R. G. & Silva, M. V. da. (2005). Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. *Alim. Nutr.*, 16(4), 355-361.

Cabrera, L. da C. et al. (2014). Efeito do processamento industrial e doméstico de alimentos nos níveis de resíduos de agrotóxicos. *Vig. Sanit. Debate*, 2(4), 43-52.

California Environmental Protection Agency. *Imidacloprid – Risk characterization document dietary and drinking water exposure*. (2006). <http://www.cdpr.ca.gov/docs/risk/rcd/imidacloprid.pdf> Accessed 14.07.17.

Cecchi, H. M. (2003). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. (2th ed.). Campinas: Editora Unicamp.

Codex Alimentarius. *Imidacloprid*. (2001). [http://www.fao.org/fao-who-codex-alimentarius/standards/pestres/pesticide-detail/es/?p\\_id=206](http://www.fao.org/fao-who-codex-alimentarius/standards/pestres/pesticide-detail/es/?p_id=206) Accessed 13.09.17.

Dias, J. V. et al. (2017). New efficient approach for the NL-acetone extraction method for pesticide residue analysis in fruits and vegetables by LC- and GC-MS/MS. Latin American Pesticide Residue Workshop, San José, Costa Rica, May.

European Commission. *EU Pesticides Database: Imidacloprid*. (2016). <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public/?event=active-substance.detail&language=PT&selectedID=1473> Accessed 08.08.17.

Fabbri, A. D. T. (2009). Estudo da radiação ionizante em tomates *in natura* (*Lycopersicum esculentum* Mill) e no teor de licopeno do molho. PhD thesis, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Brasil.

Ferreira, S. M. R. (2004). Característica de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum* Mill) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba. PhD thesis, Universidade Federal do Paraná, Brasil.



Ferreira, S. M. R. et al. (2010). Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 30(1), 224-230.

Filgueira, F. A. R. (2003). *Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças*. (2th ed.). Viçosa: UFV.

Gomes, C. A. O., Alvarenga, A. L. B., Junior, M. F. & Cenci, S. A. (2005). *Hortaliças minimamente processadas*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.

Guilherme, D. de O., Pinho, L. de, Cavalcanti, T. F. M., Costa, C. A. da & Almeida, A. C. de. (2014). Análise sensorial e físico-química de frutos tomate cereja orgânicos. *Rev. Caatinga*, 27(1), 181-186.

Harinathareddy, A., Prasad, N. B. L. & Devi, K. L. (2014). Effect of household processing methods on the removal of pesticide residues in tomato vegetable. *J. Environ. Res. Develop*, 9(1), 50-57.

Harinathareddy, A., Prasad, N. B. L., Devi, K. L., Raveendranath, D. & Ramesh, B. (2015). Risk mitigation methods on the removal of pesticide residues in grapes fruits for food safety. *RJPBCS*, 6(2), 1568-1572.

Instituto Adolfo Lutz. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. (2018). [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/estProdAgr\\_201801.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201801.pdf) Accessed 13.03.18.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010a). *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010b). *Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.

Jardim, A. N. O. & Caldas, E. D. (2009). Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. *Quím. Nova*, 32(7), 1898-1909.

José, J. F. B. de S. (2013). Caracterização físico-química e microbiológica de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme) minimamente processado submetido a diferentes tratamentos de sanitização. PhD thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

Kin, C. M. & Huat, T. G. (2010). Headspace solid-phase microextraction for the evaluation of pesticide residue contents in cucumber and strawberry after washing treatment. *Food Chemistry*, 123(3), 760-764.

Monteiro, C. S., Balbi, M. E., Miguel, O. G., Penteado, P. T. P. da S. & Haracemiv, S. M. C. (2008). Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo Italiano”. *Alim. Nutr.*, 19(1), 25-31.

Morrissey, C. A. et al. (2015). Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review. *Environ. Int.*, 74, 291-303.

Naika, S., Jeude, J. v. L. de, Goffau, M. de, Hilmi, M. & Dam, B. v. (2006). *A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização*. Wageningen: Digigrafi.

Nascimento, A. dos R. et al. (2013). Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. *Hortic. bras.*, 3(4), 628-635.

Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação & Universidade Estadual de Campinas. (2011). *Tabela brasileira de composição de alimentos*. (4th ed.). Campinas: NEPA/UNICAMP.

Radwan, M. A., Abu-Elamayem, M. M., Shiboob, M. H. & Abdel-Aal, A. (2005). Residual behaviour of profenofos on some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and household processing. *Food Chem. Toxicol.*, 43(4), 553-557.

Rocha, T. M., Gonçalves, É. C. B. de A. & Faria, M. V. de C. (2010). Lavagem e sanitização em maçã (*Malus domestica* Borkh.) cultivar Royal Gala: avaliação na redução de pesticidas organofosforados. *Alim. Nutr.*, 21(4), 659-665.

Shirahige, F. H., Melo, A. M. T. de, Purquerio, L. F. V., Carvalho, C. R. L. & Melo, P. C. T. de. (2010). Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. *Hortic. Bras.*, 28(3), 292-298.

Soliman, K. M. (2001). Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. *Food Chem. Toxicol.*, 39(8), 887-891.

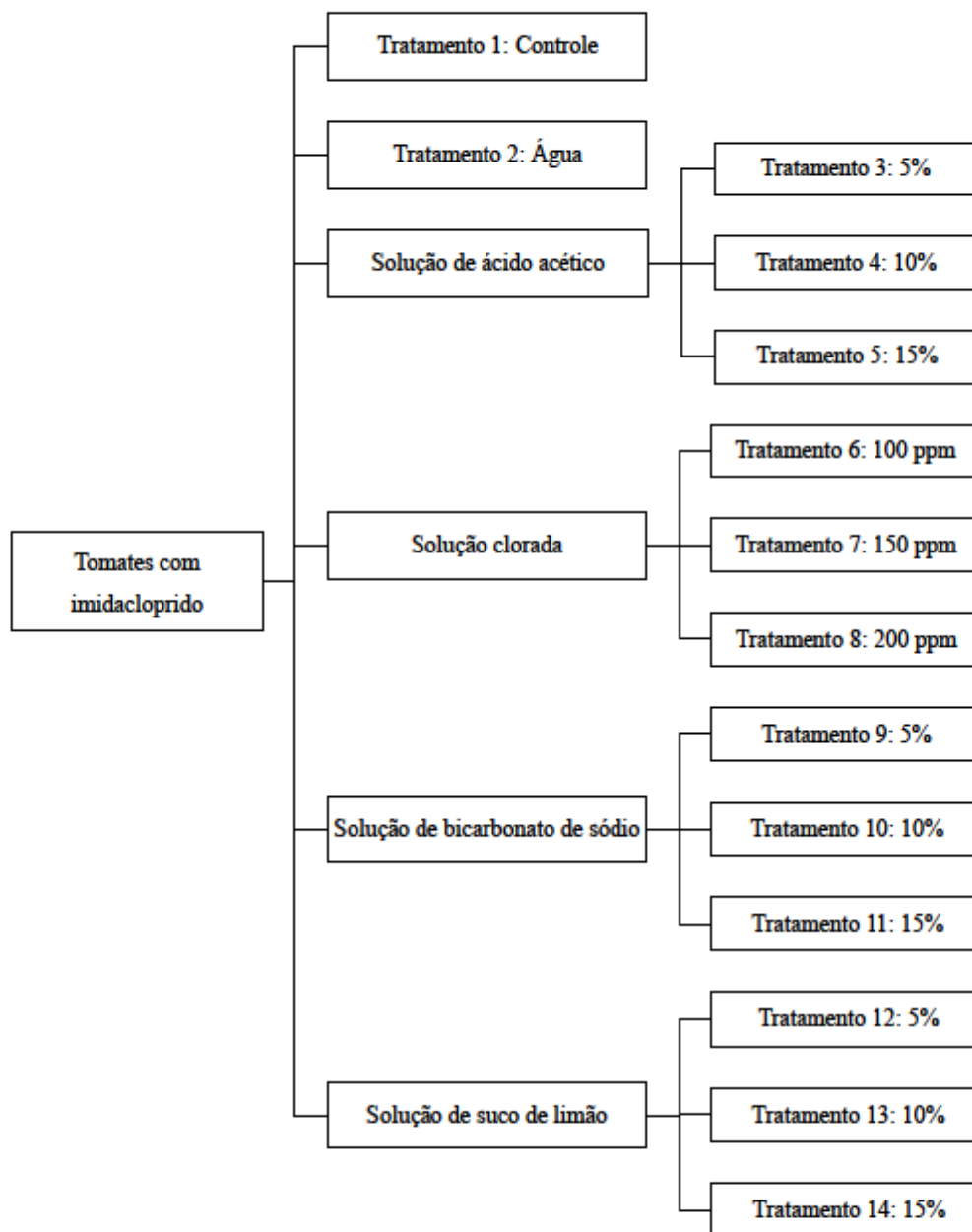
United States Department of Agriculture. *Pesticide Data Program: Annual Summary*. (2015). <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/2015PDPAnnualSummary.pdf> Accessed 13.09.17.

Zhang, Z.-Y., Liu, X.-J. & Hong, X.-Y. (2007). Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. *Food Control*, 18(12), 1484-1487.

Zohair, A. (2001). Behaviour of some organophosphorus and organochlorine pesticides in potatoes during soaking in different solutions. *Food Chem. Toxicol.*, 39(7), 751-755.

**Destaques**

- Água remove o imidacloprido.
- Tomate era seguro para o consumo.
- IDE foi adequada.



**Figura 1:** Fluxograma dos diferentes tratamentos (lavagens) empregados em tomates contendo resíduos do agrotóxico imidacloprido.

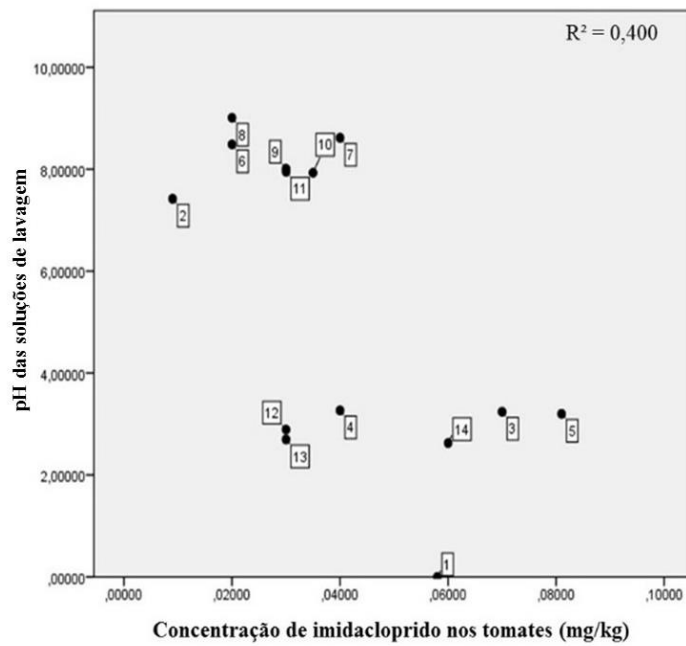
**Fórmula 1:** Fórmula para a determinação da ingestão diária estimada.

$$\text{IDE} = \text{concentração da substância (mg kg}^{-1}\text{)} \times \text{consumo do alimento (kg dia}^{-1}\text{)} / \text{peso corporal (kg)}$$

**Tabela 1:** Concentração de imidacloprido em tomates antes e após a submissão em tratamentos de lavagem (n=3).

<b>Grupo</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Média (mg kg<sup>-1</sup>) ± DP</b>	<b>Médias agrupadas (mg kg<sup>-1</sup>) ± DP</b>
1	Controle	0,058 ± 0,025	
2	Água	0,009 ± 0,007	
3	Solução de ácido acético a 5%	0,070 ± 0,035	
4	Solução de ácido acético a 10%	0,040 ± 0,022	0,064±0,021
5	Solução de ácido acético a 15%	0,081 ± 0,061	
6	Solução clorada 100 ppm	0,020 ± 0,019	
7	Solução clorada 150 ppm	0,040 ± 0,011	0,027±0,012
8	Solução clorada 200 ppm	0,020 ± 0,006	
9	Solução de bicarbonato de sódio a 5%	0,030 ± 0,029	
10	Solução de bicarbonato de sódio a 10%	0,035 ± 0,028	0,032±0,003
11	Solução de bicarbonato de sódio a 15%	0,030 ± 0,012	
12	Solução de suco de limão a 5%	0,030 ± 0,024	
13	Solução de suco de limão a 10%	0,030 ± 0,019	0,040±0,0017
14	Solução de suco de limão a 15%	0,060 ± 0,010	

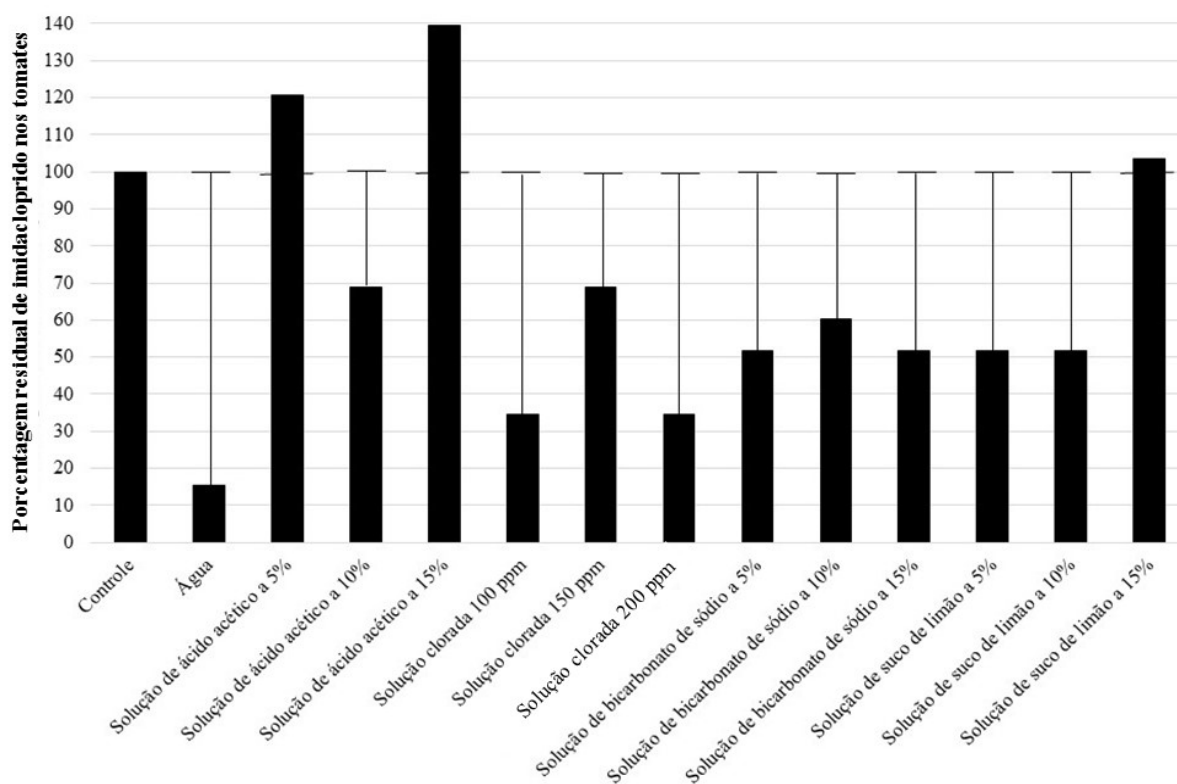
DP – desvio-padrão



1 – controle; 2 – água; 3 – solução de ácido acético a 5%; 4 – solução de ácido acético a 10%; 5 – solução de ácido acético a 15%; 6 – solução clorada 100 ppm; 7 – solução clorada 150 ppm; 8 – solução clorada 200 ppm; 9 – solução de bicarbonato de sódio a 5%; 10 – solução de bicarbonato de sódio a 10%; 11 – solução de bicarbonato de sódio a 15%; 12 – solução de suco de limão a 5%; 13 – solução de suco de limão a 10%; 14 - solução de suco de limão a 15%.

**Figura 2:** Correlação entre as concentrações de imidacloprido nos tomates e o pH das soluções de lavagem.





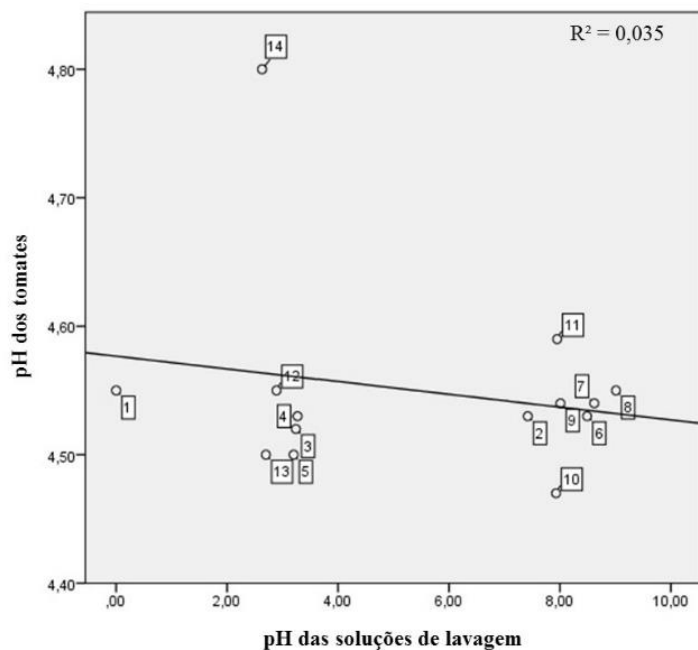
**Figura 3:** Porcentagem residual de imidacloprido em amostras de tomate antes e após a submissão em tratamentos de lavagem.

**Tabela 2:** Caracterização química de tomate antes e após a submissão em tratamentos de descontaminação (n=3).

Grupo	Tratamento	Umidade	pH	Acidez (%)	Sólidos	Relação SST
		(%)			Solúveis Totais	e acidez
					(°Brix)	(°Brix/%)
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	
1	Controle	94,37 ± 0,55	4,55 ± 0,04	0,43 ± 0,10	4,33 ± 0,57	10,08
2	Água	90,03 ± 7,85	4,53 ± 0,04	0,39 ± 0,08	4,50 ± 0,50	11,52
3	Solução de ácido acético a 5%	92,23 ± 2,17	4,52 ± 0,01	0,39 ± 0,06	4,83 ± 0,28	12,50
4	Solução de ácido acético a 10%	92,60 ± 0,60	4,53 ± 0,01	0,35 ± 0,02	5,00 ± 0,00	14,33
5	Solução de ácido acético a 15%	93,87 ± 0,71	4,50 ± 0,08	0,34 ± 0,11	4,50 ± 0,00	13,38
6	Solução clorada 100 ppm	94,63 ± 1,16	4,53 ± 0,03	0,36 ± 0,06	4,67 ± 0,28	13,12
7	Solução clorada 150 ppm	93,64 ± 1,55	4,54 ± 0,08	0,36 ± 0,01	4,67 ± 0,26	13,07
8	Solução clorada 200 ppm	92,85 ± 0,35	4,55 ± 0,06	0,30 ± 0,10	4,00 ± 1,00	13,24
9	Solução de bicarbonato de sódio a 5%	93,88 ± 0,64	4,54 ± 0,10	0,33 ± 0,04	4,00 ± 0,41	12,21
10	Solução de bicarbonato de sódio a 10%	94,37 ± 2,42	4,47 ± 0,02	0,37 ± 0,04	4,83 ± 0,28	13,19
11	Solução de bicarbonato de sódio a 15%	93,74 ± 1,99	4,59 ± 0,08	0,39 ± 0,04	4,10 ± 0,36	10,48
12	Solução de suco de limão a 5%	91,51 ± 2,36	4,55 ± 0,03	0,39 ± 0,12	5,10 ± 0,36	13,02
13	Solução de suco de limão a 10%	93,40 ± 1,60	4,50 ± 0,01	0,40 ± 0,08	5,17 ± 0,28	12,94
14	Solução de suco de limão a 15%	93,09 ± 2,31	4,80 ± 0,16	0,40 ± 0,03	5,00 ± 0,00	12,45

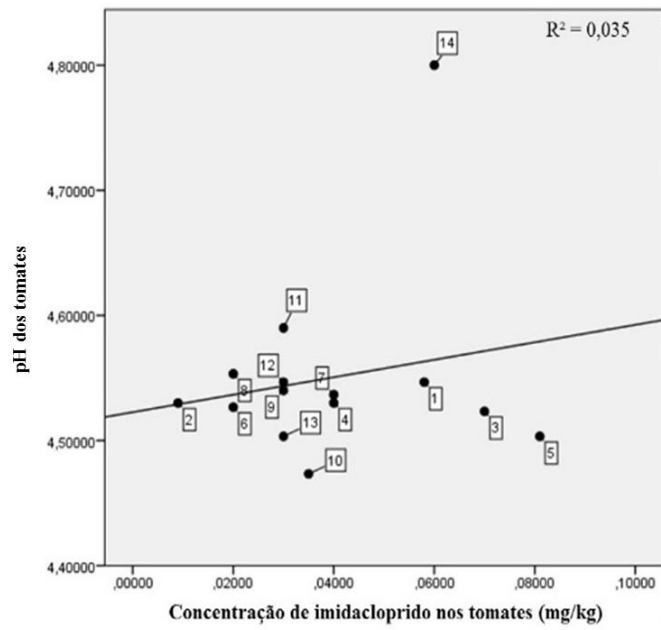
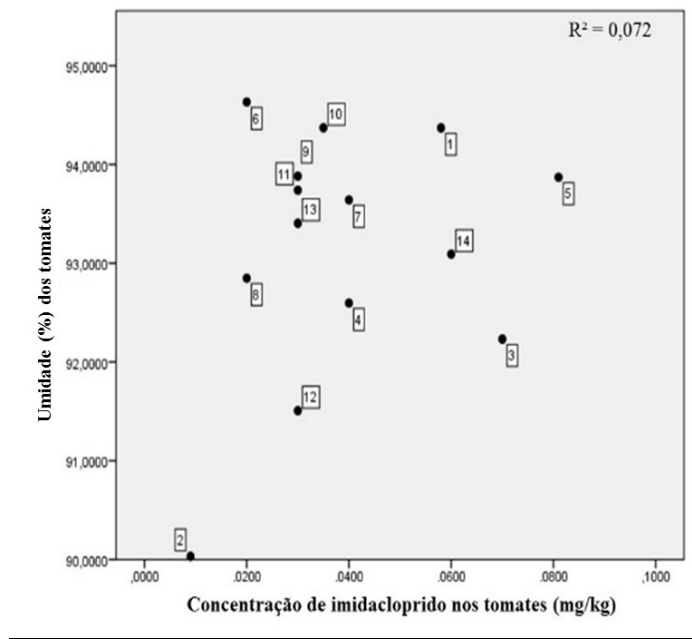
DP – desvio-padrão

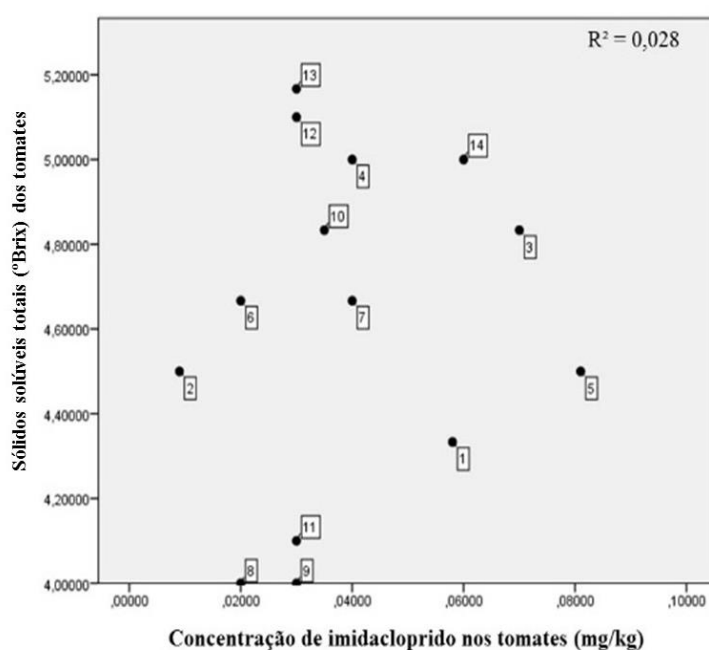
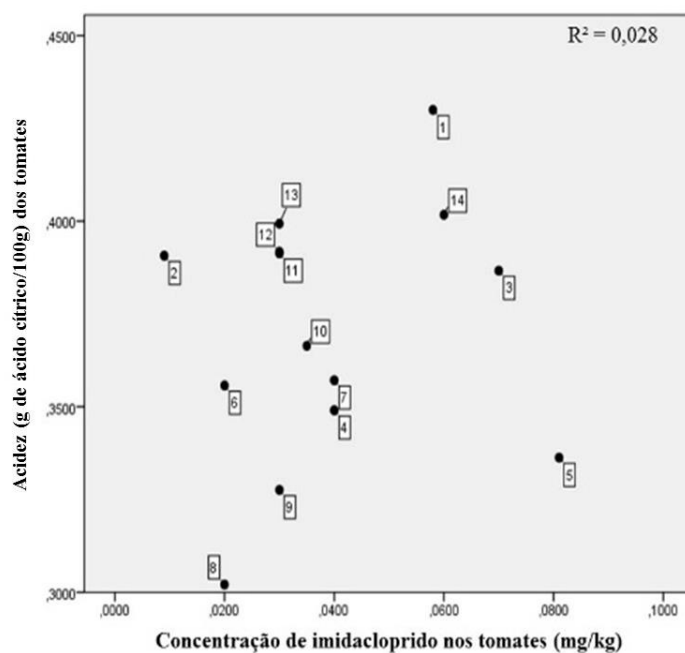
SST – sólidos solúveis totais



1 – controle; 2 – água; 3 – solução de ácido acético a 5%; 4 – solução de ácido acético a 10%; 5 – solução de ácido acético a 15%; 6 – solução clorada 100 ppm; 7 – solução clorada 150 ppm; 8 – solução clorada 200 ppm; 9 – solução de bicarbonato de sódio a 5 %; 10 – solução de bicarbonato de sódio a 10 %; 11 – solução de bicarbonato de sódio a 15 %; 12 – solução de suco de limão a 5%; 13 – solução de suco de limão a 10%; 14 - solução de suco de limão a 15%.

**Figura 4:** Correlação entre o pH das soluções de lavagem e o pH dos tomates.





1 – controle; 2 – água; 3 – solução de ácido acético a 5%; 4 – solução de ácido acético a 10%; 5 – solução de ácido acético a 15%; 6 – solução clorada 100 ppm; 7 – solução clorada 150 ppm; 8 – solução clorada 200 ppm; 9 – solução de bicarbonato de sódio a 5%; 10 – solução de bicarbonato de sódio a 10%; 11 – solução de bicarbonato de sódio a 15%; 12 – solução de suco de limão a 5%; 13 – solução de suco de limão a 10%; 14 - solução de suco de limão a 15%.

**Figura 5:** Correlações entre as concentrações de imidacloprido e a umidade, o pH, a acidez titulável total e os sólidos solúveis totais nos tomates.

**Tabela 3:** Ingestão diária estimada de imidacloprido em tomates para mulheres, homens, adolescentes, adultos e idosos brasileiros.

Grupo	Tratamento	Ingestão diária estimada ( $\times 10^{-7}$ mg kg <sup>-1</sup> de peso corpóreo por dia)				
		Mulheres	Homens	Adolescentes	Adultos	Idosos
		a partir de 10 anos	a partir de 10 anos	10 a 18 anos	19 a 64 anos	mais de 65 anos
1	Controle	61	69	51	62	55
2	Água	9	10	8	9	8
3	Solução de ácido acético a 5%	74	83	62	75	66
4	Solução de ácido acético a 10%	42	47	35	43	38
5	Solução de ácido acético a 15%	85	96	72	87	77
6	Solução clorada 100 ppm	21	24	17	21	19
7	Solução clorada 150 ppm	42	47	35	43	38
8	Solução clorada 200 ppm	21	23	17	21	19
9	Solução de bicarbonato de sódio a 5%	31	35	26	32	28
10	Solução de bicarbonato de sódio a 10%	37	41	31	37	33
11	Solução de bicarbonato de sódio a 15%	31	35	26	32	28
12	Solução de suco de limão a 5%	31	35	26	32	28
13	Solução de suco de limão a 10%	31	35	26	32	28
14	Solução de suco de limão a 15%	63	71	53	65	57

## 4 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitiram concluir que:

- a lavagem colabora para a redução das concentrações de imidacloprido em tomate.
- a água, além de ser a substância mais acessível, é a mais eficiente na redução das concentrações de imidacloprido em tomate.
- as soluções de bicarbonato de sódio a 10%, ácido acético a 10% e clorada a 150 ppm foram os tratamentos menos eficientes na descontaminação de tomates com resíduos do agrotóxico imidacloprido.
- o aumento da concentração das soluções de lavagem não acarretou na redução linear das concentrações de imidacloprido presentes nos tomates.
- os teores de umidade, acidez, e sólidos solúveis totais presentes nos tomates, antes e após as lavagens, não diferiram significativamente.
- o pH das soluções de lavagem não interferiu no pH dos tomates.
- a correlação entre os parâmetros físicos e químicos e as concentrações de imidacloprido nos tomates demonstrou que não há relação linear entre os dados.
- a cartilha desenvolvida veicula conhecimentos gerados pelo presente estudo e contribui para a redução da exposição humana ao imidacloprido.
- as IDE determinadas para mulheres, homens, adolescentes, adultos e idosos brasileiros demonstraram-se abaixo das IDA. Isto comprova que os tomates empregados no estudo são adequados para o consumo humano.

## REFERÊNCIAS

ABOU-ARAB, A. A. K. Behavior of pesticides in tomatoes during commercial and home preparation. **Food Chemistry**, Barking, v.65, n.4, p.509-514, June, 1999.

AL-AMIR, S. S. et al. Reduction of imidacloprid, fenitrothion and malathion residues from cucumber and tomatoes using washing solutions. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Science**, [S.l.], v.6, n.5, p.153-160, 2015.

ALONZO, H. G. A.; CORRÊA, C. L. Praguicidas. In: OGA, S.; CAMARGO, M. M. de A.; BATISTUZZO, J. A. de O. **Fundamentos de Toxicologia**. 4. ed. São Paulo: Atheneu Editora, 2014.

ALVES, M. R. R. et al. Efeito de soluções de enxágue na remoção de resíduos de mancozeb em tomates de mesa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.1, p.96-101, jan./mar., 2010.

ANDRADE, G. C. R. M. **Análise multirresíduos de pesticidas em tomate utilizando LC-MS/MS e avaliação dos efeitos de lavagem na descontaminação**. 2013. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

ANDRADE, G. C. R. M. et al. Effects of types of washing and peeling in relation to pesticide residues in tomatoes. **Journal Brazilian Chemical Society**, [S.l.], v.26, n.10, p.1994-2002, 2015.

ANDRADE, G. C. R. M.; OETTERER, M.; TORNISIELO, V. L. O tomate como alimento – cadeia produtiva e resíduos de agrotóxicos. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v.20, p.57-66, jan./dez., 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Cartilha sobre agrotóxico: série trilhas do campo**. Brasília: Anvisa, 2011a.

\_\_\_\_\_. Gerência-Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: Relatório Complementar à Segunda Etapa das Análises de Amostras Coletadas em 2012. Brasília: Anvisa, 2014.

\_\_\_\_\_. Gerência-Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: Relatório de atividades de 2001 e 2007. Brasília: Anvisa, 2008.

\_\_\_\_\_. Gerência-Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: Relatório de atividades de 2009. Brasília: Anvisa, 2010.

\_\_\_\_\_. Gerência-Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**: Relatório de atividades de 2010. Brasília: Anvisa, 2011b.



\_\_\_\_\_. Gerência-Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA):** Relatório de atividades de 2011 e 2012. Brasília: Anvisa, 2013.

\_\_\_\_\_. Gerência-Geral de Toxicologia. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA):** Relatório de análises de amostras monitoradas no período de 2013 a 2015. Brasília: Anvisa, 2016.

\_\_\_\_\_. **Monografia do ingrediente ativo I13-Imidacloprido.** Brasília: Anvisa, 2003.

\_\_\_\_\_. Resíduos de agrotóxicos em alimentos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.40, n.2, p.361-363, 2006.

ARDILES, N. E. **Análise microscópica de produtos a base de tomate.** 2016. 27 p. Trabalho Final de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? **Annals of Botany**, Oxford, v.100, n.5, p.1085-1094, 2007.

BECKER, D. **Flowering plant anatomy diagram.** [S.l.], 2016. Disponível em: <<http://flower.autumnwave.us/flowering-plant-anatomy-diagram/>>. Acesso em: 04 jul. 17.

BERGOUGNOUX, V. The history of tomato: from domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, [S.l.], v.32, n.1, p.170-189, jan./feb., 2014.

BIONINJA. **Neurotransmitters.** [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-6-human-physiology/65-neurons-and-synapses/neurotransmitters.html>>. Acesso em: 14 set. 17.

BITTAR, C. A. **Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial.** 2014. 42 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

BONMATIN, J. M. et al. Environmental fate and exposure; neonicotinoids and fipronil. **Environmental Science and Pollution Research International**, [S.l.], v.22, p.35-67, 2015.

BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. da. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.16, n.4, p.355-361, out./dez., 2005.

BORGUINI, R. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor.** 2002. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BOVI, T. de S. **Toxicidade de inseticidas para abelhas *Apis melífera* L.** 2013. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Portaria n.553**, de 30 de agosto de 1995. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate, para fins de comercialização. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/portaria+553\\_95\\_000gl3vxjrx02wx5ok0xkgyq582yfj4l.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/portaria+553_95_000gl3vxjrx02wx5ok0xkgyq582yfj4l.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes PNCRC/Animal.** Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes>>. Acesso em: 26 dez. 17.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Consumo de agrotóxicos e afins (2000-2014).** Brasília, 2016. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/2014/grafico\\_historico\\_comercializacao\\_2000\\_2014.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/qualidadeambiental/relatorios/2014/grafico_historico_comercializacao_2000_2014.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 17.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. **Decreto n. 4.074**, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei n.7.802, de 11 de julho de 1989. Disponível em: <[https://docs.google.com/file/d/0B6oeSNE4S8rRYmNkY2Q1OGQtZGIzMC00Mml4LWJmMzMtMTk4MDY2NjkxODY4/edit?hl=pt\\_BR](https://docs.google.com/file/d/0B6oeSNE4S8rRYmNkY2Q1OGQtZGIzMC00Mml4LWJmMzMtMTk4MDY2NjkxODY4/edit?hl=pt_BR)>. Acesso em: 9 ago. 2016

CABRERA, L. da C. et al. Efeito do processamento industrial e doméstico de alimentos nos níveis de resíduos de agrotóxicos. **Vigilância Sanitária em Debate**, Rio de Janeiro, v.2, n.4, p.43-52, 2014.

CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Imidacloprid – Risk characterization document dietary and drinking water exposure.** [S.l.], 2006. Disponível em: <<http://www.cdpr.ca.gov/docs/risk/rcd/imidacloprid.pdf>>. Acesso em: 14 jul.17.

CARVALHO, R. D. E.; BARBOSA, F. H. F. Resíduos de agrotóxicos organofosforados e ditiocarbamatos presentes na cultura de tomate consumidos no estado de minas gerais nos anos de 2006, 2007 e 2008: avaliação da exposição humana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristovão, v.13, n.1, p.171-190, 2013.

CASTRO, I. M. de; ANJOS, M. R. dos; QUINTEIRO, L. M. da C. **Aplicação da Microextração em Fase Sólida na Determinação de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos.** Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2010.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2. ed. Campinas: Editora Unicamp, 2003. 207 p.

CENTRO DE QUALIDADE EM HORTICULTURA. **Norma de Classificação do Tomate – *Lycopersicon esculentum* Mill.** São Paulo: CQH/CEAGESP, 2003.

CHEMICAL SAFETY INFORMATION FROM INTERGOVERNMENTAL ORGANIZATIONS. **Avaliações toxicológicas: Imidacloprido.** [S.l.], 2001. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/2001pr07.htm>>. Acesso em: 08 ago. 17.

DEGANI, A. L. G.; CASS, Q. B.; VIEIRA, P. C. Cromatografia: um breve ensaio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.7, p.21-25, maio, 1998.

DIAS, J. V. **Determinação de resíduos de agrotóxicos em tomate para fins de acreditação.** 2014. 107 p. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

FABBRI, A. D. T. **Estudo da radiação ionizante em tomates *in natura* (*Lycopersicum esculentum* Mill) e no teor de licopeno do molho.** 2009. 84 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2009.

FERMAM, R. K. S.; ANTUNES, A. M. de S. Uso de defensivos agrícolas, limites máximos de resíduos e impactos no comércio internacional: estudo de caso. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v.7, n.2, p.197-213, 2009.

FERRARI, A. A. **Caracterização química de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empregando análise por ativação neutrônica instrumental.** 2008. 151 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FERREIRA, S. M. R. **Características de qualidade do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba.** 2004. 249 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, Campinas, v.30, n.1, p.224-230, jan./mar., 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas II – Tomate: A hortaliça cosmopolita. In: FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

FOLGADO, C. A. R. **Agrotóxicos: um problema invisível.** Brasília: [s.n.], 2014.

GERAGE, J. M.; MEIRA, A. P. G.; SILVA, M. V. da. Food and nutrition security: pesticide residues in food. **Nutrire**, São Paulo, v.42, n.3, p.1-9, 2017.

HARINATHAREDDY, A.; PRASAD, N. B. L.; DEVI, K. L. Effect of household processing methods on the removal of pesticide residues in tomato vegetable.

**Journal of Environmental Research and Development**, Bhopal, v.9, n.1, p.50-57, jul./sep., 2014.

HARINATHAREDDY, A. et al. Risk mitigation methods on the removal of pesticide residues in grapes fruits for food safety. **Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences**, [S.l.], v.6, n.2, p.1568-1572, mar./apr., 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: janeiro 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

\_\_\_\_\_. **Levantamento sistemático da produção agrícola: janeiro 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

\_\_\_\_\_. **Levantamento sistemático da produção agrícola: junho 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

\_\_\_\_\_. **Levantamento sistemático da produção agrícola: outubro 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do consumo alimentar pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

\_\_\_\_\_. **Tabela de composição química dos alimentos**. 5. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.7, p.1898-1909, 2009.

KEMMERICH, M. **Determinação multirresíduo de agrotóxicos em pimentão utilizando método QuEChERS modificado e UHPLC-MS/MS**. 2013. 122 p. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

KIN, C. M.; HUAT, T. G. Headspace solid-phase microextraction for the evaluation of pesticide residue contents in cucumber and strawberry after washing treatment. **Food Chemistry**, Barking, v.123, n.3, p.760-764, dec., 2010.

LARA, M. C. R. **Determinação dos agrotóxicos procimidona, haloxyfop-metil e linuron em cenoura por ESL-PBT e CG-MS**. 2014. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2014.

LATORRACA, A. et al. Agrotóxicos utilizados na produção do tomate em Goiânia e Goianópolis e efeitos na saúde humana. **Comunicação em Ciências da Saúde**, [S.l.], v.19, n.4, p.365-374, 2008.

LUIZ, K. M. B. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) armazenados em refrigeradores domésticos**. 2005. 107 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)-Universidade Federal de Santa Carina, Florianópolis, 2005.

MALDANER, L. JARDIM, I. C. S. F. O estado da arte da cromatografia líquida de ultra eficiência. **Química Nova**, São Paulo, v.32, n.1, p.214-222, 2009.

\_\_\_\_\_. UHPLC – Uma abordagem atual: desenvolvimentos e desafios recentes. **Scientia Chromatographica**, São Carlos, v.4, n.3, p.197-207, 2012.

MATSUDA, K. et al. Neonicotinoids: insecticides acting on insect nicotinic acetylcholine receptors. **Trends in Pharmacological Sciences**, [S.I.], v.22, n.11, p.573-580, nov., 2001.

MEIRA, A. P. G. Técnicas de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal: uma revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.22, n.2, p.766-777, 2015.

MONTEIRO, C. S. et al. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.1, p.25-31, jan./mar., 2008.

MORAGAS, W. M.; SCHNEIDER, M. de O. Biocidas: suas propriedades e seu histórico no Brasil. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v.3, n.10, p.26-40, set., 2003.

MOREIRA, M. de F.; NÓBREGA, M. M. L. da; SILVA, M. I. T. da. Comunicação escrita: contribuição para a elaboração de material educativo em saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, v.56, n.2, p.184-188, mar./abr., 2003.

MORRISSEY, C. A. et al. Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates: A review. **Environment International**, [S.I.], v.74, p.291-303, 2015.

NAIKA, S. et al. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Digigrafi, 2006.

NASCIMENTO, A. dos R. et al. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.3, n.4, p.628-635, out./dez., 2013.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **Imidacloprido**. [S.I.], 2005. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86418#section=Information-Sources>>. Acesso em: 13 set. 17.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2011.164 p.

OLIVEIRA, L. de C. C. **Resíduos de agrotóxicos nos alimentos, um problema de saúde pública**. 2014. 32 p. Monografia (Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família)-Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2014.

OLIVEIRA, T. G. de; FAVARETO, A. P. A.; ANTUNES, P. A. Agrotóxicos: levantamento dos mais utilizados no oeste paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos. **Revista Fórum Ambiental**, [S.l], v.9, n.11, p.197-213, 2013.

PAVANI, N. D. **Pesticidas: uma revisão dos aspectos que envolvem esses compostos**. 2016. 64 p. Monografia (Graduação em Química)-Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2016.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. **É veneno ou é remédio?: agrotóxicos, saúde e ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2003.

RADWAN, M. A. et al. Residual behaviour of profenofos on some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and household processing. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.43, n.4, p.553-557, apr., 2005.

RIDOLFI, A. R. C. **Tomicultura, agrotóxicos e riscos entre agricultores familiares**. 2015. 113 p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

ROCHA, T. M.; GONÇALVES, É. C. B. de A.; FARIA, M. V. de C. Lavagem e sanitização em maçã (*Malus domestica* Borkh.) cultivar Royal Gala: avaliação na redução de pesticidas organofosforados. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.21, n.4, p.659-665, out./dez., 2010.

RODRIGUES, V. R. C. B. **Avaliação das alterações hematológicas, bioquímicas e genotóxicas nos trabalhadores expostos a agrotóxicos em municípios do estado do Piauí**. 2011. 18 p. Dissertação (Mestrado em Farmacologia Clínica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SANTOS, F. F. B. dos. **Obtenção e seleção de híbridos de tomate visando à resistência ao *Tomato yellow vein streak virus* (ToYVSV)**. 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

SANTOS, G. M. A. D. A. dos et al. Pesticide residues in conventionally and organically grown tomatoes in Espírito Santo (Brazil). **Química Nova**, São Paulo, v.38, n.6, p.848-851, 2015.

SCHNEIDER, S. E. **Determinação de agrotóxicos e fármacos em água empregando extração em fase sólida, GC-MS e UHPLC-MS/MS**. 2013. 119 p. Dissertação (Mestrado em Química)-Universidade Federal do Rio Grande, Santo Antônio da Patrulha, 2013.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.2, p.227-236, abr./jun., 2004.

SIMON-DELSO, N. et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research International**, [S.l.], v.22, p.5-34, 2015.

SOLIMAN, K. M. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.39, n.8, p.887-891, aug., 2001.

SOUZA, J. F. de; MEDEIROS, M. J. M. de; CARNEIRO, L. C. Caracterização de tomates (*Lycopersicon esculentum*), cultivar "cerejas" produzidas e comercializadas nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 5., 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: IFAL, 2010. Disponível em: <<http://www.congressos.ifal.edu.br/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/1742/961>>. Acesso em: 18 dez. 17.

SOUZA, J. S. de. **Tomate (*Lycopersicum esculentum*) em pedaços com pré-tratamento osmótico**. 2002. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

SOUZA, M. V. de. **Resíduos de agrotóxicos ditiocarbamatos e organofosforados em alimentos consumidos no restaurante universitário-UnB: avaliação da exposição humana**. 2006. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

TOMER, V.; SANGHA, J. K. Vegetable processing at household level: effective tool against pesticide residue exposure. **Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology**, [S.l.], v.6, n.2, p.43-53, sep./oct., 2013

TOMLIN, C. D. S. **The Pesticide Manual: A World Compendium**. 13. ed. Alton: British Crop Protection Council, 2003.

VEKIC, A. M. **Audiência pública para debater o processo de registro de agrotóxicos e alternativas para o aprimoramento desse processo**. 2015. 1 diapositivo, color.

ZHANG, Z.-Y.; LIU, X.-J.; HONG, X.-Y. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. **Food Control**, Guildford, v.18, n.12, p.1484-1487, dez., 2007.

ZOHAIR, A. Behaviour of some organophosphorus and organochlorine pesticides in potatoes during soaking in different solutions. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.39, n.7, p.751-755, jul., 2001.

**APÊNDICE A – CARTILHA**









# Elaboração

---

## *Autoria*

**Anelise Pigatto Bissacotti**

## *Orientação*

**Professora Dr<sup>a</sup>. Ijoni Hilda Costabeber**

**Professora Dr<sup>a</sup>. Patrícia Medianeira Grigoletto Londero**

## *Colaboração*

**Professora Dr<sup>a</sup>. Ionara Regina Pizzutti**

**Professor Dr. Jonatan Vinicius Dias**



## *Apresentação*

---

Sabe-se que os alimentos nos fornecem nutrientes essenciais para a promoção, prevenção e reabilitação da nossa saúde. No entanto, a alimentação vai muito além do nutrir-se para saciar uma necessidade básica do organismo, ela está vinculada a fatores histórico-culturais.

Apesar da alimentação ter um importante e especial papel na nossa vida, a presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos vem, a muito tempo, preocupando a população. Preocupação não infundada, pois vários estudos já comprovaram os impactos negativos que estas substâncias químicas acarretam à saúde e à integridade do consumidor.

## *Apresentação*

---

Objetivando explorar estratégias que minimizem a exposição do ser humano, por meio da alimentação, aos agrotóxicos, surgiu a ideia de avaliar o efeito que diferentes métodos caseiros de lavagem exercem sobre estas substâncias.

O estudo restringiu-se ao agrotóxico imidacloprido, inseticida neonicotinóide muito utilizado na agricultura em todo o mundo. Contou-se com a participação de um alimento considerado aliado da saúde e que está presente diariamente no prato dos brasileiros, mas que, ao mesmo tempo, nele é comum encontrar resíduos de agrotóxicos: o tomate.

## *Apresentação*

---

Construída com o intuito de levar à população um conhecimento científico, que é de interesse público, esta cartilha é fruto da dissertação “Tratamentos para descontaminação de tomates contendo resíduos de imidacloprido” e representa uma estratégia para a garantia de alimentos de qualidade ao ser humano.

Por isso, este material didático destina-se à um público-alvo heterogêneo, abrangendo tanto pessoas leigas ao assunto, quanto pesquisadores e demais integrantes do meio científico.

## *Apresentação*

---

O leitor encontrará nesta cartilha a descrição passo-a-passo dos métodos testados e que se demonstraram capazes de redução as concentrações de imidacloprido em tomates.

A metodologia empregada foi desenvolvida de modo a permitir a sua reprodução facilmente pela população, em suas casas.



## *Sumário*

**13**

Lavagem de  
tomates com  
água

**19**

Lavagem de  
tomates com  
solução de  
ácido  
acético a  
10%

**25**

Lavagem de  
tomates com  
solução  
clorada a  
100 ppm

**31**

Lavagem de  
tomates com  
solução de  
bicarbonato  
de sódio a  
5%

**37**

Lavagem de  
tomates com  
solução de  
suco de  
limão a  
5%



## Lavagem de tomates com água

14



### 1º PASSO:

Escolha 1 kg de tomates do tipo longa vida.

Os frutos devem apresentar consistência firme e sem rachaduras e lesões na casca, além de aparente contaminação por fungos e podridão.

## Lavagem de tomates com água

15

### 2º PASSO:

Em um recipiente limpo, adicione 1 litro de água da torneira.

A água utilizada deve ser de fonte segura e potável.





## Lavagem de tomates com água

16



### 3º PASSO:

Mergulhe os tomates na água, de modo que fiquem totalmente imersos, por 15 minutos.

## Lavagem de tomates com água

17

### 4º PASSO:

Lave os tomates sob água corrente, por 15 segundos.

Enquanto são lavados, esfregue suavemente os tomates com as mãos.



## Lavagem de tomates com água

18



### 5° PASSO:

Os tomates estão aptos para o consumo.

A diminuição da concentração de imidacloprido nos tomates é de, aproximadamente, 84,50%.



**LAVAGEM DE TOMATES COM  
SOLUÇÃO DE ÁCIDO ACÉTICO**

**A 10%**

## Lavagem de tomates com solução de ácido acético a 10%

20



### 1º PASSO:

Escolha 1 kg de tomates do tipo longa vida.

Os frutos devem apresentar consistência firme e sem rachaduras e lesões na casca, além de aparente contaminação por fungos e podridão.

## Lavagem de tomates com solução de ácido acético a 10%

21

### 2º PASSO:

Em um recipiente limpo, adicione 1 litro de água da torneira e 100 mL de vinagre de vinho tinto.

Misture a solução com o auxílio de uma colher até a mesma apresentar um aspecto homogêneo.

A água utilizada deve ser de fonte segura e potável.

Pode-se empregar vinagre de qualquer marca comercial, desde que seja de vinho tinto.



## Lavagem de tomates com solução de ácido acético a 10%

22



### 3° PASSO:

Mergulhe os tomates na solução, de modo que fiquem totalmente imersos, por 15 minutos.

## Lavagem de tomates com solução de ácido acético a 10%

23

### 4° PASSO:

Lave os tomates sob água corrente, por 15 segundos.

Enquanto são lavados, esfregue suavemente os tomates com as mãos.



## Lavagem de tomates com solução de ácido acético a 10%

24



### 5º PASSO:

Os tomates estão aptos para o consumo.

A diminuição da concentração de imidacloprido nos tomates é de, aproximadamente, 31,03%.



**LAVAGEM DE TOMATES COM  
SOLUÇÃO CLORADA  
A 100 ppm**

## Lavagem de tomates com solução clorada a 100 ppm

26



### 1º PASSO:

Escolha 1 kg de tomates do tipo longa vida.

Os frutos devem apresentar consistência firme e sem rachaduras e lesões na casca, além de aparente contaminação por fungos e podridão.

## Lavagem de tomates com solução clorada a 100 ppm

27

### 2º PASSO:

Em um recipiente limpo, adicione 1 litro de água da torneira e 7,5 mL de água sanitária.

Misture a solução com o auxílio de uma colher até a mesma apresentar um aspecto homogêneo.

A água utilizada deve ser de fonte segura e potável.

Pode-se empregar água sanitária de qualquer marca comercial, desde que o fabricante informe no rótulo a possibilidade de uso em alimentos.



## Lavagem de tomates com solução clorada a 100 ppm

28



### 3° PASSO:

Mergulhe os tomates na solução, de modo que fiquem totalmente imersos, por 15 minutos.

## Lavagem de tomates com solução clorada a 100 ppm

29

### 4° PASSO:

Lave os tomates sob água corrente, por 15 segundos.

Enquanto são lavados, esfregue suavemente os tomates com as mãos.



## Lavagem de tomates com solução clorada a 100 ppm

30



### 5° PASSO:

Os tomates estão aptos para o consumo.

A diminuição da concentração de imidacloprido nos tomates é de, aproximadamente, 65,52%.



**LAVAGEM DE TOMATES COM  
SOLUÇÃO DE BICARBONATO  
DE SÓDIO A 5%**



## Lavagem de tomates com solução de bicarbonato de sódio a 5%

32



### 1º PASSO:

Escolha 1 kg de tomates do tipo longa vida.

Os frutos devem apresentar consistência firme e sem rachaduras e lesões na casca, além de aparente contaminação por fungos e podridão.

## Lavagem de tomates com solução de bicarbonato de sódio a 5%

33

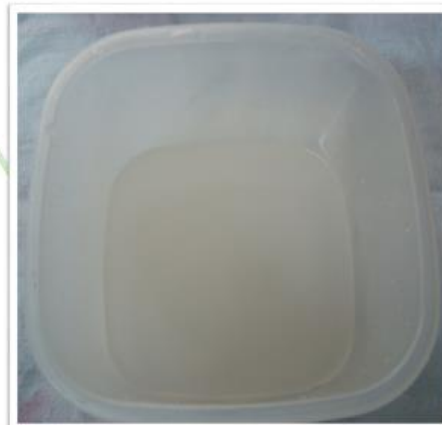
### 2º PASSO:

Em um recipiente limpo, adicione 1 litro de água da torneira e 50g (5 colheres de sopa rasas) de bicarbonato de sódio.

Misture a solução com o auxílio de uma colher até a mesma apresentar um aspecto homogêneo.

A água utilizada deve ser de fonte segura e potável.

Pode-se empregar bicarbonato de sódio de qualquer marca comercial.



## *Lavagem de tomates com solução de bicarbonato de sódio a 5%*

34



### **3° PASSO:**

Mergulhe os tomates na solução, de modo que fiquem totalmente imersos, por 15 minutos.

## *Lavagem de tomates com solução de bicarbonato de sódio a 5%*

35

### **4° PASSO:**

Lave os tomates sob água corrente, por 15 segundos.

Enquanto são lavados, esfregue suavemente os tomates com as mãos.



## *Lavagem de tomates com solução de bicarbonato de sódio a 5%*

36



### 5º PASSO:

Os tomates estão aptos para o consumo.

A diminuição da concentração de imidacloprido nos tomates é de, aproximadamente, 48,28%.



**LAVAGEM DE TOMATES COM  
SOLUÇÃO DE SUÇO DE LIMÃO  
A 5%**

## Lavagem de tomates com solução de suco de limão a 5%

38



### 1º PASSO:

Escolha 1 kg de tomates do tipo longa vida.

Os frutos devem apresentar consistência firme e sem rachaduras e lesões na casca, além de aparente contaminação por fungos e podridão.

## Lavagem de tomates com solução de suco de limão a 5%

39

### 2º PASSO:

Em um recipiente limpo, adicione 1 litro de água da torneira e 50 mL de suco de limão galego.

Misture a solução com o auxílio de uma colher até a mesma apresentar um aspecto homogêneo.

A água utilizada deve ser de fonte segura e potável.

O suco de limão não deve conter água ou qualquer outra substância, é apenas o suco da fruta.



## Lavagem de tomates com solução de suco de limão a 5%

40



### 3º PASSO:

Mergulhe os tomates na solução, de modo que fiquem totalmente imersos, por 15 minutos.

## Lavagem de tomates com solução de suco de limão a 5%

41

### 4º PASSO:

Lave os tomates sob água corrente, por 15 segundos.

Enquanto são lavados, esfregue suavemente os tomates com as mãos.



## *Lavagem de tomates com solução de suco de limão a 5%*

42



### **5° PASSO:**

Os tomates estão aptos para o consumo.

A diminuição da concentração de imidacloprido nos tomates é de, aproximadamente, 48,28%.



## ANEXO A – NORMAS DE SUBMISSÃO DO PERIÓDICO

### FOOD CONTROL – Guide for authors

#### INTRODUCTION

*Food Control* is an international journal that provides essential information for those involved in food safety and process control.

*Food Control* covers:

Microbial food safety and antimicrobial systems Mycotoxins Hazard analysis, HACCP and food safety Objectives Risk assessment, including microbial risk assessment Quality assurance and control Good manufacturing practices Food process systems design and control Food Packaging Rapid methods of analysis and detection, including sensor technology Environmental control and safety Codes of practice, legislation and international harmonization Consumer issues Education, training and research needs.

The scope of *Food Control* is comprehensive and includes original research papers, authoritative reviews, short communications, comment articles that report on new developments in food control, and position papers.

The work described should be innovative either in the approach or in the methods used. The significance of the results either for the science community or for the food industry must also be specified. Contributions that do not fulfil these requirements will not be considered for review and publication.

#### ***Types of paper***

Original high-quality research papers (preferably no more than 7000 words, including tables and illustrations). Major review articles, up to 10,000 words Short communications of up to 3000 words (not including references), describing work that may be of a preliminary nature but which merits immediate publication. Short reviews on topical subjects, up to 6000 words. Comment articles not exceeding 2000 words. Authoritative position papers from expert groups are also welcome.

*Food Control* also publishes book reviews, Letters to the Editor, conference reports and a calendar of forthcoming events.

The Editor-in-Chief has the right to decline formal review of a manuscript when it is deemed that the manuscript is 1) on a topic outside the scope of the Journal; 2) lacking technical merit; 3) of insufficient novelty for a wide international readership; 4) fragmentary and providing marginally incremental results; or 5) is poorly written.

All contributions deemed suitable for review are read by two or more referees to ensure both accuracy and relevance, and revisions to the script may thus be required. On acceptance, contributions are subject to editorial amendment to suit house style. When a manuscript is returned for revision prior to final acceptance, the revised version must be submitted as soon as possible after the author's receipt of the referees' reports. Revised manuscripts returned after four months will be considered as new submissions subject to full re-review.

**Contact details for submission**

Submission to this journal proceeds totally online. Use the following guidelines to prepare your article. Via the homepage of this journal <http://ees.elsevier.com/foodcont> you will be guided stepwise through the creation and uploading of the various files.

**Submission checklist**

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

**Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

*Manuscript:*

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

*Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable)

*Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our Support Center.

**BEFORE YOU BEGIN*****Ethics in publishing***

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

***Declaration of interest***

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/ registrations, and grants or other



funding. If there are no conflicts of interest then please state this: 'Conflicts of interest: none'. More information.

### ***Submission declaration and verification***

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' section of our ethics policy for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check.

### ***Changes to authorship***

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

### ***Copyright***

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license.

### ***Author rights***

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More Information.

*Elsevier supports responsible sharing*

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

**Role of the funding source**

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

*Funding body agreements and policies*

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the Open Access Publication Fee. Details of existing agreements are available online.

**Open access**

This journal offers authors a choice in publishing their research:

**Open access**

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- An open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

**Subscription**

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

*Creative Commons Attribution (CC BY)*

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

*Creative Commons Attribution-Non Commercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)*

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The open access publication fee for this journal is **USD 3300**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

#### *Green open access*

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our green open access page for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. Find out more. This journal has an embargo period of 12 months.

#### *Elsevier Publishing Campus*

The Elsevier Publishing Campus ([www.publishingcampus.com](http://www.publishingcampus.com)) is an online platform offering free lectures, interactive training and professional advice to support you in publishing your research. The College of Skills training offers modules on how to prepare, write and structure your article and explains how editors will look at your paper when it is submitted for publication. Use these resources, and more, to ensure that your submission will be the best that you can make it.

#### *Language (usage and editing services)*

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop.

#### **Submission**

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Authors must provide and use an email address unique to themselves and not shared with another author registered in EES, or a department.

#### *Referees*

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our Support site. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

## **PREPARATION**

### ***Peer review***

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review.

### ***Use of word processing software***

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

**Request you to kindly submit your manuscript with continuous line numbers.**

### ***Article structure***

#### ***Subdivision - numbered sections***

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

#### ***Introduction***

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

#### ***Material and methods***

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

#### ***Theory/calculation***

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

#### ***Results***

Results should be clear and concise.

#### *Discussion*

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

#### *Conclusions*

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

#### *Appendices*

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

#### ***Essential title page information***

- ***Title.*** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- ***Author names and affiliations.*** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- ***Corresponding author.*** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

#### ***Abstract***

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

#### *Highlights*

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name

and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

### **Keywords**

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### *Abbreviations*

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

### *Acknowledgements*

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

### *Formatting of funding sources*

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### *Units*

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

### *Math formulae*

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

*Mathematical and technical settings*

Use the appropriate number of significant figures to express your data - they should be justifiable and reflect the necessary level of accuracy of the method. A normal maximum should be 3 - e.g. 37.1, 2.53). Detailed mathematical discussion should be placed in an appendix. Equations and formulae should be typewritten. Equations should be numbered consecutively with Arabic numerals in parentheses on the right hand side of the page. Special symbols should be identified in the margin, and the meaning of all symbols should be explained in the text where they first occur. If you use several symbols, a list of definitions (not necessarily for publication) will help the editor. Type mathematical equations exactly as they should appear in print. Journal style for letter symbols is as follows: italic (indicated by underlining); constants, roman type; matrices and vectors, bold type (indicated by wavy underlining).

*Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

**Artwork***Electronic artwork**General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available.

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

*Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

**Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

*Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

*Figure captions*

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

**Tables**

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

**References***Citation in text*

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

*Web references*

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.



### *Data references*

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

### *References in a special issue*

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

### *Reference management software*

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley and Zotero, as well as EndNote. Using the word processor plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style.

If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/food-control>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice.

### *Reference style*

*Text:* Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Sixth Edition, ISBN 978-1-4338-0561-5, copies of which may be ordered online or APA Order Dept., P.O.B. 2710, Hyattsville, MD 20784, USA or APA, 3 Henrietta Street, London, WC3E 8LU, UK.

*List:* references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S.

Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

Reference to a website:

Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK. (2003). <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> Accessed 13.03.03.

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T. (2015). *Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions*. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

*Journal abbreviations source* Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

### **Video**

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect. Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### **Supplementary material**

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

### **Data linking**

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that give them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page.

For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

## **ARTICLE ENRICHMENTS**

### ***AudioSlides***

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article. AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### ***Interactive Phylogenetic Trees***

You can enrich your online articles by providing phylogenetic tree data files (optional) in Newick or NeXML format, which will be visualized using the interactive tree viewer embedded within the online article. Using the viewer it will be possible to zoom into certain tree areas, change the tree layout, search within the tree, and collapse/expand tree nodes and branches. Submitted tree files will also be available for downloading from your online article on ScienceDirect. Each tree must be contained in an individual data file before being uploaded separately to the online submission system, via the 'phylogenetic tree data' submission category. Newick files must have the extension .new or .nwk (note that a semicolon is needed to end the tree). Please do not enclose comments in Newick files and also delete any artificial line breaks within the tree data because these will stop the tree from showing. For NeXML, the file extension should be .xml. Please do not enclose comments in the file. Tree data submitted with other file extensions will not be processed. Please make sure that you validate your Newick/NeXML files prior to submission. More information.

### ***R code viewer***

You can enrich your online article by including R code and underlying data sets, which will be displayed in your article on ScienceDirect. All R code and data files should be submitted as part of a single ZIP file. This ensures the code and data files that depend on each other are stored and made available together. R code should be saved as a plain text ASCII file. In your manuscript, you can indicate where the material should appear in the article, by including a note such as "Insert file Rcode. ZIP here". When your article is published on ScienceDirect, readers will be able to interactively explore highlighted R code next to the article page. More information.

### ***Interactive plots***

This journal enables you to show an Interactive Plot with your article by simply submitting a data file. Full instructions.

## **AFTER ACCEPTANCE**

### ***Online proof correction***

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

### ***Offprints***

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Webshop. Corresponding authors who have published their article open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

### **AUTHOR INQUIRIES**

Visit the Elsevier Support Center to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also check the status of your submitted article or find out when your accepted article will be published.