

ELIANY APARECIDA OLIVEIRA D'ÁVILA

**RISCO CRÔNICO DE INTOXICAÇÃO POR INGESTA DE RESÍDUOS DE
PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS PELA POPULAÇÃO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Defesa Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA

MINAS GERAIS – BRASIL

2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

D259r
2015

D'Ávila, Eliany Aparecida Oliveira, 1976-

Risco crônico de intoxicação por ingesta de resíduos de produtos fitossanitários pela população do estado do Espírito Santos / Eliany Aparecida Oliveira D'Ávila. – Viçosa, MG, 2015.

vi, 40f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Barreto da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.37-40.

1. Produtos químicos agrícolas. 2. Produtos agrícolas - Eliminação de resíduos. 3. Produtos agrícolas - Medidas de segurança. 4. Produtos agrícolas - Avaliação de risco. 5. Segurança alimentar. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-graduação em Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 632.95

ELIANY APARECIDA OLIVEIRA D'ÁVILA


**RISCO CRÔNICO DE INTOXICAÇÃO POR INGESTA DE RESÍDUOS DE
PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS PELA POPULAÇÃO DO ESPÍRITO SANTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Defesa Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

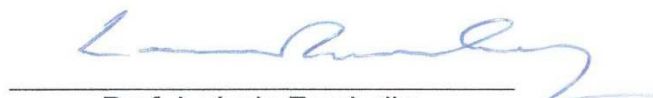
APROVADA: 27 de março de 2015.



Prof. Camilo Amaro de Carvalho
(UFV)



Prof. José Ivo Ribeiro Júnior
(Coorientador)
(UFV)



Prof. Laércio Zambolim
(UFV)



Prof. Marcelo Barreto da Silva
(Orientador)
(UFES)

AGRADECIMENTOS

Ao Deus da minha vida, por todas as coisas.

À minha mãe, que ensinou o caminho que eu deveria seguir.

Aos “meus amores” por compreenderem e aceitarem a minha ausência.

Aos meus irmãos e cunhados, pelo porto seguro.

À amiga, Márcia, por tudo.

Ao amigo, Ezron, pelo incentivo e apoio.

Ao amigo, Jackson, pela disposição em ajudar.

Ao colega de trabalho, Heldo, por me ajudar com os dados do IBGE.

Aos colegas do mestrado, pelo carinho nos momentos difíceis.

Ao Mateus, por se dispor a ajudar.

Ao Peter Rembischevski, da Anvisa, que tornou possível este trabalho.

Aos colegas do Idaf pela dedicação no desenvolvimento do programa de análise de resíduos.

Aos orientadores, Marcelo e José Ivo, pela dedicação.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	III
RESUMO.....	V
ABSTRACT.....	VI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 GERAL.....	3
2.2 ESPECÍFICOS.....	3
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
.1 TOXICOLOGIA.....	4
.2 ANÁLISE DE RISCO.....	5
3.2.1 Identificação do perigo e relação dose resposta.....	7
3.2.2 Avaliação da exposição.....	8
3.2.3 Caracterização do risco.....	10
.3 PROGRAMAS OFICIAIS DE MONITORAMENTO DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS.....	11
.3.1 Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA).....	11
.3.2 Plano nacional de controle de resíduos e contaminantes em produtos de origem vegetal (PNCRC/Vegetal).....	11
3.3.3 Saúde do campo para a cidade.....	12
3.4 DITIOCARBAMATOS.....	13
4 METODOLOGIA.....	14
.1 IDENTIFICAÇÃO DO PERIGO.....	14
.2 CARACTERIZAÇÃO DOSE/RESPOSTA.....	14
.3 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO.....	15
.4 CARACTERIZAÇÃO DO RISCO.....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5.1 INGREDIENTES ATIVOS DE AGROTÓXICOS PRESENTES NOS ALIMENTOS.....	18
5.2 ESTIMATIVA DA INGESTA.....	19
5.3 PARÂMETRO TOXICOLÓGICO.....	22
5.4 CARACTERIZAÇÃO DO RISCO.....	24
5.5 INGREDIENTES ATIVOS COM EXTRAPOLAÇÃO DA IDA.....	27
5.5.1 Abamectina.....	27

5.5.2	<i>Acefato</i>	27
5.5.3	<i>Buprofezina</i>	28
5.5.4	<i>Dicofol</i>	29
5.5.5	<i>Dimetoato</i>	29
5.5.6	<i>Dissulfotom</i>	30
5.5.7	<i>Ditiocarbamatos</i>	31
5.5.8	<i>Endossulfam</i>	33
6	CONCLUSÕES	36
	REFERÊNCIAS	37

RESUMO

D'AVILA, Eliany Aparecida Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2015. **Risco crônico de intoxicação por ingestão de resíduos de produtos fitossanitários pela população do Espírito Santo.** Orientador: Marcelo Barreto da Silva. Coorientador: José Ivo Ribeiro Júnior.

O equilíbrio entre a necessidade do uso de agrotóxicos para a proteção da lavoura e a demanda crescente por alimentos da população em um mundo globalizado é um desafio para o setor agrícola brasileiro. O uso dos agrotóxicos nas lavouras pode deixar seus resíduos nos alimentos, capaz de trazer danos à saúde do consumidor. O risco crônico de intoxicação pela ingestão desses resíduos pode ser estimado por meio de uma avaliação de risco, comparando-se a quantidade ingerida dessas substâncias com a Ingesta Diária Aceitável (IDA). O objetivo deste trabalho é caracterizar a segurança dos alimentos para a população do Espírito Santo em relação aos resíduos de agrotóxicos. Foi realizada uma avaliação quantitativa e probabilística do risco de intoxicação crônica com agrotóxicos, através da ingestão de alimentos não processados seguindo as orientações do Guia da Organização Mundial da Saúde. A exposição via dieta foi estimada pela análise de combinação de alimentos e da distribuição total das exposições, através da Simulação de Monte Carlo. Foram utilizados os resultados das análises de resíduos de agrotóxicos, em alimentos produzidos e, ou, comercializados no Estado do Espírito Santo, dos programas da Anvisa e do Idaf/ES, entre os anos de 2007 e 2012 e dados de consumo da POF/IBGE 2008 – 2009. A avaliação da exposição crônica a agrotóxicos mostrou que a população do Espírito Santo está exposta a 88 diferentes tipos de resíduos de agrotóxicos através da alimentação e estimou-se que oito ingredientes ativos representam risco de intoxicação crônica: Abamectina, Acefato, Buprofezina, Dicofol, Dimetoato, Ditiocarbamatos, Dissulfotom e Endossulfam. A maior probabilidade de consumo de resíduos, em concentrações suficientes para haver danos à saúde da população, foi observada para Dimetoato (6,1%). Os resultados obtidos podem ser utilizados para subsidiar a elaboração de políticas públicas para mitigar riscos e garantir a segurança de alimentos para a população do Espírito Santo.

ABSTRACT

D'AVILA, Eliany Aparecida Oliveira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2015. **Chronic risk of poisoning ingestion of residues of pesticides by the Espírito Santo population.** Adviser: Marcelo Barreto da Silva. Co-adviser: José Ivo Ribeiro Júnior.

The balance between the need for pesticide use for crop protection and the increment of the demand of people for food in a globalized world is a challenge for the Brazilian agricultural sector. The use of pesticides in crops may leave their residues in food, can be harmful to consumer health. Chronic risk of poisoning by ingestion of such residual pesticide can be estimated by means of a risk assessment, comparing the amount ingested these substances with the Acceptable Daily Intake (ADI). The objective of this work is to characterize the safety of food for the population of the Espírito Santo State in relation to pesticide residues. A quantitative and probabilistic risk assessment of chronic poisoning with pesticides, by eating unprocessed foods following the guidelines of the World Health Organization Guide was held. The exposure via diet was estimated by analysis of food combining and the total distribution of exhibitions, through Monte Carlo simulation. The results of pesticide residue analyzes were used in food produced and, or, marketed in Espírito Santo State, the Anvisa programs and Idaf/ES, between the years 2007 and 2012 and consumption data of POF/IBGE 2008 - 2009. The evaluation of chronic exposure to pesticides showed that the population of Espírito Santo is exposed to 88 different types of pesticide residues through food and it was estimated that eight active ingredients pose a risk of chronic intoxication: Abamectin, Acephate, Buprofezin, Dicofol, Dimethoate, Dithiocarbamate, Disulfoton and Endosulfan. The most likely residual consumption in concentrations sufficient to cause damage to the health of the population was observed for Dimethoate (6.1%). The results can be used to support the development of public policies to mitigate risks and ensure the safety of food for the population of Espírito Santo.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e o surgimento da indústria química moderna alteraram a produção agrícola mundial. A demanda cada vez maior da quantidade de alimentos produzidos trouxe consigo a justificativa para a utilização de produtos químicos no controle de organismos que afetam essa produção (BEDOR et al., 2008).

O agrotóxico pode ser visto como um insumo necessário à viabilidade da maioria dos sistemas produtivos rurais. Em muitos casos, a utilização de agrotóxicos poderia ser considerada como uma questão de sobrevivência. O benefício mais comumente associado à utilização de agrotóxicos é a manutenção da produtividade da lavoura, o que reduziria a demanda por recursos naturais e tecnológicos para a produção de uma mesma quantidade de produtos agrícolas. Benefício não apenas para produtores, mas também para os consumidores finais pelo aumento na oferta e redução dos custos unitários de produção (VEIGA, 2011).

Segundo projeções da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) até o ano de 2050 a demanda pela produção agrícola aumentará em 70%. Em decorrência da limitada oferta de novas áreas agrícolas, 80% desta demanda deverá ser suprida a partir do aumento da produtividade (FAO, 2011).

O uso incorreto dos agrotóxicos tem resultado na exposição excessiva dos trabalhadores que os aplicam ou que atuam em ambientes tratados com tais produtos (SOLOMON, 2010). No Brasil, de acordo com dados do Sindicato Nacional das Indústrias de Defensivos Agrícolas (SINDAG), o volume de princípio ativo de agrotóxicos aplicados nas lavouras cresceu 14% entre 2007 e 2012, totalizando 346,6 mil toneladas (SINDAG, 2013).

A presença de resíduos de agrotóxicos nos alimentos é resultado direto do uso desses produtos, principalmente, no campo e a dieta alimentar é uma via de exposição humana. Entre os anos de 2001 e 2010 foram analisadas 13.556 amostras de 22 culturas de frutas e vegetais, em dois programas nacionais de monitoramento de resíduos de agrotóxicos no Brasil, o Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) e o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Vegetal (PNCRC/Vegetal).

Encontrou-se resíduos de agrotóxicos em 48,3% das amostras. Em 13,2% das amostras foi detectado algum tipo de irregularidade, sendo 97% por problemas de produto não autorizado para a cultura (JARDIM e CALDAS, 2012).

A avaliação baseada no limite máximo de resíduos permitido (LMR) e na determinação se o resíduo detectado refere-se à aplicação de agrotóxicos cujo uso é autorizado na cultura monitorada, apenas fornece informações sobre o atendimento às normas de aplicação de agrotóxicos na produção. Em relação à saúde do consumidor se faz necessário uma avaliação do risco de exposição a resíduos de agrotóxicos, que permita orientar os órgãos responsáveis pela gestão dos riscos à exposição de agrotóxicos.

Essa avaliação da exposição evoluiu muito nos últimos anos no Brasil, envolvendo pesquisadores de várias áreas do conhecimento, mas ainda é preciso avançar nas discussões acerca da avaliação de riscos (JARDIM e CALDAS, 2009). A avaliação de risco foi desenvolvida para suprir a necessidade de informações para a tomada de decisão que visam à proteção da saúde (OPAS/OMS, 2008).

O uso de agrotóxicos levanta sempre uma questão polêmica em relação aos riscos. De um lado a necessidade de produção de alimentos em quantidade cada vez maior para suprir as demandas geradas pelo aumento populacional num mundo globalizado e de outro, a preocupação com a saúde que gera consumidores mais exigentes e preocupados. Sem contar a responsabilidade dos órgãos gestores do risco com a segurança de alimentos. Diante desse cenário a avaliação de risco apresentada no presente trabalho traz informações necessárias e importantes para a gestão do risco do consumo e fiscalização do uso dos agrotóxicos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Caracterizar a segurança dos produtos vegetais não processados, consumidos pela população do Espírito Santo, em relação aos resíduos de agrotóxicos.

2.2 Específicos

Avaliar a exposição da população espírito-santense aos resíduos de agrotóxicos.

Caracterizar o risco relacionando-o à ingesta diária aceitável (IDA).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

.1 Toxicologia

A toxicologia é o estudo da natureza, das propriedades, da detecção e dos efeitos prejudiciais de um agente tóxico em um organismo alvo. No estudo de toxicologia, alguns termos técnicos são associados ao conhecimento nessa área, como: perigo, risco e toxicidade (SOLOMON, 2010).

De acordo com o manual de procedimentos do Codex Alimentarius (2008), perigo é um agente químico, físico ou biológico, presente em um alimento, com potencial para causar efeitos adversos à saúde, e risco é uma função da probabilidade de um perigo em um alimento causar efeitos adversos à saúde e da severidade desses efeitos.

Toxicidade é a capacidade tóxica inerente a uma substância química, sob condições experimentais. Há dois tipos de toxicidade: a aguda, obtida a partir da exposição do organismo alvo a um determinado produto químico por período muito curto de tempo e crônica, que é a exposição a pequenas quantidades, por um longo período de tempo (SOLOMON, 2010).

Os estudos toxicológicos podem ser divididos em: estudos *in vitro*, usando células ou organismos cultivados ou preparações de tecido de animais de laboratório ou de humanos; e estudos *in vivo* com animais de laboratório ou com humanos (OMS, 2009).

Para avaliar a toxicidade das substâncias e seus efeitos após a exposição vários testes de laboratório são realizados. Os testes de toxicidade são realizados em animais como ratos e camundongo, onde são administradas doses específicas para avaliar os efeitos adversos por períodos variando de exposições agudas a crônicas (SOLOMOM, 2010).

A dose de um agrotóxico que não produz nenhum efeito nos animais testados em estudo de toxicidade é conhecida como NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) ([STÜTZER; GUIMARÃES, 2003](#)). [Para a NOAEL não se observa efeito](#)

adverso da morfologia, capacidade funcional, crescimento, desenvolvimento ou expectativa de vida do organismo alvo nas condições definidas de exposição (SOLOMON, 2010).

Os estudos “dose-resposta” são realizados para caracterizar a relação entre a ingestão de determinada quantidade de uma substância e a manifestação de efeitos adversos à saúde. Dentre os parâmetros de ingestão crônica segura estimados para o homem está a Ingestão Diária Aceitável (IDA). A IDA é definida como a máxima quantidade de um produto que pode ser ingerida diariamente durante toda a vida, que à luz dos conhecimentos atuais parece não oferecer risco à saúde humana (STÜTZER; GUIMARÃES, 2003).

O valor da IDA é calculado com base no menor valor de NOAEL encontrado experimentalmente e dividido por um fator de segurança de 100 vezes. Esse fator adéqua a variabilidade de resposta interespecífica, em função dos testes serem feitos em animais de outras espécies que não os seres humanos, e a variabilidade intraespecífica, considerando que dentro de uma mesma espécie, os indivíduos variam quanto à sensibilidade a determinada droga (SILVA; GUIMARÃES, 2013).

A IDA é calcula através da Equação 1, e expressa em mg/kg de peso corporal/dia.

$$IDA = \frac{NOAEL}{(FS_1 \times FS_2)} \quad (1)$$

Onde:

FS₁ é o fator de segurança interespecífico.

FS₂ é o fator de segurança intraespecífico.

.2Análise de risco

Molak (1996) define análise de risco como uma metodologia que avalia a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso causado por um agente (químico, físico, ou outro), processo industrial, tecnologia ou processo natural.

As raízes da análise de riscos moderna estão na teoria da probabilidade e em métodos científicos criados para identificar relações causais entre efeitos adversos à saúde e diferentes tipos de riscos. Blaise Pascal introduziu a teoria da probabilidade em 1657; Edmond Halley propôs tabelas de expectativa de vida em 1693; e em

1792, Pierre Simon de Laplace desenvolveu um protótipo de análise de risco quantitativa com cálculos de probabilidade para morte por varíola, com e sem vacinação. O desenvolvimento conceitual de análise de risco nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos surgiu a partir de preocupações com a saúde humana decorrentes do desenvolvimento de usinas de energia nuclear e dos alertas decorrentes da publicação do livro de Rachel Carson, *The Silent Spring* (MOLAK, 1996).

A análise do risco possui três componentes: avaliação do risco, gerenciamento do risco e comunicação do risco, como mostra a Figura 1.



Figura 1. Etapas da análise e avaliação de risco (Fonte: JARDIM; CALDAS, 2009).

A avaliação do risco, por sua vez, se divide em quatro etapas: identificação do perigo ou dano, relação dose/resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco. É uma estrutura conceitual que, no contexto da segurança química de alimentos, provê um mecanismo para uma revisão estruturada das informações relevantes para a avaliação de possíveis resultados à saúde em relação a exposições a substâncias químicas presentes nos alimentos (OMS, 2009).

O componente científico central da análise de risco é a avaliação de risco, definida como a caracterização qualitativa e/ou quantitativa do potencial de um efeito adverso à saúde. Esse efeito adverso está associado à exposição de indivíduos ou de uma população a um perigo. Foi desenvolvida, fundamentalmente, para suprir a necessidade de informações para a tomada de decisões que visam à proteção da saúde (OPAS/OMS, 2008).

Os resultados da avaliação de risco podem ser qualitativos ou quantitativos, com vários formatos intermediários. Nas avaliações de risco quantitativas, os resultados são expressos em forma numérica e podem incluir uma descrição numérica da incerteza.

A partir de evidências científicas é possível elaborar delineamentos aplicados a modelos matemáticos para avaliação de risco. Estes geram diferentes possibilidades de eventos individuais que se combinam para determinar a chance de um resultado adverso à saúde. Esses modelos estocásticos são depois usados para criar e analisar diferentes cenários do risco. Tal enfoque é considerado em geral representativo do mundo real, mas esses modelos são complexos e difíceis de gerar. Nessa abordagem, estima-se a probabilidade (P) da ocorrência do efeito adverso resultante da exposição ao perigo estudado, utilizando-se no cálculo a relação dose-resposta. Esse tipo de análise utiliza distribuições e funções de densidade de probabilidade, e variáveis aleatórias associadas ao problema (NARDOCCI, 2010).

Os modelos utilizados em análise de risco levam em consideração o comportamento randômico das variáveis ou parâmetros de entrada, prevendo a probabilidade de ocorrência de cada exposição (dose) na população, do intervalo de valores de riscos e da ocorrência destes valores (WHO, 1997).

Há uma variedade de modelos analíticos e numéricos para avaliar a propagação das incertezas e variabilidades. No entanto, os métodos numéricos como a simulação de Monte Carlo têm sido mais empregados em avaliação de riscos pela possibilidade de atender a um número amplo de considerações sobre as variáveis de entrada; empregar diversos tipos de modelos; permitir avaliar os efeitos complexos de correlações e dependências das variáveis de entrada e melhorar sua precisão aumentando-se o tamanho da amostra (NARDOCCI, 2010).

3.2.1 Identificação do perigo e relação dose resposta

O objetivo desta etapa da avaliação de risco é identificar os potenciais efeitos adversos à saúde humana associados com a exposição a uma substância química (WHO, 1995).

Para identificar o perigo, diferentes fontes de informações podem ser

utilizadas, incluindo a relação estrutura molecular e atividade (*Structure-ActivityRelationship* - SAR), testes *in vitro*, estudos com animais de laboratório e estudos com seres humanos (WHO, 1995).

No entanto, estudos com animais de laboratório são as principais fontes de informação para identificar e caracterizar o dano causado ao homem por substâncias químicas presentes em alimentos (OECD, 1993).

Dentro do paradigma da avaliação do risco, a avaliação dose-resposta é considerada parte principal da caracterização do perigo, sendo usada para derivar valores de orientação baseados em saúde, como a IDA ou a ingesta diária tolerável (IDT), que são níveis de exposição humana considerados como sem risco apreciável à saúde. O parâmetro IDT é usado para os contaminantes e a IDA é para os casos em que a exposição pode ser controlada como os aditivos e os resíduos de agrotóxicos e de drogas veterinárias nos alimentos (OMS, 2009).

A obtenção de dados de dose-resposta pode ser demorada e apresentar um custo elevado. No entanto, é possível recorrer à literatura especializada e aos centros de informações, por exemplo, aos bancos de dados sobre contaminantes químicos, como do IPCS, *international program of chemicals safety* (OPAS/OMS, 2008).

3.2.2 Avaliação da exposição

A avaliação da exposição indica a quantidade do perigo a qual a população pode estar exposta, estimada através dos níveis de perigo nas matérias-primas, nos ingredientes incorporados ao alimento primário e no ambiente em geral. Esses dados, combinados ao consumo de alimentos da população, fornecem uma avaliação da exposição ao perigo nos alimentos realmente consumidos, durante determinado período de tempo (OPAS/OMS, 2008).

A ingestão dietética de um resíduo de agrotóxico é obtida multiplicando-se o nível de resíduos nos alimentos pela quantidade do alimento consumido. Então, o total da ingestão de resíduos é obtido pela soma dos consumos de todos os alimentos contendo o resíduo. A exposição a um resíduo de agrotóxico presente, ou que possa vir a estar presente, na água potável deve ser tomada em consideração quando tais informações estão disponíveis (WHO, 1997).

A ingestão diária de um resíduo químico pode ser calculada através da Equação 2 (JARDIM; CALDAS, 2009):

$$Ingestão = \frac{\sum (R_i \times C_i)}{Peso - corpóreo} \quad (2)$$

Onde:

R_i é o valor da concentração do resíduo no alimento i (mg/kg);

C_i é o consumo diário, em kg do alimento i pela população em estudo.

O valor da ingestão é dado em mg do resíduo por kg de peso corpóreo (mg/kg pc).

O peso corpóreo médio de adultos para a maioria das populações do mundo pode ser considerado 60 kg, de acordo com a OMS (2009), quando estes dados não são obtidos da pesquisa de orçamento familiar (POF).

Os métodos disponíveis para a estimativa da exposição via dieta estão divididos em métodos que fornecem estimativas únicas (pontuais) e aqueles que caracterizam a distribuição total das exposições do consumidor. As estimativas pontuais incluem: métodos de triagem, métodos de exposição amparados em estimativas grosseiras de consumo, tais como a Ingestão Diária Teórica Máxima (IDTM) e outros modelos de dietas. Métodos mais refinados de exposição são baseados nos dados de consumo real e nos dados de concentração de substâncias químicas, tais como Estudos de Dieta Totais (ETDs), estudos seletivos de alimentos individuais e dietas de porções duplicadas (OMS, 2009).

A IDTM para agrotóxicos, drogas veterinárias ou aditivos alimentares é estimada utilizando o limite máximo permitido pela legislação para cada composto/alimento. Em geral, essa estimativa é bastante conservadora, pois presume que todos os alimentos contêm a substância no nível do limite máximo e que o indivíduo os consome diariamente durante toda a vida. No caso de agrotóxicos e drogas veterinárias presume-se ainda que não exista nenhuma degradação do composto durante o transporte, armazenamento e processamento desses alimentos (JARDIM; CALDAS, 2009).

A caracterização da distribuição total das exposições do consumidor é a

avaliação que mais exige recursos, já que são necessários dados que caracterizem a faixa de práticas de consumo de alimentos e a faixa de concentrações das substâncias químicas nos alimentos que são ingeridos. O modelo escolhido pode ser mais ou menos conservador, dependendo do propósito e das informações disponíveis.

Existem duas abordagens principais para se analisarem os alimentos: análise de combinações de grupos de alimentos e análise de alimentos individuais (OMS, 2009).

3.2.3 Caracterização do risco

A caracterização do risco integra informações da caracterização do perigo e da avaliação da exposição para gerar uma estimativa de risco e, conseqüentemente, recomendação científica aos gestores (OMS, 2009).

As conclusões da caracterização do risco devem incluir e descrever as limitações da avaliação, as incertezas que surgiram em todo o processo e a variabilidade dos elementos, para que o gestor do risco possa avaliar a confiabilidade do estudo (OPAS/OMS, 2008).

As metodologias utilizadas para caracterizar o risco variam de acordo com as características toxicológicas da substância: a que necessita de um limiar de dose no organismo para exercer sua ação tóxica (substâncias não genotóxicas) ou aquela que não necessita deste limiar (substâncias carcinogênicas e genotóxicas) (JARDIM; CALDAS, 2009).

Para substâncias que produzem efeitos que exibem um limiar a caracterização do risco é realizada pela comparação da IDA com a exposição estimada ou medida (WHO, 1995; OMS, 2009).

Esse risco pode ser expresso em porcentagem do parâmetro toxicológico, como exemplo a IDA, numa exposição crônica (Equação 3). Nesse caso, o risco pode existir quando a porcentagem ultrapassa 100 (JARDIM; CALDAS, 2009), como segue:

$$\%IDA = \frac{\text{Ingestão}}{IDA} \times 100 \quad (3)$$

.3Programas oficiais de monitoramento de resíduos de agrotóxicos

.3.1Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA)

No ano de 2001, o Ministério da Saúde, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), implantou a nível nacional o PARA, sob a forma de projeto que somente em 2003 se transformou em programa através da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC 119/03, e passou a ser desenvolvido anualmente no âmbito do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS). O objetivo do PARA é contribuir para a segurança alimentar, visando prevenir intoxicações agudas ou crônicas.

As coletas dos alimentos foram realizadas pelas Vigilâncias Sanitárias Estaduais ou Municipais de acordo com princípios e guias internacionalmente aceitos, como o *Codex Alimentarius* (ANVISA, 2014).

Hoje, as amostras são coletadas em 24 Estados e no Distrito Federal, sendo analisadas por cinco laboratórios, dos quais quatro são laboratórios centrais de saúde pública (LACEN). Todos estão em conformidade com a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 e dois credenciados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) (JARDIM; CALDAS, 2011).

São analisadas amostras de 22 culturas através do PARA: arroz, abobrinha, abacaxi, alface, banana, batata, beterraba, cebola, cenoura, couve, feijão, laranja, maçã, mamão, manga, milho, morango, pepino, pimentão, repolho, tomate e uva (ANVISA, 2014).

Para a maioria dos compostos analisados emprega-se o método multirresíduo (MRM, do inglês *Multiresidue Methods*), que permite analisar diferentes ingredientes ativos de agrotóxicos em uma mesma amostra (JARDIM; CALDAS, 2011; ANVISA, 2014).

.3.2Plano nacional de controle de resíduos e contaminantes em produtos de origem vegetal (PNCRC/Vegetal)

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), através da

Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA) criou a Coordenação de Resíduos e Contaminantes (CRC), que é responsável pelas ações do (PNCRC/Vegetal). Esse plano foi criado em 2008, visando à garantia de qualidade e de segurança química dos produtos de origem vegetal, por meio de procedimentos de amostragem e análise laboratorial.

O PNCRC/Vegetal monitora os produtos em propriedades rurais, estabelecimentos beneficiadores e em centrais de abastecimento, destinados ao mercado interno e à exportação, seguindo o plano de amostragem recomendado pelo *Codex Alimentarius* (MAPA, 2015).

São coletadas amostras de 11 culturas pelo PNCRC/Vegetal: maçã, mamão, tomate, alface, morango, banana, uva, manga, abacaxi, limão e melão. As amostras são analisadas por laboratórios oficiais ou credenciados e pertencentes à Rede Nacional de Laboratórios Agropecuários (LANAGRO), sendo exigida de todos os integrantes a acreditação do Inmetro pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005.

Para as análises de resíduos emprega-se os mesmos métodos utilizados pelo PARA/Anvisa, GC/FPD e MRM (JARDIM; CALDAS, 2011).

3.3.3 Saúde do campo para a cidade

O Estado do Espírito Santo, através do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (Idaf) implantou no ano de 2003 o Programa Saúde do Campo para a Cidade. Através do desse programa são coletadas amostras de produtos vegetais nas propriedades rurais para análise de resíduos de agrotóxicos.

São analisadas amostras de 11 culturas de forma contínua pelo Idaf: alface, abacaxi, banana, goiaba, laranja, mamão, maracujá, morango, pimentão, tangerina e tomate. De acordo com as necessidades da fiscalização outras culturas são amostradas de forma esporádica, seja por denúncias ou suspeita de uso irregular. O instituto adota os princípios do *Codex Alimentarius* no processo de amostragem.

O laboratório é selecionado por processo de licitação pública sendo exigida a acreditação do Inmetro pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005, e a metodologia analítica empregada segue a mesma utilizada pela Anvisa e pelo MAPA.

Entre os anos de 2007 e 2012, através do Programa Saúde do Campo para a Cidade, foram analisadas 2.683 amostras de 21 culturas diferentes. Detectou-se algum tipo de resíduo de agrotóxicos em 58,74% das amostras. Foram detectados 56 diferentes ingredientes, sendo os Ditiocarbamatos aqueles encontrados com maior frequência (31,46%).

3.4 Ditiocarbamatos

O grupo dos Ditiocarbamatos engloba cinco compostos registrados no Brasil, Mancozebe, Metam, Metiram, Propinebe e Tiram. De acordo com Rebelo et al. (2010), mancozebe é o mais utilizado, possuindo registro para 33 culturas alimentares.

Os ingredientes ativos do grupo dos ditiocarbamatos são determinados sob a forma de bissulfeto de carbono (CS₂), por espectrofotometria ou por cromatografia em fase gasosa (GC/FPD) (ANVISA, 2014).

A IDA do ingrediente ativo mancozebe foi utilizada como parâmetro toxicológico no valor de 0,03 mg/kg pc. Com a finalidade de transformar essa IDA em valores de Ditiocarbamatos em CS₂ utilizou-se o fator de correção molecular de 1,776 conforme Lemes et al. (2005).

4 METODOLOGIA

Foi realizada uma avaliação quantitativa e probabilística do risco de intoxicação crônica com agrotóxicos, através da ingestão de alimentos não processados, para a população do Espírito Santo. Esta avaliação foi desenvolvida com base nos resultados das análises de resíduos de agrotóxicos obtidas do banco de dados do PARA/Anvisa e Idaf/ES, além dos dados do IBGE.

O trabalho foi dividido em quatro etapas: identificação do perigo, caracterização dose/resposta, avaliação da exposição e caracterização do risco, conforme as orientações para prever a ingestão de resíduos de pesticidas do Guia da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1997).

.1 Identificação do perigo

Para identificar quais as substâncias que apresentam perigo nos alimentos, foram avaliados os resultados das análises de resíduos de agrotóxicos dos alimentos produzidos e, ou, comercializados no Estado do Espírito Santo.

As informações foram obtidas dos programas oficiais de monitoramento de resíduos de agrotóxicos em alimentos do PARA/Anvisa e do Programa Saúde do Campo para a Cidade do Idaf/ES, entre os anos de 2007 e 2012.

Para cada cultura agrícola analisada pelos programas, foram reunidos os ingredientes ativos detectados e as suas respectivas concentrações em mg/kg.

.2 Caracterização dose/resposta

Nesta fase, trabalhou-se com todos os ingredientes ativos detectados nos resultados das análises de resíduos em amostras comercializadas e, ou, produzidas no Espírito Santo.

Os parâmetros toxicológicos para os perigos do consumo dos ingredientes ativos avaliados nesse trabalho, foram obtidos a partir das monografias encontradas

nas bases de dados da Anvisa (ANVISA, 2014) e da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2014), de onde foram obtidos os valores das IDAs.

.3Avaliação da exposição

Para avaliar a exposição aos resíduos de agrotóxicos através da ingestão, foi utilizado o consumo alimentar per capita da população do Espírito Santo, obtido a partir da análise dos quadros 71 e 72 da POF7, sexta edição da POF 2008 – 2009: “Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil”, publicado em 14/09/2012 (IBGE, 2015).

Para estimar a ingestão de resíduos de agrotóxicos, através da alimentação da população do Espírito Santo, foram utilizadas as quantidades dos alimentos consumidos em dois dias não consecutivos, por pessoa. Nessa pesquisa, o IBGE coletou dados de consumo de todos os moradores com 10 anos ou mais de idade, em 13.569 domicílios. Para a subamostra do Estado foram entrevistadas 841 pessoas em 376 domicílios.

Os dados codificados da POF foram extraídos para o Microsoft Excel® e selecionadas as informações para a unidade da federação (UF) de número 32, correspondente ao Estado do Espírito Santo. Os códigos do tipo de alimento, frequência consumida e quantidade final consumida em gramas, foram adicionados ao arquivo e, posteriormente, decodificados. Aproveitou-se para avaliação da estimativa da ingestão somente os consumos relativos às culturas para as quais foram identificados resíduos nas análises dos programas de resíduos da Anvisa e do Idaf.

Os 5.326 consumos alimentares individuais extraídos do banco de dados do IBGE, foram separados por alimento e transformados em kg.

Estimou-se a exposição via dieta por uma abordagem de análise de combinação de alimentos, através do método da distribuição total das exposições. Para tanto, foi realizada a Simulação de Monte Carlo.

No método de Monte Carlo, foram gerados 10.000 dados de entrada estocásticos a partir de suas distribuições de probabilidades e usados para compor o modelo que descreveu o processo da exposição ao risco, gerando respostas aleatórias. Neste estudo, utilizou-se o programa estatístico Minitab®, versão 16.1,

para simular 10.000 respostas de consumos alimentares individuais e de concentrações de resíduos para cada ingrediente ativo e alimento estudado.

A simulação de Monte Carlo para cada ingrediente ativo estudado foi realizada em quatro etapas, como mostra o fluxograma da Figura 2.

O primeiro passo foi gerar um histograma de concentrações de resíduos de cada ingrediente ativo avaliado para as culturas nas quais foram detectados esses resíduos. Depois, para cada alimento foi gerado um gráfico de frequências dos consumos.

Figura 2. Fluxograma da simulação de Monte Carlo para a estimativa da ingesta de resíduos do espírito-santense através da alimentação.

Os histogramas permitiram inferências em relação às distribuições de probabilidades das variáveis, que foram então identificadas para as concentrações dos ingredientes ativos e para os consumos daqueles alimentos avaliados. Foram realizados os testes de Kolmogorov-Smirnov para as distribuições Normal, Exponencial e Gamma. Após a identificação, determinaram-se os seus respectivos parâmetros.

De acordo com as distribuições de probabilidades e os seus parâmetros, foram gerados dados aleatórios para as concentrações dos ingredientes ativos nos alimentos e para os consumos desses alimentos.

Com os dados randômicos de concentração (R_i) e consumo (C_i), a ingesta diária de cada ingrediente ativo para a população do Espírito Santo foi estimada utilizando-se a Equação de Jardim e Caldas (2009), apresentada no item 3.2.2.

.4Caracterização do risco

A caracterização do risco de intoxicação crônica para cada ingrediente ativo, através da dieta da população do Espírito Santo, deu-se pela comparação da ingestão diária estimada com a IDA, conforme a equação 3, apresentada no item 3.2.3.

O risco foi expresso quantitativamente como uma função da probabilidade de um perigo em um alimento causar efeitos adversos à saúde. Para este estudo, o risco ocorreu quando uma quantidade de resíduo ingerida foi maior que o parâmetro toxicológico (IDA). Dessa forma, calculou-se o risco, como a probabilidade p , em porcentagem, para cada possibilidade de ingestão estimada em função do consumo, através da Equação 4:

$$p = P(\text{consumo} \neq 0) = \frac{n}{N} \times 100 \quad (4)$$

Onde n é o número de ocorrências de consumo diferente de zero e N é o número de todos os consumos estimados, no presente estudo $N = 10.000$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizou-se a avaliação quantitativa e probabilística do risco de intoxicação crônica por agrotóxicos através da ingestão de alimentos não processados, para a população do Espírito Santo. Os resultados deste trabalho estão divididos em cinco etapas: (i) Ingredientes ativos de agrotóxicos presentes nos alimentos, (ii) Estimativa da ingesta, (iii) Parâmetro toxicológico, (iv) Caracterização do risco e (v) Ingredientes ativos para os quais houve extrapolação da IDA.

5.1 Ingredientes ativos de agrotóxicos presentes nos alimentos

Ao relacionar os resultados das análises de resíduos de agrotóxicos, em amostras coletadas pelos PARA/Anvisa e Programa Saúde do Campo para a Cidade, foram identificados 88 ingredientes ativos distribuídos entre 3.970 detecções de resíduos. As frequências desses ingredientes ativos estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1. Frequências dos 78 ingredientes ativos encontrados nas análises de resíduos entre os anos 2007 e 2012, para alimentos consumidos e, ou, produzidos no Espírito Santo

Ingrediente ativo	Frequência (%)
Ditiocarbamatos (CS2)	23,77
Fenpropatrina	11,18
Carbendazim	8,06
Azoxistrobina	7,50
Difenoconazol	7,18
Procimidona	4,36
Fluazinam	4,00
Tebuconazol	3,65
Acefato	2,90
Lambda-Cialotrina	2,72
Tiametoxam	1,94
Clorpirifós	1,81
Imidacloprido	1,74
Metamidofós	1,49
Profenofós	1,49

Outros	16,24
--------	-------

Os ingredientes ativos do grupo dos Ditiocarbamatos (Mancozebe, Metam, Metiram, Propinebe e Tiram), quantificados como CS₂, tiveram uma maior ocorrência nas análises de resíduos, principalmente, em amostras de mamão, tomate, pimentão e alface.

Entre os alimentos analisados pelos programas PARA/Anvisa e Saúde do Campo para a Cidade (Idaf/ES) foram avaliados os seguintes: abacaxi, abobrinha, alface, arroz, banana, batata, beterraba, brócolis, cebola, cenoura, coco, couve, feijão, jiló, goiaba, laranja, maçã, mamão, manga, maracujá, morango, pepino, pimentão, tangerina, repolho, tomate e uva.

Das 27 culturas agrícolas avaliadas nos programas de análise de resíduos de agrotóxicos, 23 apresentaram informações de consumo alimentar individual diferente de zero, segundo a POF/IBGE. Houve 5.348 informações de consumo alimentar *per capita* para a população do Espírito Santo, distribuídas entre os seguintes alimentos: abacaxi, alface, arroz, banana, batata, brócolis, cenoura, coco, couve, feijão, goiaba, jiló, laranja, maçã, mamão, manga, morango, pepino, pimentão, tangerina, repolho, tomate e uva.

5.2 Estimativa da ingestão

No presente trabalho, a estimativa da exposição via dieta foi realizada para os seguintes alimentos: abacaxi, alface, arroz, banana, batata, brócolis, cenoura, coco, couve, feijão, goiaba, jiló, laranja, maçã, mamão, manga, morango, pepino, pimentão, tangerina, repolho, tomate e uva. A maioria desses alimentos apresentou frequência de ocorrência de consumo, pela população do Espírito Santo, modelada pela distribuição de Bernoulli, com a manifestação de apenas dois resultados: consome ou não consome o alimento (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas da probabilidade e da média do consumo alimentar, de acordo com a distribuição de Bernoulli

Alimento	Probabilidade	Média (g)
Banana	0,327	94,40
Alface	0,179	30,00
Tomate	0,181	59,30
Batata	0,168	112,30
Laranja	0,163	286,00
Maçã	0,159	152,10
Abacaxi	0,143	248,70

Couve	0,071	3,00
Alimento	Probabilidade	Média (g)
Mamão	0,068	243,90
Manga	0,044	231,10
Cenoura	0,027	55,00
Coco	0,026	217,30
Pepino	0,027	32,00
Goiaba	0,002	255,00
Morango	0,005	57,00
Pimentão	0,001	6,00
Uva	0,005	99,30

Os alimentos arroz e feijão, que formam a base da alimentação, não apenas espírito-santense, mas brasileira, apresentaram poucos valores iguais a zero para o consumo alimentar dessa população. O consumo para esses alimentos ficou dividido em três níveis: frequência baixa para baixo consumo, muitas ocorrências de consumo mediano e poucos casos de consumo elevado. Para tanto, adotou-se a distribuição triangular para estimar tais probabilidades (Tabela 3).

Alimento	Limite inferior (g)	Moda (g)	Limite superior (g)
Arroz	15,50	90,00	360,00
Feijão	0,00	140,00	560,00

Tabela 3. Estimativa dos parâmetros da distribuição triangular relativos ao consumo de arroz e feijão

A POF/IBGE mostrou um consumo inexistente para abobrinha, beterraba, brócolis, cebola, jiló, maracujá, repolho e tangerina.

A maioria dos ingredientes ativos avaliados, nos programas PARA/Anvisa e Saúde do Campo para a Cidade, apresentou a concentração zero como a mais frequente, para a maioria dos alimentos consumidos. Dessa forma, prevaleceu a distribuição de Bernoulli para as concentrações dos ingredientes ativos, como o ocorrido para o consumo alimentar.

Somente os Ditiocarbamatos em CS₂ é que apresentaram maior variação dos valores de concentrações nos alimentos consumidos pela população do Espírito Santo, modeladas pelas distribuições de Bernoulli, uniforme e exponencial (Tabela 4). Suas concentrações em alface, maçã, mamão, maracujá, pimentão e tomate, apresentaram os maiores valores de acordo com a distribuição exponencial. Portanto, esses alimentos foram considerados como os maiores responsáveis pelo

consumo dos Ditiocarbamatos em CS₂ através da dieta da população do Espírito Santo.

Ainda no grupo dos Ditiocarbamatos, as concentrações em brócolis, jiló e tangerina, apresentaram a mesma frequência em todo o intervalo, o que implicou na distribuição uniforme (Tabela 4).

Com base nas distribuições ajustadas, o grupo químico dos Ditiocarbamatos foi o que apresentou maior probabilidade de apresentar risco de intoxicação para a população do Espírito Santo, por ter maior variação de concentrações modeladas pelas distribuições exponencial e uniforme.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros das distribuições de Bernoulli, exponencial e uniforme, relativos às concentrações de Ditiocarbamatos em CS₂

Cultura	Parâmetros	
Distribuição de Bernoulli	Probabilidade	Média (mg/kg)
Couve	0,21	0,08
Abobrinha	0,18	0,10
Coco	0,17	1,10
Laranja	0,14	0,15
Pepino	0,14	0,07
Repolho	0,11	0,05
Beterraba	0,08	0,20
Goiaba	0,07	0,05
Feijão	0,06	0,07
Morango	0,06	0,50
Uva	0,04	0,63
Distribuição de Exponencial	Escala (mg/kg)	
Alface	0,80	
Mamão	0,67	
Tomate	0,39	
Pimentão	0,26	
Maçã	0,18	
Maracujá	0,15	
Distribuição Uniforme	Limite inferior (mg/kg)	Limite superior (mg/kg)
Jiló	0,00	0,76
Brócolis	0,00	0,52
Tangerina	0,00	0,26

As ingestas dos ingredientes ativos estimadas neste trabalho, através da Equação 2 segundo a metodologia de Caldas e Jardim (2009), apresentaram na maioria das vezes, distribuições de Bernoulli, com exceção apenas para o grupo dos Ditiocarbamatos, cujas ingestas apresentaram distribuição exponencial, com parâmetro de escala de 2,87.

As ingestas dos ingredientes ativos Espinosade, Indoxacarbe, Mevinfós, Parationa-etílica, Pirimetanil e Vinclozolina apresentaram resultados iguais a zero, não havendo ingestão desses resíduos através da alimentação.

5.3 Parâmetro toxicológico

A pesquisa dos parâmetros toxicológicos na base de dados da Anvisa encontrou valores de IDA para 72 dos 88 ingredientes ativos de resíduos de agrotóxicos, encontrados nos alimentos consumidos e, ou, produzidos no Espírito Santo (Tabela 5).

Tabela 5. IDAs recomendadas pela Anvisa para os ingredientes ativos dos agrotóxicos encontrados nos programas de resíduos PARA e Saúde do Campo para a Cidade Idaf/ES

Ingrediente Ativo	IDA (mg/kg pc)	Ingrediente Ativo	IDA (mg/kg pc)
Abamectina	0,002	Fenarimol	0,01
Acefato	0,0012	Fenitrotiona	0,005
Acetamiprido	0,024	Fenpiroximato	0,01
Azoxistrobina	0,02	Fenpropatrina	0,03
Benalaxil	0,04	Flutriafol	0,01
Beta-ciflutrina	0,02	Folpete	0,1
Bifentrina	0,02	Fosalona	0,02
Boscalida	0,04	Fosmete	0,005
Buprofezina	0,01	Imazalil	0,03
Captana	0,1	Imidacloprido	0,05
Carbaril	0,003	Indoxacarbe	0,01
Carbendazim	0,02	Iprodiona	0,06
Carbofurano	0,002	Lambda-cialotrina	0,05
Carbosulfano	0,01	Metconazol	0,048
Ciflutrina	0,02	Metidationa	0,001
Cipermetrina	0,05	Metoxifenoazida	0,1
Ciproconazol	0,01	Mevinfós	0,0008
Clorfenapir	0,03	Miclobutanil	0,03
Clorotalonil	0,03	Permetrina	0,05
Clorpirifós	0,01	Piraclostrobina	0,04
Clotianidina	0,09	Pirimetanil	0,2
Cresoxim-metílico	0,4	Pirimicarbe	0,02

Deltametrina	0,01	Pirimifós-metílico	0,03
Diafentiurum	0,003	Procimidona	0,1
Dicofol	0,002	Procloraz	0,01
Difenoconazol	0,6	Profenofós	0,01
Diflubenzurom	0,02	Propamocarbe	0,1
Ingrediente Ativo	IDA (mg/kg pc)	Ingrediente Ativo	IDA (mg/kg pc)
Dimetoato	0,002	Propargito	0,01
Dissulfotom	0,0003	Tebuconazol	0,03
Ditiocarbamatos	0,03	Tetraconazol	0,005
Epoconazol	0,003	Tiabendazol	0,1
Espinosade	0,02	Tiacloprido	0,01
Espirodiclofeno	0,01	Tiametoxam	0,02
Etefom	0,05	Triadimenol	0,05
Etofenproxi	0,03	Triazofós	0,001
Famoxadona	0,006	Trifloxistrobina	0,03

Entre os valores de IDA determinados pela Anvisa, para os ingredientes ativos encontrados nos alimentos consumidos pela população do Espírito Santo, o dissulfotom apresentou o menor valor e, conseqüentemente, o maior perigo para o consumo.

Os valores de IDA para aqueles ingredientes ativos que não possuem monografias definidas no banco de dados da Anvisa, foram obtidos dos parâmetros internacionalmente aceitos da base de dados da OMS (Tabela 6).

O menor valor encontrado para IDA, entre os parâmetros toxicológicos determinados pela OMS, foi para o ingrediente ativo dimetoato, o que indicou um maior perigo para o consumo.

Os ingredientes ativos Alacloro, Ametrina, Diurom e Linurom não possuem valores de IDA determinados pela Anvisa ou pela OMS por serem produtos utilizados em aplicação pré e, ou, pós-emergência de plantas infestantes em diversas culturas. Assim, considerou-se a IDA como sendo zero para estes ingredientes ativos.

Tabela 6. IDAs recomendadas pela OMS para os ingredientes ativos dos agrotóxicos encontrados nos programas de resíduos PARA e Saúde do Campo para a Cidade Idaf/ES

Ingrediente Ativo	IDA (mg/kg pc)
Dimetomorfe	0,2
Endossulfam	0,006
Fentoato	0,003
Metalaxil	0,08
Metamidofós	0,004
Metomil	0,02

Ometoato	0,0003
Parationa-etílica	0,003
Vinclozolina	0,01

5.4 Caracterização do risco

A caracterização do risco da exposição crônica aos resíduos de agrotóxicos através da dieta, para vegetais não processados, deu-se pela comparação da ingesta estimada, para a população do Espírito Santo, com o parâmetro toxicológico (IDA), para cada valor simulado através do Método de Monte Carlo.

Os valores de ingesta de resíduos de agrotóxicos, através dos alimentos avaliados neste trabalho, apresentaram uma alta repetição de zeros, indicando uma distribuição de Bernoulli, com apenas duas possibilidades (risco ou não) para o consumo desses agrotóxicos, com exceção aos Ditio carbamatos que apresentaram distribuição exponencial.

Há risco à saúde quando os valores estimados para a ingesta de resíduos de agrotóxicos extrapolam os valores de IDA. Na Tabela 7 são relacionados os ingredientes ativos que não apresentaram risco à saúde do consumidor em relação aos alimentos avaliados neste estudo, o valor máximo alcançado para as porcentagens da IDA e a probabilidade de haver o consumo.

Tabela 7. Ingestas de resíduos estimadas para a população do Espírito Santo e probabilidade de ocorrer a ingesta para os ingredientes ativos cujos valores de ingesta não extrapolaram suas IDAs

Ingrediente Ativo	Ingesta (%IDA)	Probabilidade	Ingrediente Ativo	Ingesta (%IDA)	Probabilidade
Metamidofós	73,78	0,05	Clorpirifós	3,75	0,02
Metidationa	69	0,06	Flutriafol	3,23	0,01
Tiabendazol	47,94	0,07	Propargito	2,47	0,01
Ometoato	35,77	0	Tiametoxam	2,13	0,02
Permetrina	33,33	0,01	Tetraconazol	2,02	0
Tebuconazol	33,11	0,18	Fenitrotriona	2	0,07
Carbaril	14,7	0	λ-Cialotrina	1,74	0,04
Procimidona	12,21	0,07	Clorotalonil	1,68	0,02
Famoxadona	9,89	0,01	Deltametrina	1,58	0,05
Iprodiona	9,47	0	Cipermetrina	1,55	0,03
Imazalil	9,14	0,02	Piraclostrobina	1,25	0,03
Etefom	8,86	0,08	Ciproconazol	1,22	0
Fenpropatrina	6,92	0,05	Captana	0,87	0,04
Azoxistrobina	6,86	0,04	Trifloxistrobina	0,81	0
Carbofurano	6,1	0,02	Bifentrina	0,77	0

Imidacloprido	5,69	0,05	Diflubenzurom	0,72	0,01
Triadimenol	5,36	0	Carbendazim	0,71	0,03
Profenofós	4,54	0,02	Fentoato	0,66	0
Fosmete	3,82	0,01	Carbosulfano	0,57	0,03
Ingrediente Ativo	Ingesta (%IDA)	Probabilidade	Ingrediente Ativo	Ingesta (%IDA)	Probabilidade
Clorfenapir	0,55	0	Fenpiroximato	0,03	0
Epoxiconazol	0,54	0	Fenarimol	0,03	0
Fosalona	0,54	0,03	Folpete	0,03	0,01
Tiacloprido	0,4	0	Pirimicarbe	0,03	0,1
Ciflutrina	0,32	0	Clotianidina	0,02	0,01
Diafentiurum	0,32	0,01	Metalaxil	0,02	0
Pirimifós	0,3	0,12	Metconazol	0,02	0
Etofenproxi	0,28	0,02	Benalaxil	< 0,01	0
Propamocarbe	0,2	0	Beta-ciflutrina	< 0,01	0
Acetamiprido	0,17	0	Boscalida	< 0,01	0
Miclobutanil	0,11	0	Cresoxim	< 0,01	0
Dimetomorfe	0,1	0	Metoxifenoazida	< 0,01	0
Espirodiclofen o	0,1	0	Procloraz	< 0,01	0,02
Metomil	0,09	0	Triazofós	< 0,01	0,01
Difenoconazol	0,05	0,06			

Os ingredientes ativos de agrotóxicos Espinosade, Indoxacarbe, Mevinfós, Parationa-etílica, Pirimetanil e Vinclozolina, apresentaram valores de ingesta e risco de intoxicação, através dos alimentos avaliados, iguais a zero.

Os ingredientes ativos Alacloro, Ametrina, Diurom, Fluazinam, Linurom e Tetradifona não possuem valores de IDA estabelecidos pela Anvisa ou WHO nos bancos de dados da WHO e da Anvisa. Assim, considerou-se como sendo nulos os seus parâmetros toxicológicos. A ingesta destes ingredientes ativos, as probabilidades de consumo e consequentes problemas para a saúde da população do Espírito Santo foram consideradas baixas (Tabela 8).

Tabela 8. Probabilidade, valores médio e máximo de ingesta, para a população do Espírito Santo, de ingredientes ativos que não possuem IDAs estabelecidas pela Anvisa e OMS, em função dos alimentos avaliados pelos programas oficiais de análise de resíduos da Anvisa e do IDAF/ES

Ingrediente Ativo	Média (mg/kg pc dia)	Máximo (mg/kg pc dia)	Probabilidade
Alacloro	0,000028	0,000059	0,0300
Ametrina	0,000023	0,000023	0,0100
Diurom	0,000127	0,000814	0,0200
Fluazinam	0,000038	0,000494	0,0020

Linurom	0,000004	0,000004	0,0020
Tetradifona	0,000055	0,000055	0,0001

Esses ingredientes ativos que não possuem IDAs estabelecidas pela Anvisa ou pela OMS, através do *Codex*, apresentaram valores de ingesta baixos, sendo a estimativa de ingesta igual a 0,000814 mg/kg pc, para o ingrediente ativo Diurom, com probabilidade de consumo de 0,02.

Entre os ingredientes ativos encontrados nas amostras analisadas através do Programa Saúde para o Campo (IDAF/ES) e do PARA/Anvisa, oito apresentaram valores de ingesta de resíduos pela alimentação acima da IDA (Tabela 9). É importante levar em consideração que no cálculo da estimativa de ingestão crônica, as amostras com resultados abaixo do limite de quantificação (LOQ), foram consideradas com LOQ/2 e não foram aplicados fatores de processamento, condições que tornaram as estimativas mais conservadoras.

Tabela 9. Ingredientes ativos que extrapolaram suas IDAs, ingestas estimadas para a população do Espírito Santo através de alimentos vegetais não processados, probabilidade de ocorrer a ingesta e o risco associado

Ingrediente Ativo	Ingesta (%IDA)	Probabilidade	Risco (%)
Dimetoato	140,89	0,0610	8,59
Dicofol	250,66	0,0205	5,14
Endossulfam	345,53	0,0067	2,32
Acefato	225,57	0,0045	1,02
Buprofezina	166,67	0,0030	0,50
Dissulfotom	108,53	0,0017	0,18
Ditiocarbamatos	126,60	0,0005	0,06
Abamectina	106,00	0,0003	0,03

A extrapolação da IDA variou de 6%, em Abamectina, a até mais de duas vezes o valor da IDA para o Endossulfam. No entanto, apresentaram baixa probabilidade de consumo, variando de 0,0003, para Abamectina, a 0,061 para Dimetoato. O risco, em função da probabilidade da ingesta de resíduos acima da IDA e do quanto estes valores foram extrapolados, ficou entre 0,03 (Abamectina) e 8,59 (Dimetoato).

Mesmo extrapolando a IDA, os ingredientes ativos relacionados na Tabela 9 apresentaram baixo risco à saúde do consumidor em função da baixa probabilidade de consumo em quantidades suficientes para haver danos. O risco variou entre 0,03 e 8,59%.

5.5 Ingredientes ativos com extrapolação da IDA

5.5.1 Abamectina

A maior estimativa para o consumo de abamectina, através da simulação de Monte Carlo, extrapolou a IDA desse ingrediente ativo em 6,0%. Mamão e morango foram os alimentos responsáveis por esse consumo.

As distribuições de probabilidades apresentadas para os consumos de mamão e morango foram as de Bernoulli, sendo que o consumo individual de mamão apresentou maior probabilidade de ocorrência ($p=0,07$) e maior média (243,90 g) comparado ao consumo de morango (0 e 57 g), para os dados da POF. Conseqüentemente, foi o alimento que mais contribuiu para que a ingesta de abamectina extrapolasse a IDA.

5.5.2 Acefato

Resíduos do ingrediente ativo Acefato podem extrapolar a IDA em até 125,57% (Tabela 9). Eles foram detectados em 11 culturas agrícolas avaliadas pelos programas de análise de resíduos de agrotóxicos da Anvisa e Idaf/ES, elencada na Tabela 10.

Tabela 10. Estimativas de probabilidade e média, do consumo alimentar e concentrações de Acefato de acordo com a distribuição de Bernoulli

Alimento	Consumo		Concentração	
	Probabilidade	Média (g)	Probabilidade	Média (mg/kg)
Abobrinha	-	-	0,06	0,012
Alface	0,179	30,00	0,03	0,368
Cenoura	0,027	55,00	0,10	0,015
Goiaba	0,002	255,00	0,07	0,090
Laranja	0,162	286,00	0,03	0,500
Maçã	0,159	152,10	0,04	0,024
Maracujá	-	-	0,05	0,080
Pepino	0,027	32,00	0,24	0,125
Pimentão	0,001	6,00	0,16	0,267
Repolho	-	-	0,11	0,003
Tomate	0,180	59,30	0,16	0,141

Devido à não identificação de consumo de abobrinha, maracujá e repolho pela POF/IBGE, o peso dos resíduos de Acefato nesses alimentos foi zero.

Dentre as culturas que apresentaram resíduos de Acefato, nas avaliações dos programas da Anvisa e do Idaf/ES, as que mais influenciaram para a ingestão de Acefato através da alimentação foram alface, tomate, laranja e maçã, por apresentarem os maiores valores de p e médias nas distribuições de Bernoulli.

Em nota técnica (DOU, 2009) sobre a reavaliação do Acefato, a Anvisa discorre sobre a preocupação com a exposição a baixas doses de organofosforados:

“É importante destacar que há uma preocupação em relação à exposição crônica às doses baixas (exposições subclínicas) de agrotóxicos organofosforados e aos possíveis efeitos sobre a saúde humana. Suspeita-se que essas exposições contínuas a organofosforados possam levar a distúrbios cognitivos e neuropsiquiátricos. Há também indícios, originários de estudos em animais, indicativos de que crianças são mais vulneráveis que adultos aos efeitos adversos de organofosforados, e de que a exposição durante o desenvolvimento neurocomportamental pode levar a alterações permanentes”.

O Acefato foi reavaliado pela Anvisa e, em outubro de 2013, foi publicada a Resolução - RDC nº 45, regulamentando o uso desse ingrediente ativo. Nesse regulamento técnico foram excluídas da monografia do Acefato a aplicação costal e, ou, manual e as culturas de cravo, crisântemo, fumo, pimentão, rosa e tomate de mesa; sendo também estabelecida uma nova IDA de 0,0012 mg/kg pc, que foi utilizada para avaliação do risco nesse trabalho (DOU, 2013). É possível que esta reavaliação tenha contribuído para reduzir o impacto da ingestão de Acefato pelo consumo do tomate e pimentão, ao proibir o seu uso nessas culturas.

O presente trabalho não realizou a avaliação de risco para as diferentes faixas etárias, sendo necessários estudos complementares para as crianças que por apresentarem um peso corpóreo menor, estariam sujeitas às maiores exposições.

5.5.3 Buprofezina

O ingrediente ativo Buprofezina, detectado nas análises de resíduos dos programas PARA/Anvisa e Saúde do Campo para a Cidade/Idaf/ES somente em

amostras de laranja, apresenta probabilidade de ingesta nula, mas quando houve ingesta, os resíduos extrapolaram a IDA em 66%. Essa extrapolação se deveu ao consumo de laranja que apresentou maior valor de p (0,16) em relação às concentrações de resíduos nesse alimento, pela distribuição de Bernoulli.

Portanto, uma dieta balanceada e diversificada é uma estratégia importante para reduzir o risco de intoxicações crônicas por resíduos de agrotóxicos através da dieta (JARDIM, 2012).

5.5.4 Dicofol

A população espírito-santense possui probabilidade de ingesta do ingrediente ativo Dicofol de, aproximadamente, 0,02 e, caso isto ocorra, haverá extrapolação da IDA em cerca de 150% o seu valor (Tabela 9).

Somente amostras de laranja apresentaram resíduos de Dicofol. As frequências de consumos de laranja e concentrações de resíduos são baixas, apresentando pouca variação detectada pela distribuição de Bernoulli, com valor de p para consumo igual a 0,16 e para concentrações de resíduos igual a 0,14. As concentrações de resíduos de Dicofol em laranja foram altas, em média de 1,05 mg/kg e podendo chegar a 4,80 mg/kg. O consumo médio individual de laranja foi de 286,2 g.

5.5.5 Dimetoato

A probabilidade estimada de ingerir o ingrediente ativo Dimetoato foi de 0,06. A ingestão de uma quantidade suficiente para superar o parâmetro toxicológico seguro possui probabilidade ainda menor: zero e 0,02 para extrapolar a IDA, respectivamente, em 40% e 26% do seu valor.

O ingrediente ativo dimetoato foi encontrado nos registros das análises de seis culturas agrícolas que apresentaram distribuição de Bernoulli para consumo e concentrações (Tabela 11).

A maior concentração de resíduos de Dimetoato foi encontrada em amostras de laranja. Esse alimento também foi o consumido em maior quantidade (286,00 g). Com a segunda maior frequência ($p=0,16$) entre aqueles alimentos onde se encontraram resíduos desse ingrediente ativo. O tomate foi o mais frequente

($p=0,18$), mas sem possibilidade de haver resíduos na cultura ($p=0,00$).Maçã ($p=0,16$) e mamão ($p=0,07$) também contribuíram com o risco de intoxicação. No entanto, foram consumidos de forma mais discreta, em média, respectivamente, de 152,10 e 243,90 g.

Tabela 11. Probabilidade e média, do consumo alimentar e concentrações de Dimetoato estimados de acordo com a distribuição de Bernoulli

Alimento	Consumo		Concentração	
	Probabilidade	Média (g)	Probabilidade	Média (mg/kg)
Abacaxi	0,14	248,70	0,08	0,00
Laranja	0,16	286,00	0,11	0,53
Maçã	0,16	152,10	0,22	0,12
Mamão	0,07	243,90	0,03	0,05
Maracujá	0,00	0,00	0,00	0,00
Morango	0,01	57,00	0,00	0,01
Pimentão	0,00	6,00	0,01	0,01
Tomate	0,18	59,30	0,00	0,02
Uva	0,01	99,30	0,07	0,02

Naougadère et al. (2012) avaliaram a exposição crônica a agrotóxicos, através da alimentação para a população de 36 cidades francesas, usando o estudo de dieta total (EDT) entre os anos 2007-2009, e detectaram ingestão de setenta e três pesticidas. No entanto, somente dimetoato excedeu a IDA (0,4%) para a população adulta, contrário aos resultados do presente trabalho, onde a extrapolação da IDA, para a alimentação da população do Espírito Santo, foi 10 vezes maior (4%).

5.5.6 Dissulfotom

A avaliação do risco de intoxicação crônica por dissulfotom, através da alimentação, indicou uma probabilidade de ingestão igual a zero para que a IDA desse ingrediente ativo fosse extrapolada em 8,5% do seu valor.

Tabela 12. Probabilidade e média, do consumo alimentar e concentrações de Dissulfotom de acordo com a distribuição de Bernoulli

Alimento	Consumo		Concentração	
	Probabilidade	Média (g)	Probabilidade	Média (mg/kg)
Alface	0,18	29,60	0,01	0,66
Pimentão	0,00	6,00	0,01	0,32
Tomate	0,18	59,30	0,00	0,17

Foi detectado o resíduo de dissulfotom em amostras de alface, pimentão e tomate, através dos programas de análise de resíduos da Anvisa e do Idaf/ES. As maiores concentrações de resíduos ocorreram em amostras de alface, numa média de 0,66 mg/kg. No entanto, o consumo desse alimento foi baixo, cerca de 30 g com probabilidade de consumo de 0,18.

5.5.7 Ditiocarbamatos

Como as distribuições ajustadas para o grupo químico dos Ditiocarbamatos modelaram maiores variações nas concentrações desses ingredientes ativos nos alimentos, pelas distribuições exponencial e uniforme, já se esperava um consumo mais elevado para os resíduos desse grupo. Mesmo com uma frequente ocorrência de zeros para os valores de ingestão de Ditiocarbamatos em CS₂, através da dieta da população do Espírito Santo, esses resíduos apresentaram a maior probabilidade de ingesta (0,46) entre os ingredientes ativos avaliados pelos programas de resíduos de agrotóxicos.

A distribuição de probabilidades para a ingesta de Ditiocarbamatos em CS₂ apresentou um decréscimo violento da probabilidade de consumo para os valores de riscos mais elevados, principalmente, para aqueles acima de 100, onde ocorre extrapolação da IDA.

A caracterização do risco de intoxicação crônica por agrotóxicos através da dieta, estimou uma probabilidade de a IDA ser extrapolada de 0,04 e, caso isto ocorra, o valor máximo alcançado pela ingesta desses resíduos será de 126% da IDA.

Havia Ditiocarbamatos nas amostras de alface, brócolis, coco, couve, feijão, goiaba, laranja, maçã, mamão, maracujá, morango, pepino, pimentão, tangerina, tomate e uva, avaliadas pelos programas de resíduos PARA/Anvisa e Saúde do Campo para a Cidade/Idaf/ES. Desses alimentos consumidos pela população do Espírito Santo, de acordo com a POF/IBGE, os que mais contribuíram para o consumo de resíduo de Ditiocarbamatos em CS₂ estão expostos na Tabela 13, com os seus respectivos parâmetros da distribuição para os consumos e para as concentrações.

Tabela 13. Alimentos que mais contribuíram para extrapolar a IDA dos Ditiocarbamatos em CS₂, probabilidade e média pelas distribuições de Bernoulli para consumo desses alimentos e Escala segundo distribuição exponencial para concentrações nesses alimentos

Alimento	Consumo		Concentração
	Probabilidade	Média (g)	Escala (mg/kg)
Alface	0,18	30,00	0,80
Maçã	0,16	152,10	0,18
Mamão	0,07	243,90	0,67
Tomate	0,18	59,30	0,39

A alface foi o alimento que apresentou a maior escala para as concentrações de Ditiocarbamatos em CS₂, e apesar de a média de consumo para este alimento ser baixa (30,00 g), a probabilidade de consumo entre os alimentos que apresentaram este resíduo foi a segunda maior (0,18). Esta informação é preocupante, considerando que os Ditiocarbamatos não possuem autorização de uso para a cultura da alface.

As concentrações de agrotóxicos na cultura do mamão apresentaram o maior valor para a escala (0,67), o que indica maiores concentrações e probabilidades de consumo, no entanto, o consumo desse alimento apresentou baixa probabilidade por Bernoulli, desta forma, a contribuição do consumo de mamão não interfere muito na ingesta de Ditiocarbamatos.

Estudo realizado por Lemes et al. (2005) em mamão produzido em Lins-SP, Linhares-ES e extremo sul da Bahia mostrou que a estimativa de ingesta de resíduos de mancozebe através do consumo de mamão representa 0,6% da IDA.

Outro trabalho, realizado em tomate consumido em Minas Gerais nos anos 2006, 2007 e 2008, por Carvalho e Barbosa (2003) apresentou resultado abaixo do valor da IDA para ingesta de Ditiocarbamatos pelo consumo de tomate.

Souza (2006) também estudou os riscos para Ditiocarbamatos nos alimentos consumidos no restaurante da Universidade de Brasília, onde analisou 150 amostras de alimentos prontos para o consumo e concluiu que não havia risco evidente para a saúde humana.

Todos os resíduos encontrados sob a forma de CS₂ foram considerados como resíduos de mancozebe, por ser o produto mais utilizado, no entanto, existe uma IDA para cada ingrediente ativo e não podemos separar e identificar as diferentes origens dos CS₂ encontrados e determinar os responsáveis pela extrapolação.

O trabalho de doutorado realizado por Jardim (2012), com dados do PARA/Anvisa e PNCRC vegetal/MAPA, indicou que resíduos de Ditiocarbamatos atingiam no máximo 68,4% da IDA, não apresentando riscos para a população brasileira em geral. Para a estimativa da ingesta dos ingredientes ativos utilizou-se fatores de processamento sobre as concentrações de resíduos e transformação de alimentos processados para suas matérias primas de origem vegetal. Segundo a autora os Ditiocarbamatos são agrotóxicos não sistêmicos e por isso, processamentos simples como lavar e descascar reduz significativamente a sua concentração, o que não foi considerado no presente estudo.

5.5.8 Endossulfam

A ingesta de endossulfam através da alimentação foi estimada em 245% o valor definido para a IDA, mais de duas vezes o parâmetro toxicológico estabelecido. Entretanto, a probabilidade de consumo desta quantidade de resíduos é baixa, 0,02%, em função da baixa prevalência desse resíduo nas amostras analisadas (Tabela 14).

Tabela 14. Alimentos que contribuíram para extrapolar a IDA do ingrediente ativo Endossulfam, Probabilidades e médias estimadas pelas distribuições de Bernoulli para consumo desses alimentos e concentrações de resíduos

Alimento	Consumo		Concentração	
	Probabilidade	Média (g)	Probabilidade	Média (mg/kg)
Laranja	0,16	286,00	0,03	0,01
Mamão	0,07	243,90	0,00	5,10
Morango	0,01	57,00	0,00	0,17
Pepino	0,03	32,00	0,03	0,00
Tomate	0,18	59,30	0,00	0,29

A probabilidade de haver resíduos de endossulfam nos alimentos consumidos pela população do Espírito Santo foi baixa, no máximo 0,03 para laranja e pepino, e concentrações também baixas do ingrediente ativo, respectivamente, 0,005 e 0,001 mg/kg.

Tomate e mamão foram as culturas que mais contribuíram para o consumo de endossulfam por serem os alimentos mais consumidos dentre aqueles que apresentaram resíduos desse ingrediente ativo. As amostras de mamão, também, apresentaram as maiores concentrações de endossulfam, média de 5,10 mg/kg,

mas com probabilidade de ocorrência baixa, o que pode justificar a extrapolação da IDA com pequena probabilidade de ocorrer.

A Anvisa iniciou no ano de 2008 a reavaliação toxicológica de 14 ingredientes ativos de agrotóxicos, entre eles o Endossulfam, determinando a retirada programada dos produtos agrotóxicos à base desse ingrediente ativo do mercado brasileiro, no prazo de 3 anos a contar de 31/07/2010, e o cancelamento da monografia no ano de 2014, mantida até essa data exclusivamente para fins de monitoramento de resíduos. Essas determinações foram regulamentadas através da Resolução RDC nº28, de 9 de agosto de 2010 (DOU, 2010).

Entre os agrotóxicos avaliados neste trabalho, o Endossulfam apresentou o maior valor de ingesta em porcentagem da IDA, mesmo não possuindo autorização de uso para as culturas nas quais foi constatado. Desta forma, sua proibição de uso e comercialização é importante para a solução do problema apresentado.

Na província de Zhejiang, China, foi realizada uma avaliação da exposição a resíduos de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal, entre os anos de 2007 e 2010, que indicou valores acima da IDA para Clorpirifós (24,25%), cipermetrina (15,69%) (YUAN et al., 2010). No presente trabalho os valores de ingesta encontrados em porcentagem da IDA foram no máximo de 3,73% para Clorpirifós e 1,55% para Cipermetrina.

A presente avaliação de risco não levou em consideração o processamento dos alimentos, que podem alterar os índices de resíduos de agrotóxicos, reduzindo ou aumentando a concentração. Essas transformações dependem do tipo de processamento e também da composição do ingrediente ativo. Processos como branqueamento, descascamento e lavagem combinada com outras técnicas podem reduzir em mais de 50% (cinquenta por cento) os resíduos de agrotóxicos. Assar ou cozinhar os alimentos pode reduzir ou concentrar esses resíduos (KEIKOTLHAILE, SPANOGHE, STEURBAUT, 2010).

Os dados de resíduos de agrotóxicos em alimentos, disponíveis para estudos como este, no Brasil, se restringem aos dados gerados pelos programas oficiais de análise de resíduos. Estes programas, em geral, são voltados para a fiscalização do uso de agrotóxicos e não para avaliação do risco consumo através da alimentação. Desta forma, faltam dados de resíduos de agrotóxicos em alimentos prontos para consumo no Brasil, o que dificulta uma avaliação de risco mais aprofundada.

Os únicos dados de resíduos publicados no Brasil e de fácil acesso são em relação ao cumprimento da legislação: avaliações quanto LMR e autorização de uso. Informações de concentrações dos resíduos, necessárias à avaliação de risco, precisam de autorizações demoradas e burocratizadas pela administração pública.

As informações divulgadas pelos programas de resíduos causam grande comoção na população por uma falta do entendimento do risco real à saúde da população em relação ao consumo.

Os resultados deste estudo são uma bússola para a fiscalização de agrotóxicos no Estado do Espírito Santo, fornecendo indicativos de produtos agrotóxicos e culturas vegetais que precisam de maior atenção, seja por ações de fiscalização ou educação sanitária, principalmente, junto aos pequenos produtores rurais que caracterizam a produção agrícola do Estado.

Este estudo pode também direcionar a novas avaliações toxicológicas em ingredientes ativos com autorização de uso.

6 CONCLUSÕES

A avaliação da exposição crônica a agrotóxicos através da ingestão de alimentos vegetais não processados, encontrados pelos programas de resíduos PARA/Anvisa e Saúde do Campo para a Cidade (Idaf/ES), mostrou que a população espírito-santense está exposta a 88 diferentes tipos de resíduos de agrotóxicos através da alimentação.

Dos 88 ingredientes ativos detectados nas análises de resíduos de agrotóxicos, apenas 15 apresentaram frequências superiores a 1% e apenas os do grupo dos Ditiocarbamatos (Mancozebe, Metam, Metiram, Propinebe e Tiram) merecem mais atenção de monitoramento, principalmente, nas culturas de mamão, tomate, pimentão, alface, maçã e maracujá.

Os riscos das ingestas dos 88 ingredientes ativos acima dos respectivos máximos permitidos às exposições humanas, foram considerados mais altos e mais preocupantes, apenas para Dimetoato, Dicofol, Endossulfan e Acefato.

Para os ingredientes ativos Buprofezina, Dissulfoton, Ditiocarbamatos e Abamectina, os riscos, apesar de existirem, foram considerados desprezíveis. Para os demais 80 ingredientes ativos, não há risco de contaminação.

O risco à ingestão de resíduos de agrotóxicos em concentrações que podem causar danos à saúde no estado do Espírito Santo é menos do que se imagina e do que se veicula nos meios de comunicação e, quando existe, apresenta-se mais baixo e mais concentrado em poucos ingredientes.

Os resultados apresentados neste trabalho são importantes para subsidiar a elaboração de políticas públicas voltadas para o uso mais racional de agrotóxicos no Estado, mitigando assim o risco de intoxicação crônica e incrementando a segurança dos alimentos consumidos pela população.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Monografias de agrotóxicos**. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia/Assuntos+de+Interesse/Monografias+de+Agrotoxicos>>. Acesso em: 13 ago. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos: Relatório de atividades de 2011 e 2012**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/58a5580041a4f6669e579ede61db78cc/Relat%C3%B3rio+PARA+2011-12+-+30_10_13_1.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 10 fev. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resíduos de agrotóxicos em alimentos**. Rev. Saúde Pública, Brasília, v. 40, n. 2, p. 361-363. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v40n2/28547.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2013.

BARBOSA, L. C. de A. **Os pesticidas o homem e o meio ambiente**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004.

BEDOR, C. N. G. et al. **Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada**. Rev. Bras. Epidemiol., Petrolina, v. 12, n. 1, p. 39-49, dez. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v12n1/05.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2013.

BRASIL. Resolução - RDC nº 45, de 2 de outubro de 2013. **Regulamento técnico para o ingrediente ativo acefato em decorrência de sua reavaliação toxicológica**. Diário oficial da união. n 193, seção 1, 2013. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=04/10/2013&jornal=1&pagina=115&totalArquivos=196>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. K. R. de. **Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira**. Rev. Saúde Pública, São Paulo, v. 34, n. 5, out. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102000000500014>. Acesso em: 15 nov. 2013.

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**. Rev. Bioterra, São Cristóvão, v. 13, n. 1, 1º sem. 2013. Disponível em: <<http://joaootavio.com.br/bioterra/detalhe/volume-13/459/>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

DUBUGRAS, M. T. B.; Pérez-Gutiérrez, E. **Perspectiva sobre a análise de risco na segurança dos alimentos**. Rio de Janeiro: OPAS/OMS, 2008.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION / WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The JMPR Report and Evaluations of Pesticide residue in food (Part I-Residue, Part II-Toxicological)**. Disponível em: <<http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/jmpr/jmpr-rep/en/>>. Acesso em: 13 ago. 2014.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Estimating Dietary Intake of Pesticide Residues**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/012/i1216e/i1216e07.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

GRISOLIA, C. K. **Agrotóxicos, mutações, câncer e reprodução**. 1. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008/2009**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_aquisicao/microdados.shtm>. Acesso em: 21 ago. 2014.

JARDIM, A. N. O. **Resíduos de pesticidas em alimentos: validação de metodologia analítica, análise em frutas e avaliação da exposição da população brasileira pelo método probabilístico**. Brasília: UNB - Universidade de Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.toxicologia.unb.br/admin/ckeditor/kcfinder/upload/files/TESE%20FINAL%20Andreia%2028-12-12.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2013.

JARDIM, A. N. O.; CALDAS, E. D. **Exposição humana a substâncias químicas potencialmente tóxicas na dieta e os riscos para saúde**. Rev. Quim. Nova, São Paulo, v. 32, n. 7, p. 1898-1909, jul. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000700036>. Acesso em: 3 out. 2013.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. de A. A. **Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global – um enfoque às maçãs**. Rev. Quim. Nova, Campinas, v. 32, n. 4, p. 996-1012, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n4/v32n4a31.pdf>>. Acesso em: 3 out. 2013.

KEIKOTLHAILE, B.M.; SPANOGHE, P.; STEURBAUT, W. **Effects of food processing on pesticide residues in fruits and vegetables: A meta-analysis approach**. Food Chem Toxicol., Belgium, v. 48, n. 1, p. 1–6, jan. 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19879312>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

LEMES, V. R. R. et al. **Avaliação de resíduos de ditiocarbamatos e etilenotiouréia (ETU) em mamão e sua implicação na saúde pública**. Rev. Inst. Adolfo Lutz, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 50-57, jun. 2005. Disponível em: <<http://periodicos.ses.sp.bvs.br/pdf/rial/v64n1/v64n1a08.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano nacional de controle de resíduos e contaminantes em produtos de origem vegetal.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/qualidade-seguranca-alimentos-bebidas/alimentos/residuos-e-contaminantes>> Acesso em: 10 fev. 2015.

NARDOCCI, A. C. **Avaliação probabilística de riscos da exposição aos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) para a população da cidade de São Paulo.** São Paulo: USP - Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/.../6/.../>. Acesso em: 21 ago. 2013.

NASREDDINEA, L.; PARENT-MASSINB, D. **Food contamination by metals and pesticides in the European Union. Should we worry?** Toxicol Lett., Beirut, v. 127, n. 1, p. 29-41, fev. 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00480-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00480-5)>. Acesso em: 21 out. 2013.

NOUGADÈRE, A. et al. **Total diet study on pesticide residues in France: Levels in food as consumed and chronic dietary risk to consumers.** Rev. Environment International, Amsterdam, v. 45, p. 135–150, set. 2012. Disponível em: <www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22595191>. Acesso em: 15 mar. 2014.

OERKE, E. C. **Crop losses to pests.** Journal of Agricultural Science, Bona, v. 144, n. 1, p. 31–43, fev. 2006. Disponível em: <<http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=431724>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

REBELO, R. M. et al. **Pesticides and related commercialized in Brazil in 2009: An environmental approach.** Brasília: IBAMA, 2010. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/phocadownload/Qualidade_Ambiental/pesticidas_commercialized_in_brazil_2009.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2013.

SILVA, M. B. da; GUIMARÃES, G. L. **Resíduos de agrotóxicos e segurança alimentar.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 34, n. 276, set./out. 2013.

SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. **Venda de defensivos segue em alta no Brasil.** Sindag News, jul.2013. Disponível em: <http://www.sindag.com.br/noticia.php?News_ID=2337>. Acesso em: 13 mar. 2014.

SOLOMON, K. R. et al. **Praguicidas e o meio.** 1. ed. São Paulo: International Life Sciences Institute do Brasil, 2007.

STOPPELLI, I. M. de B. S.; MAGALHÃES, C. P. **Saúde e segurança alimentar: A questão dos agrotóxicos.** Rev. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 91-100, set./dez. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232005000500012>. Acesso em: 10 nov. 2013.

STÜTZER, G.; GUIMARÃES, G. Aspectos toxicológicos e ambientais relacionados com o uso de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIN, L.; ZUPPI, M. da C.; SANTIAGO, C.T. (Org.). **O que os engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários.** 2.ed. São Paulo: ANDEF, 2003. Cap. 2, p. 69-83.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Application of risk analysis to food**

standards issues. Geneva, 1995. 38p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for predicting dietary intake of pesticide residues.** 2nd ed. rev. Geneva: WHO, 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Inventory of evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues. Disponível em: <<http://apps.who.int/pesticide-residues-jmpr-database>>. Acesso em: 13 ago. 2014.