



CAMPEÃO DE VENDAS, CIENTIFICAMENTE O GLIFOSATO É UM AGROTÓXICO PERIGOSO

Rubens Onofre Nodari

Universidade Federal de Santa Catarina
rubens.nodari@ufsc.br

Sonia Corina Hess

Universidade Federal de Santa Catarina
sonia.hess@ufsc.br

Resumo

Os herbicidas à base de glifosato (HBGs) contêm, além do princípio ativo (glifosato), outras substâncias como surfactantes e adjuvantes. Este artigo teve como objetivo a apresentação de uma revisão da literatura acerca dos riscos à saúde humana, de animais e aos ecossistemas, associados à exposição aos HBGs. Espera-se que o conteúdo possa ser útil ao aperfeiçoamento das práticas e políticas públicas relacionadas ao uso dos referidos agrotóxicos. Para a realização da presente pesquisa, foram consultadas bases de dados disponíveis em portais de periódicos institucionais. Descreve-se que, embora sejam aplicados sobre plantas, os HBGs são levados para longe do local de aplicação, pelo vento, pela água, pela colheita de pólen, grãos, raízes, folhas e frutos. Por serem sistêmicos na planta, chegam às colmeias de abelhas, ao prato do consumidor, a rios, lagos e oceanos. Em contacto com outros organismos, que não plantas, os HBGs causam efeitos diversos, tais como morte celular, distúrbios reprodutivos, câncer, malformações, autismo, entre outros.

Palavras-chave: Roundup. Potencialmente Cancerígeno. Malformações. Distúrbios Reprodutivos.

SALES CHAMPION, SCIENTIFICALLY GLYPHOSATE IS A HAZARDOUS PESTICIDE

Abstract

The glyphosate-based herbicides (HBG) contain in addition to the active ingredient (glyphosate), other substances such as surfactants and adjuvants. This article aimed to present a literature review on risks to human, animal and ecosystem health associated with exposure to HGB. It is hoped that the content can be useful for improving public practices and policies related to those pesticides. To carry out this research, the databases available at institutional portals were consulted. Although applied on plants, the product is taken away from the site of application, by wind, water, by harvesting pollen, grains, roots, leaves and fruits. Because they are systemic in the plant, they reach bees' hives, at the consumer's plate or even in rivers, lakes and oceans. In contact with other organisms than plants, HBG causes diverse effects, such as cell death, reproductive disorders, cancer, malformations, among others.

Keywords: Roundup. Potential Carcinogenic. Malformations. Reproductive Disorders.

CAMPEÓN DE VENTAS, CIENTIFICAMENTE EL GLIFOSATO ES UN AGROTÓXICO PELIGROSO

Resumen

Los herbicidas a base de glifosato (HBG) contienen, además del ingrediente activo (glifosato), otras sustancias como tensioactivos y adyuvantes. Este artículo tuvo como objetivo presentar una revisión de literatura sobre los riesgos para la salud humana, animal y de los ecosistemas asociados con la exposición a los HBGs. Se espera que el contenido pueda ser útil para mejorar las prácticas y políticas públicas relacionadas con el uso de estos agrotóxicos. Para llevar a cabo esta investigación, consultamos las bases de datos de revistas institucionales. Aunque es aplicado en plantas, el producto es transportado del sitio de aplicación por viento, agua, cosecha de polen, granos, raíces, hojas y frutos. Debido a que es sistémico en la planta, llega a las colmenas de abejas, al plato del consumidor o incluso a ríos, lagos y océanos. En contacto con organismos distintos de las plantas, los HBG causan diversos efectos, como muerte celular, trastornos reproductivos, cáncer, malformaciones, entre otros.

Palabras clave: Roundup. Potencialmente Cancerígeno. Malformación. Disturbios Reprodutivos.



INTRODUÇÃO

Vestindo camiseta, calção e sandálias, um senhor aplica herbicida à base de glifosato na calçada em frente à sua casa, com um pulverizador costal. Cena comum no Brasil, esta revela a confiança dos consumidores, de que trata-se de produto seguro, sem potencial para causar danos à sua saúde. Até o presente momento, esta visão também é compartilhada pelo governo brasileiro, uma vez que o glifosato (N-(fosfonometil) glicina) é classificado como pouco tóxico (classe toxicológica IV) e tem uso autorizado no país para aplicação em pós-emergência das plantas infestantes nas culturas de algodão, ameixa, amendoim, arroz, banana, batata-doce, batata-yacon, beterraba, caju, caqui, cacau, café, cana-de-açúcar, cará, carambola, cenoura, citros, coco, ervilha, feijão, feijão-caupi, figo, fumo, grão-de-bico, gengibre, goiaba, inhame, lentilha, maçã, mamão, mandioca, mandioquinha-salsa, mangaba, milho, nabo, nectarina, pastagem, pêra, pêssego, rabanete, seringueira, soja, trigo e uva. Aplicação como maturador de cana-de-açúcar; aplicação para eliminação de soqueira no cultivo de arroz e cana-de-açúcar; aplicação em pós-emergência das plantas infestantes em florestas de eucalipto e pinus; aplicação para o controle da rebrota do eucalipto e aplicação como dessecante nas culturas de aveia preta, azevém e soja (ANVISA, 2020a). Por outro lado, a reavaliação toxicológica do glifosato teve início em fevereiro de 2008 e foi concluída em 2019 (ANVISA, 2020b).

Segundo Pelaez e colaboradores (2016), em 2011 o Brasil figurava como o segundo maior mercado mundial de agrotóxicos, onde eram comercializados 19% do total dos produtos vendidos no mundo, quando os Estados Unidos eram o país a consumir a maior proporção de tais produtos (27% do comércio mundial). Segundo os mesmos autores, o Brasil passou a ser o maior importador mundial de agrotóxicos a partir de 2012, ao aumentar em dez vezes o valor importado entre os anos de 2000 e 2013. Esse crescimento esteve diretamente ligado à elevada taxa de expansão da produção de *commodities* agrícolas, principalmente de cana-de-açúcar (135%), soja (104%), milho (90%) e algodão (80%), destacando que essas culturas consomem mais de 80% dos agrotóxicos comercializados no país (PELAEZ et al., 2016).

Este artigo teve como objetivo a apresentação de uma revisão da literatura acerca dos riscos à saúde humana, de animais e aos ecossistemas, associados à exposição aos HBGs. Espera-se que o conteúdo possa ser útil ao aperfeiçoamento das práticas e políticas públicas relacionadas ao uso dos referidos agrotóxicos, visando à minimização dos problemas já identificados.

Para a realização da presente pesquisa, foram consultadas base de dados disponíveis em portais da internet, tais como, Scielo, Portal de Periódicos Capes, Pubmed e Academia. Os dados foram coletados entre julho de 2018 e março de 2020, como parte do projeto de extensão

intitulado “Assessoria Voluntária a Órgãos Públicos de Controle Ambiental”, cadastrado na Universidade Federal de Santa Catarina.

EFEITOS NOS VEGETAIS

Entre os anos de 2014 e 2018, o glifosato foi o princípio ativo mais vendido no país, representando 35,5% do total das vendas de agrotóxicos, totalizando 943.626,43 toneladas naquele período de cinco anos (Tabela 1) (IBAMA, 2020).

Tabela 1 – Quantidades comercializadas de princípios ativos de agrotóxicos no Brasil, entre os anos de 2014 e 2018: glifosato, total e porcentual das vendas de glifosato em relação ao total.

	Vendas de glifosato e seus sais (toneladas)	Vendas totais de agrotóxicos (toneladas)	Vendas de glifosato e seus sais (%) / total
2014	194.877,84	508.556,84	38,3
2015	194.939,60	521.525,40	37,4
2016	185.602,22	541.861,09	34,3
2017	173.150,75	539.944,95	32,1
2018	195.056,02	549.280,44	35,5
TOTAL	943.626,43	2.607.652,83	35,5

Fonte: IBAMA, 2020.

Inicialmente utilizado como agente desencrustrante na limpeza de equipamentos metálicos, em 1969 o glifosato foi patentado para uso como herbicida, pela empresa Monsanto (patente US3455675), sendo este o princípio ativo do produto comercial Roundup. O glifosato é tóxico tanto para plantas monocotiledôneas, quanto para dicotiledôneas, exceto para os vegetais transgênicos, denominados RR (RoundupReady), que foram desenvolvidos para serem resistentes a doses comerciais do referido produto. A absorção e o transporte do glifosato nas plantas são facilitados pela presença de surfactantes no produto formulado, fazendo com que o material se espalhe por todas as partes do vegetal, desde as raízes até as sementes. Em 2005, o glifosato foi aprovado para uso também como agente dessecante, em plantas não transgênicas. Atualmente é prática comum a dessecação das plantações pela aplicação de agrotóxicos à base de glifosato, pouco antes da colheita, o que tem resultado em aumento da presença de resíduos deste em fontes de alimentos não transgênicos, tais como trigo e cana-de-açúcar, entre outros. Também na criação de bois, porcos, ovelhas e frangos, os animais são alimentados com grãos geneticamente modificados, contaminados por glifosato. Consequentemente, produtos animais tais como ovos, leite, manteiga e queijo também têm apresentadoresíduos deste agrotóxico (CARLISLE; TREVORS, 1988; FUNKE et al., 2006; JAWORSKI, 1972; SAMSEL; SNEFF, 2015).

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

A ação biocida do glifosato está associada à inibição da enzima EPSPS, que catalisa uma etapa do processo shikimato, necessária à produção de aminoácidos aromáticos e de metabólitos secundários com função de defesa em plantas e muitos microorganismos (ver revisão de VAN BRUGGEN et al., 2018). Conforme foi descrito por Coutinho e Mazo (2005), os grupos fosfonato, amino e carboxilato do glifosato têm a habilidade de formar complexos fortes com metais, especialmente em pH próximo de neutro, onde os grupos carboxilato e fosfonato estão desprotonados. Portanto, o glifosato tem habilidade para se coordenar como um ligante tridentado, com três grupos funcionais atuando. A presença de água dura, contendo cátions como ferro, zinco, cálcio e magnésio, na solução contendo o glifosato, pode resultar na formação de sais complexos insolúveis, que não são absorvidos pelas plantas, reduzindo a eficácia da aplicação do composto. Aqueles três grupos funcionais do glifosato também podem se ligar a outros grupos químicos por pontes de hidrogênio ou outras interações.

O glifosato e o produto da sua degradação, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), exercem os seguintes efeitos sobre os vegetais tratados: inibem a atividade de enzimas antioxidantes, resultando no acúmulo de espécies com oxigênio reativo, que induzem a disfunções fisiológicas e danos celulares; causam diminuição da fotossíntese e necrose da planta: o glifosato devido à degradação da clorofila, e o AMPA ao inibir a biossíntese da clorofila; os vegetais tratados com glifosato não produzem fitoalexinas, que são metabólitos secundários com ação antimicrobiana, que defendem as plantas contra patógenos. Tal efeito acontece mesmo quando o vegetal está exposto a baixas concentrações de glifosato presente no solo ou na água, resultando em aumento na taxa de mortalidade por infecções, dos vegetais expostos ao herbicida. Além de levarem ao enfraquecimento das defesas do vegetal, o glifosato e o seu derivado AMPA também causam efeitos danosos indiretos, ao afetarem negativamente o microbioma endofítico e da rizosfera, que são essenciais para a sobrevivência da planta (ver revisão de VAN BRUGGEN et al., 2018).

Um outro problema agrícola que surgiu em resposta ao uso intensivo do glifosato é o crescente número de plantas invasoras resistentes ao herbicida. Conforme foi descrito por Nodari (2018), com a intensificação do uso dos herbicidas à base de glifosato (HBGs), decorrente do cultivo comercial da soja resistente ao Roundup (soja RR), bem como de variedades RR de outras espécies (ex: algodão e milho), a constatação da resistência de plantas a estes herbicidas também se intensificou. A ocorrência de resistência pode ser decorrente tanto do aumento da frequência de alelos resistentes ou de mutações que surgiram no decorrer do uso dos produtos à base de glifosato. Em 2017, eram 268 populações de plantas resistentes, pertencentes a 36 espécies. Desde 2013, até as revistas científicas comprometidas com o desenvolvimento das biotecnologias

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

modernas admitem que é verdadeiro o fato de que foram os organismos geneticamente modificados que provocaram o aparecimento das “superplantas daninhas”, também denominados de *superweeds*. Elas se caracterizam pela resistência a altas doses, ou pelo acúmulo de transgenes que promovem resistência a dois ou mais herbicidas. Um fato curioso é que a introdução de genes de resistência a herbicidas em espécies cultivadas, como o milho, torna-o resistente a herbicidas. Se estiver em uma lavoura de outra espécie, passou a ser considerado como planta daninha. Em 25/07/2014, a Embrapa publicou, em seu portal da internet, a nota intitulada “Milho voluntário RR pode se tornar planta daninha para soja”.

Em trabalho publicado em 2014, ao investigarem a composição química de grãos de soja produzidos em Iowa, Estados Unidos, pesquisadores relataram que os grãos de soja geneticamente modificada RoundupReady acumulavam glifosato, o que não foi observado em grãos do vegetal não-transgênico. Além disso, foram encontradas diferenças substanciais na composição química dos grãos investigados, como nos teores de proteínas, minerais e açúcares, evidenciando-se que a soja transgênica, comparativamente àquela produzida em sistemas orgânico ou convencional, não tem o mesmo perfil químico e nutricional que a soja não-transgênica. Não são, portanto, alimentos equivalentes (BOHN et al., 2014).

EFEITOS EM ANIMAIS E EM SERES HUMANOS

Os herbicidas à base de glifosato (HBGs) agem como biocidas ao inibirem a enzima 5-enolpiruvoil-shikimato-3-fosfato sintetase (EPSPS), bloqueando a biossíntese dos aminoácidos aromáticos triptofano, fenilalanina e tirosina. Estudos demonstraram que o glifosato, ao bloquear este e outros processos metabólicos das bactérias do trato intestinal, leva ao desenvolvimento de doenças devido à interrupção da síntese de substâncias que estas bactérias fornecem ao hospedeiro (humanos e outros), incluindo: aminoácidos (triptofano, fenilalanina, tirosina, metionina e glicina); serotonina (neurotransmissor); melatonina (hormônio, regulação endócrina e reprodução); melanina (pigmento e proteção contra a radiação solar); epinefrina (sinônimo de adrenalina, hormônio e neurotransmissor); dopamina (neurotransmissor envolvido no controle aprendizado, humor, emoções, memória, entre outros); hormônio da tireoide (controle do metabolismo e de muitos sistemas no corpo humano); folato (vitamina necessária para a síntese de proteínas, incluindo a hemoglobina); coenzima Q10 (participa da produção de ATP, molécula que armazena energia para consumo imediato nas células); vitamina K (atua no processo de coagulação sanguínea); e vitamina E (proteção do organismo contra agentes oxidantes) (SAMSEL; SNEFF, 2015).

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

Samsel e Sneff (2013a, 2013b, 2015) publicaram artigos científicos nos quais inferem que, devido ao seu modo de ação e à sua crescente disseminação nos alimentos e no ambiente, os HBGs têm sido responsáveis pelo desencadeamento de doenças graves cada vez mais comuns na população, incluindo: distúrbios gastrointestinais, obesidade, diabetes, doenças cardíacas, depressão, autismo, infertilidade, câncer, mal de Alzheimer e mal de Parkinson; doença celíaca e intolerância a glúten.

Mesnager e colaboradores (2014) divulgaram que as formulações comerciais contendo glifosato são até mil vezes mais tóxicas do que o princípio ativo isolado, revelando haver efeitos sinérgicos entre os componentes de herbicidas à base de glifosato. Destaca-se que há numerosos estudos descrevendo que a polioxietilenoamina (POEA), utilizada como surfactante em formulações de glifosato é, em alguns casos, mais tóxico do que o glifosato, como foi demonstrado em ratos por Williams e Semlitsch (2010). Em experimentos com POEA, foi observada indução de necrose e desregulação da estrutura e da função de membranas celulares, nas doses de 1 a 3 mg/L (MESNAGER et al., 2013); tem ação cardiotoxicidade em mamíferos e, em casos de intoxicação severa, há coma, com ou sem hemorragia. Não há antídoto (EDDLESTON; BATEMAN, 2011).

Devido ao amplo e indiscriminado uso dos HBGs, e ao aumento da incidência de problemas renais crônicos em uma região agrícola do Sri Lanka, foi constatado que o problema de saúde estava associado à contaminação ambiental por glifosato, que repercutia em acúmulo de sais de arsênio, cádmio e outros metais tóxicos nos rins das pessoas expostas (JAYASUMANA *et al.*, 2014).

Anteriormente, também foi verificado que o Roundup causou danos às células embrionárias e da placenta de seres humanos e de equinos (BENACHOUR *et al.*, 2007) e, em outro estudo divulgado em 2009, foi descrito que quatro formulações comerciais de glifosato (Roundup), em concentrações na ordem de partes por milhão (ppm), causaram apoptose (morte programada) e necrose de células humanas placentárias, umbilicais e embrionárias (BENACHOUR; SÉRALINI, 2009).

Estudos também mostram que o glifosato apresenta efeito de desregulador endócrino em células hepáticas humanas (GASNIER *et al.*, 2009), e em trabalho divulgado em 2012, foi relatado que o Roundup, em concentrações da ordem de partes por milhão (ppm), induziu à necrose e à morte programada (apoptose) de células de testículos de ratos, entre outros efeitos indicativos de interferência hormonal naqueles mamíferos (CLAIR *et al.*, 2012). Coelho machos tratados com soluções de glifosato apresentaram: diminuição do peso corporal, da libido,

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

do volume das ejaculações, da concentração de esperma, e aumento da quantidade de espermatozoides anormais ou mortos (YOUSEF et al., 1995).

Em 2013 foi divulgado um estudo que demonstrou que o glifosato, na concentração de partes por trilhão (ppt), induz à proliferação de células humanas de câncer de mama (THONGPRAKAI SANG et al., 2013).

Séralini e colaboradores (2014) divulgaram os resultados de um estudo de longa duração realizado com ratos, durante todo o seu tempo de vida. Os animais tratados com água contendo o herbicida Roundup (0,1 partes por bilhão) ou com milho transgênico tolerante a Roundup, apresentaram diferenças estatísticas significativas em cerca de 30 parâmetros estudados: hematológicos (hematócrito, plaquetas, neutrófilos, linfócitos, monócitos, volume corpuscular médio, concentração corpuscular média de hemoglobina); químicos clínicos (albumina, nitrogênio ureico do sangue, creatinina, fósforo, sódio, cloreto, fosfatase alcalina, cálcio, potássio); químicos urinários (creatinina, fósforo, potássio, clearance da creatinina, pH, cálcio); peso dos órgãos (coração, cérebro, fígado); peso corporal e modificação de peso; e consumo alimentar dos animais. Decorrentes destas alterações, aumentaram os riscos de desenvolvimento de câncer de mama nas fêmeas, câncer e danos ao sistema gastrointestinal, rins e fígado, principalmente dos machos, além de tempo menor de vida para os animais de ambos os sexos. Os tumores só ficaram aparentes quatro meses nos machos, e sete meses em fêmeas, após o início dos tratamentos.

Em artigo divulgado em janeiro de 2017, Mesnage e colaboradores revelaram que a ingestão por 2 anos, de doses muito baixas de Roundup, herbicida à base de glifosato, na concentração equivalente de glifosato da ordem de 0,1 ppb (50 ng/L, correspondendo a 4 ng/kg de peso corporal/dia), resultou em esteatose hepática e severos prejuízos às funções hepáticas (MESNAGE et al., 2017).

Em maio de 2017 foi divulgado estudo de autoria de Owagboriaye e colaboradores, no qual é descrito que ratos do sexo masculino tratados com baixas concentrações de Roundup apresentaram significativas reduções na contagem e mobilidade dos espermatozoides; aumento da proporção de células espermáticas anormais; lesões degenerativas dos testículos; e que o Roundup pode interferir na espermatogênese e diminuir a fertilidade de gônadas masculinas (OWAGBORIAYE et al., 2017). Portanto, o trabalho demonstrou que o glifosato atua como desregulador endócrino em mamíferos. Também em um estudo *in vivo*, machos do pato selvagem *Anas platyrhynchos* tratados com soluções aquosas de Roundup (5 e 100 mg/kg), foi descrito que os animais apresentaram distúrbios no sistema reprodutivo (OLIVEIRA et al., 2007).

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

A exposição de células periféricas de sangue ao glifosato resultou em danos ao DNA em leucócitos, e em diminuição da metilação do DNA *in vitro*. Os autores descrevem que mudanças na metilação do DNA podem perturbar o balanço entre a proliferação de células cancerosas e a morte programada das células (apoptose). A hipometilação do DNA pode levar à ativação da oncogênese, enquanto que a hipermetilação pode desativar genes supressores de tumor. Portanto, glifosato e AMPA podem desregular o delicado equilíbrio entre a proliferação celular e a morte programada das células (diversas obras *apud* VAN BRUGGEN et al., 2018).

As abelhas, particularmente, apresentam grande importância, não só pelo serviço de polinização, que se constitui em um dos maiores serviços ecossistêmicos e, portanto, um bem para a humanidade, mas também devido à produção de produtos apícolas, especialmente o mel, proporcionando trabalho e renda para milhares de famílias brasileiras que vivem da apicultura familiar. Estudos realizados na Universidade Federal de Santa Catarina revelaram que a presença de resíduos de HBGs no alimento das abelhas causa danos celulares nas glândulas hipofaríngeas, onde é produzida a geléia real, alterações no padrão comportamental das colônias, com declínio na população, e morte e não reposição da rainha (FAITA et al., 2018). Fatores esses que, somados, acabam levando à morte das colônias, e que ainda assim não representam o real cenário de campo ao qual as abelhas estão expostas, com multiresíduos de agrotóxicos e a carência nutricional devida à monocultura, aos transgênicos e ao desmatamento.

Com base nestes estudos mencionados e em centenas de outros, é relevante destacar que, em 20 de março de 2015, a Agência Internacional para a Pesquisa do Câncer (IARC), vinculada à Organização Mundial da Saúde, divulgou relatório em que o glifosato foi classificado como provável cancerígeno (IARC, 2015).

Martinez e Al-Ahmad (2019) descreveram que, em experimentos com células do cérebro humano, a exposição ao glifosato e ao AMPA podem resultar em danos neurológicos a partir de uma abertura da barreira sangue-cérebro e alterações no metabolismo da glicose.

Em artigo científico publicado em 2019, Von Ehrenstein e colaboradores demonstraram, a partir de estudo caso-controle baseado na população, realizado na Califórnia, que o risco de crianças nascerem com desordens do espectro do autismo era aumentado quando as mães, durante a gravidez, residiam a menos de 2.000 metros de locais onde havia uso de HBGs. Além disso, a exposição das crianças com menos de um ano de idade àqueles mesmos agrotóxicos aumentava os riscos de desencadeamento de desordens do autismo associadas à incapacitação intelectual.

Em artigo de revisão, Van Bruggen e colaboradores (2018) citaram diversos estudos em que foram descritos efeitos da exposição crônica de células e de animais terrestres e aquáticos a

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

baixas dosagens de Roundup: aumento da concentração de espécies com oxigênio reativo (oxidantes); diminuição da atividade da enzima colinesterase, resultando em distúrbios na neurotransmissão; deterioração das funções do ovário em culturas de células de ovários de bovinas; em ratos: desenvolvimento imperfeito de células nervosas e crescimento anormal de axônios; atividade anormal da enzima acetilcolinesterase; estresse oxidativo e excitotoxicidade do glutamato no hipocampo; comportamento depressivo em filhotes; danos bioquímicos e anatômicos no fígado; danos ao fígado e rins, e tumores; efeitos negativos na fertilidade de machos; em peixes: superprodução de espécies com oxigênio reativo; supressão da enzima acetilcolinesterase (efeitos neurológicos); danos amotoneurônios; problemas no desenvolvimento e danos ao cérebro; desregulação do metabolismo e danos aos rins; danos ao DNA do sangue, gúelrras e fígado de enguias; mudanças nas células de fígado e das mitocôndrias de carpas (ver revisão de VAN BRUGGEN et al., 2018).

No mesmo artigo, Van Bruggen e colaboradores (2018) citam estudos que descrevem que o glifosato e os surfactantes POEA e MON 0818 (com 75% POEA) têm impactos negativos sobre a saúde de uma grande variedade de organismos relevantes à base da cadeia alimentar aquática, incluindo microalgas, bactérias, protozoa, crustáceos, mexilhões, sapos e peixes, semelhantes aos efeitos sobre animais terrestres. As formulações de glifosato com POEA, em geral, são mais tóxicas do que aquelas sem este surfactante (ver revisão de VAN BRUGGEN et al., 2018).

Estudos publicados em 2005 demonstraram que uma formulação comercial de glifosato (Roundup), a uma concentração de 3,8 mg/L (3,8 ppm) em ecossistemas aquáticos, foi capaz de eliminar completamente duas espécies de girinos e quase exterminar uma terceira espécie, resultando em um declínio de 70% na diversidade de girinos do experimento (RELYEA, 2005). Outro estudo, que causou enorme impacto, concluiu que herbicidas à base de glifosato causam malformações na rã *Xenopus laevis* (PAGANELLI et al., 2010). Há dezenas de outras evidências científicas de que os HBGs também causam efeitos teratogênicos em aves, anfíbios e mamíferos, e que estão associados com o ácido retinóico (ver revisão de ANTONIOU et al., 2012). Segundo a literatura científica, as malformações em mamíferos consistem na ausência de ossos ou partes de ossos, ossos encurtados e curvados, assimetria, fusões e fissuras. Segundo Samsel e Sneff (2013a), os resultados inferem que a disseminação do glifosato no ambiente pode ser uma explicação para o desaparecimento de sapos, observado em diversos locais do mundo.

Efeitos genotóxicos foram causados por 500 microgramas do herbicida Roundup ao serem aplicados em ovos do jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris* (POLETTA et al., 2009) e,

na concentração de 10 ppm, o Roundup causou efeitos genotóxicos no peixe neotropical *Prochilodus lineatus* (CAVALCANTE et al., 2008).

Annett e colaboradores (2014) também constataram efeitos de formulações de glifosato em seres aquáticos (peixes, sapos, crustáceos), que incluíram: inibição da acetilcolinesterase (enzima que controla os impulsos nervosos); genotoxicidade; mudanças histopatológicas; problemas no desenvolvimento sexual e maior proporção de hermafroditas; alterações no comportamento; alterações bioquímicas; entre outros. Estudos já demonstram que peixes que vivem em rios podem sofrer alterações no sistema reprodutivo e em suas gônadas em razão da presença de resíduos de HBGs (exemplo SOSO et al., 2007).

Myers e colaboradores (2016) relataram que porcos alimentados com soja contaminada com resíduos de glifosato apresentaram malformações congênitas. Os autores sugerem que os HBG podem estar contribuindo para o desencadeamento de problemas semelhantes em seres humanos que moram próximos a áreas agrícolas com uso intensivo de tais herbicidas.

Diferentes grupos de microorganismos apresentam sensibilidades muito diferenciadas ao glifosato, AMPA e POEA. Conforme foi descrito por Shegata e colaboradores (2013), formulações comerciais do glifosato (em concentrações menores do que 1ppm) apresentaram atividade antibiótica intensa frente à bactérias benéficas presentes no trato digestivo de animais, ao mesmo tempo em que bactérias patogênicas, incluindo *Salmonella typhimurium* e *Clostridium botulinum*, foram altamente resistentes ao herbicida. Citando outros autores, Van Bruggen e colaboradores (2018) descreveram que os bovinos com elevadas concentrações de resíduos de glifosato nos alimentos e na urina apresentavam maior incidência de botulismo, devido à supressão das bactérias produtoras de ácido lático em seu rumen, que produzem antibióticos contra o *Clostridium botulinum*. Os mesmos pesquisadores descreveram que autores encontraram correlação positiva entre as concentrações de glifosato na urina e a densidade do fungo patogênico *Mucorales*, no rumen de vacas leiteiras. Alterações na microbiota intestinal dos animais, bem como efeitos danosos do glifosato sobre o fígado dos bovinos, afetando o seu sistema imunológico, foram explicações sugeridas pelos autores. Segundo diversos autores citados no mesmo trabalho, outro fenômeno resultante da ação seletiva do glifosato, AMPA e POEA sobre microorganismos é a crescente resistência de bactérias patogênicas a antibióticos (diversas obras *apud* VAN BRUGGEN et al., 2018).

CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DOS ALIMENTOS

Em estudo ambiental realizado na Argentina, o glifosato foi identificado e aferido em águas lixiviadas de plantações de soja em concentrações entre 0,10 e 0,7 mg/L (0,10 e 0,7 ppm), enquanto que em sedimentos e em solos, os valores variaram entre 0,5 e 5,0 mg/kg (0,5 e 5,0 ppm) (PERUZZO *et al.*, 2008). Sanchís e colaboradores (2012), ao analisarem 140 amostras de água subterrânea coletadas na Catalunha, Espanha, detectaram a presença de glifosato em 41% das amostras. Annett e colaboradores (2014), reuniram informações descritas em estudos ambientais, nos quais glifosato e AMPA (seu derivado) foram detectados na água superficial de diversos locais dos Estados Unidos, Canadá e França, em concentrações que variaram da ordem de partes por bilhão (microgramas por litro) a partes por milhão (miligramas por litro).

Nos Estados Unidos, a água coletada na entrada e na saída de estações de tratamento de esgoto de 10 cidades revelou a presença de glifosato em 17,5% das amostras e de seu derivado, AMPA, em 67,5% das amostras. O estudo demonstrou que a contaminação de recursos hídricos por glifosato também ocorre em áreas urbanas (KOLPIN *et al.*, 2006). Ainda nos Estados Unidos, análises ambientais revelaram que 75% das amostras de ar e de chuva coletados na região agrícola do delta do Mississippi estavam contaminadas por glifosato e por AMPA (MAJEWSKI *et al.*, 2014).

Van Bruggen e colaboradores (2018) citam trabalhos em que o glifosato foi detectado em águas superficiais e subterrâneas em muitos países: Canadá, 22% das amostras analisadas; meio oeste dos EUA, 44%; Washington, Maryland, Iowa, Wyoming, EUA, 100%; Iowa, Indiana, Mississippi, EUA, a maioria das águas dos rios; México, 100%; Argentina, 35% das águas superficiais; Suíça, a maioria das águas dos rios; Espanha, 41% das águas subterrâneas; Hungria, a maioria das águas dos rios e subterrâneas; Dinamarca, 25% das águas superficiais e 4% das águas subterrâneas; França, 91% das águas superficiais.

Conforme Myers e colaboradores (2016), autoridades do Reino Unido divulgaram que, em levantamento realizado em outubro de 2012, foram encontrados resíduos de glifosato em concentrações superiores a 0,2 ppm em 27 das 109 amostras de pão analisadas. Já nos Estados Unidos, análises realizadas por órgãos governamentais em 2011 aferiram a presença de glifosato em 90,3% das 300 amostras de soja analisadas, e de AMPA em 95,7% das amostras, em concentrações de 1,9 ppm e 2,3 ppm, respectivamente.

Estudo realizado na Suíça revelou que glifosato e AMPA estavam presentes na maioria dos alimentos, e em todas as amostras de vinho e sucos de frutas avaliados (ZOLLER *et al.*, 2018).

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

Amplamente noticiada pela imprensa, a análise de amostras da água que é consumida em 100 cidades catarinenses, feita a pedido do Ministério Público de Santa Catarina (MPSC), mostrou que 22 municípios do Estado recebem nas torneiras água com resquícios de agrotóxicos. Em 13 das 22 cidades onde foram encontrados resquícios de agrotóxicos na água, havia mais de um princípio ativo presente. Resíduos de HBG podem também estar nessas águas.

DECISÃO DA REAVALIAÇÃO DO GLIFOSATO PELA ANVISA

A reavaliação toxicológica do ingrediente ativo de agrotóxico glifosato foi instituída por meio da Resolução RDC Anvisa nº. 10, em 22 de fevereiro de 2008. Embora centenas de estudos científicos demonstrem os efeitos nocivos dos HBG em mamíferos, aves, anfíbios, entre outros, a Nota Técnica nº. 23/2018/SEI/CREAV /GEMAR/GGTOX/DIRE3/ANVISA concluiu que:

“A Anvisa reavaliou o ingrediente ativo Glifosato e concluiu que, quanto às propriedades proibitivas de registro, previstas na Lei 7.802 de julho de 1989, o Glifosato não apresenta características mutagênicas, teratogênicas e carcinogênicas, não é desregulador endócrino e não é tóxico para a reprodução. Não há evidências científicas de que o Glifosato cause mais danos à saúde que os testes com animais de laboratório puderam demonstrar”.

O fato da ANVISA desprezar os estudos científicos comprobatórios de que os HBG causam de fato danos à saúde humana, aos animais e aos demais componentes do meio ambiente, é uma demonstração inequívoca que a decisão carece de suporte científico. Além disso, contrariou a decisão da International Agency for Research on Cancer (IARC, 2015), da Organização Mundial da Saúde (OMS), que concluiu que existe suficiente experimentação com animais a carcinogênese provocada pelo glifosato, e que este princípio ativo é potencial cancerígeno para humanos.

Tampouco a ANVISA levou em conta as decisões de tribunais judiciais dos Estados Unidos, em que o glifosato foi considerado o causador de câncer em pacientes que utilizavam produtos comerciais à base de glifosato em suas atividades. Milhares de processos continuam tramitando na justiça americana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao que tudo indica, repete-se a história de tantos outros produtos industriais perigosos como o DDT e a talidomida, que só foram banidos décadas depois da divulgação de estudos científicos que comprovavam os danos que causam à saúde humana.

Campeão de vendas, cientificamente o Glifosato é um agrotóxico perigoso

No Brasil, a portaria n. 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde, estabeleceu em 500 microgramas por litro (0,5 ppm) a concentração máxima de glifosato permitida na água potável. Entretanto, os dados da literatura apresentados no presente artigo demonstram que, nesta concentração, o glifosato apresenta efeitos tóxicos aos seres humanos. Além disso, conforme foi comentado por Bombardi (2017), enquanto na União Europeia o limite de resíduos de glifosato permitido na soja é de 0,05mg/kg, no Brasil o valor é 200 vezes maior, 10 mg/kg.

Por outro lado, os efeitos teratogênicos, genotóxicos e de desregulador endócrino descritos na literatura e citados no presente trabalho justificam o banimento do uso do glifosato no Brasil, com base na a lei n. 7.802 de 1989, que estabelece, no Artigo 3º:

#§ 6º Fica proibido o registro de agrotóxicos, seus componentes e afins: [...] c) que revelem características teratogênicas, carcinogênicas ou mutagênicas, de acordo com os resultados atualizados de experiências da comunidade científica; d) que provoquem distúrbios hormonais, danos ao aparelho reprodutor, de acordo com procedimentos e experiências atualizadas na comunidade científica; [...] (Brasil, 1989)

Portanto, diante dos efeitos tóxicos resumidamente descritos para o glifosato e suas formulações comerciais, é relevante enfatizar que a ampla utilização de produtos à base de glifosato tem resultado de fato na contaminação ambiental não só nas regiões onde são aplicadas, mas também atinge alvos muito distantes dos locais de aplicação. Desta forma, é imperativo que os registros dos herbicidas à base de glifosato sejam cancelados ou rigorosamente restringidos, para que se proteja a saúde das pessoas e a qualidade do ambiente, conforme determina o artigo 225 da Constituição Federal.

Por outro lado, apesar de todos os efeitos tóxicos que vem sendo descritos para o glifosato, a ANVISA reavaliou por 11 anos o registro do glifosato e resolveu, em 2019, manter o registro e os usos dos HBG já autorizados anteriormente. Esta decisão contraria o movimento mundial pelo banimento do produto. Exemplo disso é o fato de que a validade do registro dos HBG expira em 30 de junho de 2019 na Europa e, por maioria, a União Europeia não concordou com a prorrogação da vigência do registro destes produtos. Por sua vez, a França já proibiu o produto em seu território. O Vietname também. Outros países como a Dinamarca e Suécia já restringiram o uso.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Índice monográfico – G01 – Glifosato**. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117782/G01%2B%2BGlifosato.pdf/6a549ab8-990c-4c6b-b421-699e8f4b9ab4>. Acesso em março de 2020a.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Nota técnica 23 de 2018 – Glifosato**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/notas-tecnicas?tagsName=glifosato>. Acesso em março de 2020b.

ANNET, R.; HABIBI, H. R.; HONTELA, A. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. **J. Appl. Toxicol.**, v. 34, n. 5, p. 458-479, 2014.

ANTONIOU, M.; HABIB, M.E.M.; HOWARD, C.V.; JENNINGS, R.C.; LEIFERT, C.; NODARI, R.O.; ROBINSON, C.J.; FAGANET, J. Teratogenic Effects of Glyphosate-Based Herbicides: Divergence of Regulatory Decisions from Scientific Evidence. **J. Environ. Anal. Toxicol.**, S4:006. 2012. doi:10.4172/2161-0525.S4-006.

BENACHOUR, N.; SÉRALINI, G.E. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. **Chem. Res. Toxicol.**, v. 22, p. 97-105, 2009.

BENACHOUR, N.; SIPAHUTAR, H.; MOSLEMI, S.; GASNIER, C.; TRAVERT, C.; SÉRALINI, G. E. Time- and dose-dependent effects of Roundup on human embryonic and placental cells. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 53, p. 126–133, 2007.

CARLISLE, S. M.; TREVORS, J. T. Glyphosate in the environment. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 39, p. 409-420, 1988.

CAVALCANTE, D. G. S. M.; MARTINEZ, C. B. R.; SOFIA, S. H. Genotoxic effects of Roundup® on the fish *Prochilodus lineatus*. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 655, n. 1-2, p. 41-46, 2008.

CLAIR, E.; MESNAGE, R.; TRAVERT, C.; SÉRALINI, G. E. A glyphosate-based herbicide induces necrosis and apoptosis in mature rat testicular cells in vitro, and testosterone decrease at lower levels. **Toxicology in Vitro**, v. 26, p. 269-279, 2012.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. **Quim. Nova**, v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005.

FAITA, M.R.; OLIVEIRA, E.M.; ALVES, V. V.; ORTH, A. I.; NODARI, R. O. Changes in hypopharyngeal glands of nurse bees (*Apis mellifera*) induced by pollen-containing sublethal doses of the herbicide Roundup®. **Chemosphere**, v. 211, p. 566-572. 2018.

FUNKE, T.; HAN, H.; HEALY-FRIED, M. L.; FISCHER, M.; SCHONBRUNN, E. Molecular basis for the herbicide resistance of Roundup Ready crops. **PNAS**, v. 103, n. 35, p. 13010-1305, 2006.

GASNIER, C.; DUMONT, C.; BENACHOUR, N.; CLAIR, E.; CHAGNON, M. C.; SÉRALINI, G. E. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. **Toxicology**, v. 262, p. 184-191, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE – IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos.** Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#boletinsanuais>. Acesso em março de 2020.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER – IARC. **IARC monographs, volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides.** 2015 Disponível em: <https://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/MonographVolume112.pdf>. Acesso em março de 2019.

JAWORSKI, E. G. Mode of action of N-Phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **J. Agric. Fd. Chem.**, v.20, p. 1195-1198, 1972.

JAYASUMANA, C.; GUNATILAKE, S.; SENANAYAKE, P. Glyphosate, hard water and nephrotoxic metals: are they the culprits behind the epidemic of chronic kidney disease of unknown etiology in Sri Lanka? **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 11, p. 2125-2147, 2014.

KOLPIN, D. W.; THURMAN, E. M.; LEE, E. A.; MEYER, M. T.; FURLONG, E. T.; GLASSMEYER, S. T. Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. **Science of the Total Environment**, v. 354, p. 191-197, 2006.

MAJEWSKI, M. S.; COUPE, R. H.; FOREMAN, W. T.; CAPEL, P. D. Pesticides in Mississippi air and rain: a comparison between 1995 and 2007. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 33, n. 6, p. 1283-1293, 2014.

MARTINEZ, A.; AL AHMAD, A. J. Effects of glyphosate and aminomethylphosphonic acid on an isogenic model of the human blood-brain barrier. **Toxicology Letters**, v. 304, p. 39-49, 2019.

MESNAGE, R.; BERNAY, B.; SÉRALINI, G.E. Ethoxykylated adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human cell toxicity. **Toxicology**, v. 313, n. 2-3, p. 122-128, 2013.

MESNAGE, R.; DEFARGE, N.; DE VENDÔMOIS, J. S.; SÉRALINI, G. E. Major pesticides are more toxic to human cells than their declared active principles. **Biomed. Res. Int.**, p. 1-8, 2014.

MESNAGE, R.; RENNEY, G.; SÉRALINI, G. E.; WARD, M.; ANTONIOU, M. N. Multiomics reveal non-alcoholic fatty liver disease in rats following chronic exposure to an ultra-low dose of Roundup herbicide. **Scientific Reports**, v.7, article number: 39328, 2017.

MYERS, J. P.; ANTONIOU, M. N.; BLUMBERG, B.; CARROLL, L.; COLBORN, T.; EVERETT, L. G. *et al.* Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. **Environmental Health**, v. 15, p. 19-31, 2016.

NODARI, R. O. Plantas transgênicas: da falta de precisão à falta de eficácia. In HESS, S. C. (organizadora). **Ensaio sobre poluição e doenças no Brasil**. São Paulo: Outras Expressões, 2018. p. 107-128.

OLIVEIRA, A. G.; TELLES, L. F.; HESS, R. A.; MAHECHA, G. A. B.; OLIVEIRA, C. A. Effects of the herbicide Roundup on the epididymal region of drakes *Anas platyrhynchos*. **Reprod. Toxicol.**, v. 23, p. 182-191, 2007.

OWAGBORIAYE, F. O.; DEDEKE, G. A.; ADEMOLU, K. O.; OLUJIMI, O. O.; ASHIDI, J. S.; ADEYINKA, A. A. Reproductive toxicity of Roundup herbicide exposure in male albino rat. **Exp. Toxicol. Pathol.**, v. 69, n. 7, p. 461-468, 2017.

PAGANELLI, A.; GNAZZO, V.; ACOSTA, H.; LÓPEZ, S. L.; CARRASCO, A. E. Glyphosate based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. **Chem. Res. Toxicol.**, v. 23, p. 1586-1595, 2010.

PELAEZ, V.; TEODOROVICZ, T.; GUIMARÃES, T. A.; SILVA, L. R.; MOREAU, D. et al. A dinâmica do comércio internacional de agrotóxicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 39-52, 2016.

PERUZZO, P.; PORTA, A.; RONCO, A. Levels of glyphosate in surface waters, sediments and soils associated with direct sowing soybean cultivation in north pampasic region of Argentina. **Environ. Pollut.**, v. 156, n. 1, p. 61-66, 2008.

POLETTA, G. L.; LARRIERA, A.; KLEINSORGE, E.; MUDRY, M. D. Genotoxicity of the herbicide formulation Roundup (glyphosate) in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) evidenced by the Comet assay and the micronucleus test. **Mutat. Res.**, v. 672, p. 95-102, 2009.

RELYEA, R.A. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. **Ecol. Appl.**, v. 15, p. 618-627, 2005.

SAMSEL, A.; SENEFF, S. Glyphosate, pathways to modern diseases III: manganese, neurological diseases, and associated pathologies. **Surg. Neurol. Int.**, v. 6, p. 45-70, 2015.

SAMSEL, A.; SENEFF, S. Glyphosate, pathways to modern diseases II: celiac sprue and gluten intolerance. **Interdiscip. Toxicol.**, v. 6, n. 4, p. 159-184, 2013b.

SAMSEL, A.; SENEFF, S. Glyphosate's suppression of Cytochrome P450 enzymes and amino acid biosynthesis by the gut microbiome: pathways to modern diseases. **Entropy**, v. 15, p. 1416-1463, 2013a.

SANCHÍS, J.; KANTIANI, L.; LLORCA, M.; RUBIO, F.; GINEBREDÀ, A.; FRAILE, J. et al. Determination of glyphosate in groundwater samples using an ultrasensitive immunoassay and confirmation by on-line solid-phase extraction followed by liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. **Anal. Bioanal. Chem.**, v. 402, n. 7, p. 2335-2345, 2012.

SÉRALINI, G. E.; CLAIR, E.; MESNAGE, R.; GRESS, S.; DEFARGE, N.; MALATESTA, M. et al. Republished study: long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. **Environmental Sciences Europe**, v. 26, p. 1-17, 2014.

SHEHATA, A. A.; SCHRODL, W.; ALDIN, A. A.; HAFEZ, H. M.; KRUGER, M. The effect of glyphosate on potential pathogens and beneficial members of poultry microbiota *in vitro*. **Curr. Microbiol.**, v. 66, p. 350-358, 2013.

SOSO, A.B.; BARCELLOS, L.J.; RANZANI-PAIVA, M.J.; KREUTZ, L.C.; QUEVEDO, R.M.; ANZILIERO, D. LIMA, M.; SILVA, L.B.; RITTER, F.; BEDIN, A.C.; FINCO, J.A. Chronic exposure to sub-lethal concentration of a glyphosate-based herbicide alters hormone profiles and affects reproduction of female Jundiá (*Rhamdia quelen*). **Environ. Toxicol. Pharmacol.**, v. 23, n. 3, p.308-13. 2007.

THONGPRAKAISANG, S.; THANTANAWAT, A.; RANGKADILOK, N.; SURIYO, T.; SATAYAVIVAD, J. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. **Food Chem. Toxicol.**, v. 59, p. 129-136, 2013.

VAN BRUGGEN, A. H. C.; HE, M. M.; SHIN, K.; MAI, V.; JEONG, K. C.; FINCKH, M. R.; MORRIS JR., J. G. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. **Science of the Total Environment**, v. 616-617, p. 255-268, 2018.

VON EHRENSTEIN, O. S.; LING, C.; CUI, X.; COCKBURN, M.; PARK, A. S.; YU, F. et al. Prenatal and infant exposure to ambient pesticides and autism spectrum disorder in children: population based case-control study. **The British Medical Journal**, v. 364, p. 1962-1971, 2019.

WILLIAMS, B. K.; SEMLITSCH, R.D. Larval responses of three midwestern anurans to chronic, low-dose exposures for four herbicides. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v. 58, n. 3, p. 819-27, 2010.

YOUSEF, M. I.; SALEM, M. H.; IBRAHIM, H. Z.; HELMI, S.; SEEHY, M. A.; BERTHEUSSEN, K. Toxic effects of carbofuran and glyphosate on semen characteristics in rabbits. **J. Environ. Sci. Health B**, v. 30, n. 4, p. 513-534, 1995.

ZOLLER, O.; RHYN, P.; RUPP, H.; ZARN, J. A.; GEISER, C. Glyphosate residues in Swiss Market foods: monitoring and risk evaluation. **Food Addit. Contam. Part B Surveill.**, v. 11, n. 2, p. 83-91, 2018.

Recebido em: 20/04/2019

Aceito em: 16/03/2020