



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
MARCO D'ELIA FERNANDES

Potencial contaminante de herbicidas a base de glifosato (Roundup) em poços artesianos e sistemas superficiais de abastecimento na bacia do Rio das Mortes

SÃO JOÃO DEL-REI 2018

Marco D'Elia Fernandes

Potencial contaminante de herbicidas a base de glifosato (Roundup) em poços artesianos e sistemas superficiais de abastecimento na bacia do Rio das Mortes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de São João del-Rei.

Orientador: Prof. Dr. Björn Gücker

SÃO JOÃO DEL-REI 2018

Marco D'Elia Fernandes

Potencial contaminante de herbicidas a base de glifosato (Roundup) em poços artesianos e sistemas superficiais de abastecimento na bacia do Rio das Mortes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de São João Del-Rei.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dra. Iola Gonçalves Boëchat
Universidade Federal de São João del-Rei

Prof. Dr. Múcio do Amaral Figueiredo
Universidade Federal de São João del-Rei

São João Del-Rei

2018

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F364p Fernandes, Marco D'Elia Fernandes.
Potencial contaminante de herbicidas a base de
glifosato (Roundup) em poços artesianos e sistemas
superficiais de abastecimento na bacia do Rio das
Mortes / Marco D'Elia Fernandes Fernandes ;
orientador Björn Gücker. -- São João del-Rei, 2018.
37 p.

Trabalho de Conclusão (Graduação - Geografia) --
Universidade Federal de São João del-Rei, 2018.

1. Glifosato. 2. Águas superficiais. 3.
subsuperficial. 4. Espectrofotometria. I. Gücker,
Björn , orient. II. Título.

Dedico esse trabalho à minha família, minha mãe Mara e meu irmão Gabriel e meu pai Marcos Antonio. Aos meus amigos, dos mais antigos tal qual Lucas Haddad e Mateus Hessel, aos que fiz nesta jornada também.

Agradecimentos

Primeiramente quero agradecer a minha família, minha mãe Mara Silvia D'Elia e meu irmão Gabriel D'Elia Fernandes, que durante esses quatro anos me deram todo o apoio possível, mesmo de longe, que eu precisei para realizar essa jornada da graduação.

Quero agradecer também ao meu orientador, Prof. Björn Gückler, e a Profa. Iola Boëchat por terem tido paciência comigo, ao me ajudarem a absorver o conhecimento que me era novo, mas essencial ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradecimentos a todos do Laboratório de Limnologia Aplicada da UFSJ e, em especial, para Elisa e Ronaldo, sem os quais eu não teria conseguido realizar essa empreitada.

Aos meus amigos que fiz aqui na Universidade Federal de São João Del-Rei que me acompanharam durante esse período e que não me deixaram desanimar, em especial Mariana Santos Freitas e Raquel Maria Alves que diante das adversidades que nos acometeram durante esse período de estudos e dedicação encontramos apoio uns nos outros para continuar nossas vidas acadêmicas, e também as amigas Aryany Maria da Silva Ferreira e Renata dos Reis Sousa, amigas que estiveram comigo e me aturando durante toda a graduação minhas companheiras de copo das noites são-joanenses e que de certa forma me incentivaram a continuar trabalhando neste e em outros projetos que estive envolvido na universidade. Ao meu melhor amigo Lucas Haddad que me ajudou a manter a cabeça no lugar durante a graduação com seus conselhos sempre muito bem colocados.

Aos meus colegas de curso, meu mais sincero prazer e gratidão, por todos os momentos compartilhados, trabalhos de campo, "Geotecos", seminários, provas, entre outros momentos que também fizeram parte de nossa graduação.

À Wânia Longatti que tanto me ajudou (sempre com um sorriso no rosto) durante esse tempo de estudos a compreender toda a burocracia e trâmites que envolveu a minha graduação.

Um agradecimento a todos os professores Departamento de Geociências da Universidade Federal de São João Del-Rei que foram importantes não só na minha formação acadêmica, mas também na consolidação da minha formação política e

como pessoa, em especial ao meu amigo e professor Thiago Santos que não mais se encontra na UFSJ, mas vai estar sempre na memória deste curso e na minha por te me incentivado a me envolver ativamente na militância política, estudantil e na vida.

A todos que de forma direta ou indireta fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

O que eu faço, é uma gota no meio de um oceano. Mas sem ela, o oceano será menor.
(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

O uso de herbicidas à base de glifosato é largamente difundido no Brasil, inclusive na bacia do Rio das Mortes, MG. O glifosato [n-(fosfonometil)glicina; $C_3H_8NO_5P$] é um disruptor endócrino e a sua toxicidade é comprovada para humanos. Através da lixiviação e o escoamento superficial após aplicação, o herbicida glifosato pode atingir e contaminar recursos hídricos utilizados para abastecimento doméstico. A fim de se averiguar o potencial contaminante do glifosato na região da bacia do Rio das Mortes, foi realizado um levantamento das concentrações desse contaminante em águas superficiais e poços artesianos usados para abastecimento doméstico em regiões rurais, agrícolas e urbanas da bacia, no período seco e chuvoso de 2017. A dosagem de glifosato foi realizada espectrofotometricamente, baseada na reação cromogênica entre o glifosato e o reagente p-dimetilaminocinamaldeído. As concentrações de glifosato nas amostras coletadas no período de seca ficaram abaixo do limite de detecção do método (0,5 mg/L; que representa o limite superior da resolução CONAMA), com exceção das amostras de dois pontos que estavam relacionados a uma recente aplicação do herbicida nas proximidades do ponto de coleta. Já no período de chuva, 55% das amostras mostraram concentrações do herbicida acima 0,5 mg/L. Essa diferença sazonal pode estar ligada aos processos de escoamento superficial e lixiviação, principais meios de transporte do glifosato, e que ocorrem com maior intensidade nos períodos chuvosos. Já a comparação das concentrações de glifosato entre sistemas superficiais e subsuperficiais mostrou que as maiores concentrações se encontravam nos sistemas subsuperficiais. A comparação da concentração entre os diferentes tipos de uso do solo revelou que o uso do solo urbano pode causar as maiores concentrações de glifosato, provavelmente devido ao uso doméstico do herbicida como capina química de lotes e ruas, e o alto grau de impermeabilização do solo, que favorece o escoamento superficial. O consumo deste herbicida por longos períodos de tempo pode ser prejudicial à saúde humana. Como as nossas análises apontam concentrações de glifosato em recursos hídricos usados para abastecimento em média 2,7 vezes maiores que as recomendadas pela resolução CONAMA, o monitoramento e manejo do uso de glifosato, especialmente durante o período de chuva, se torna uma questão de saúde pública na nossa região.

Palavras-chave: Glifosato, Águas superficiais e subsuperficial, Espectrofotometria.

ABSTRACT

The use of glyphosate-based herbicides based on glyphosate is widespread in Brazil, including the Rio das Mortes basin, MG, studied in the present investigation. Glyphosate [n- (phosphonomethyl) glycine; $C_3H_8NO_5P$] is an endocrine disruptor and its toxicity is proven for humans. Through leaching and surface runoff after its application, glyphosate herbicide can reach and contaminate water resources used for domestic water supply. In order to assess the potential glyphosate contamination of water resources in the region of the Rio das Mortes basin, a survey of the concentrations of this contaminant was carried out in surface waters and artesian wells used for domestic water supply in rural, agricultural and urban areas of the basin during the dry period and rainy season of the year 2017. Glyphosate analysis was performed spectrophotometrically based on the chromogenic reaction between glyphosate and p-dimethylaminocinnamaldehyde. The concentrations of glyphosate in samples collected during the dry season were below the detection limit of the method (0.5 mg/L, representing the upper limit of the CONAMA resolution), except for the two sampling points, in which a recent application of the herbicide in the vicinity of the sampling points had occurred. In the rainy season, 55% of samples showed concentrations of the herbicide above 0.5 mg/L. This seasonal difference may be related to the fact that surface runoff and leaching, the main transport processes of glyphosate, occur with greater intensity in rainy season. The comparison of glyphosate concentrations between surface and subsurface systems showed that the highest concentrations were found in subsurface systems. The comparison of the concentration between the different land use categories showed that urban land use may cause the highest glyphosate concentrations, probably due to the domestic use of the herbicide for chemical weeding of lots and streets, and the high degree of soil impermeabilization in urban areas that favors surface runoff. The consumption of this herbicide for long periods of time can be harmful to

human health. As our analyzes show glyphosate concentrations in water resources used for domestic water supply on average 2.7 times higher than levels recommended by the CONAMA resolution, the monitoring and management of glyphosate use, especially during the rainy season, becomes a issue of public health in our region.

Key words: Glyphosate, Surface and subsurface waters, Spectrophotometry

LISTA DE TABELA

<i>Tabela 1-Pontos de Coleta e suas localizações</i>	22
--	----

LISTA DE FIGURAS

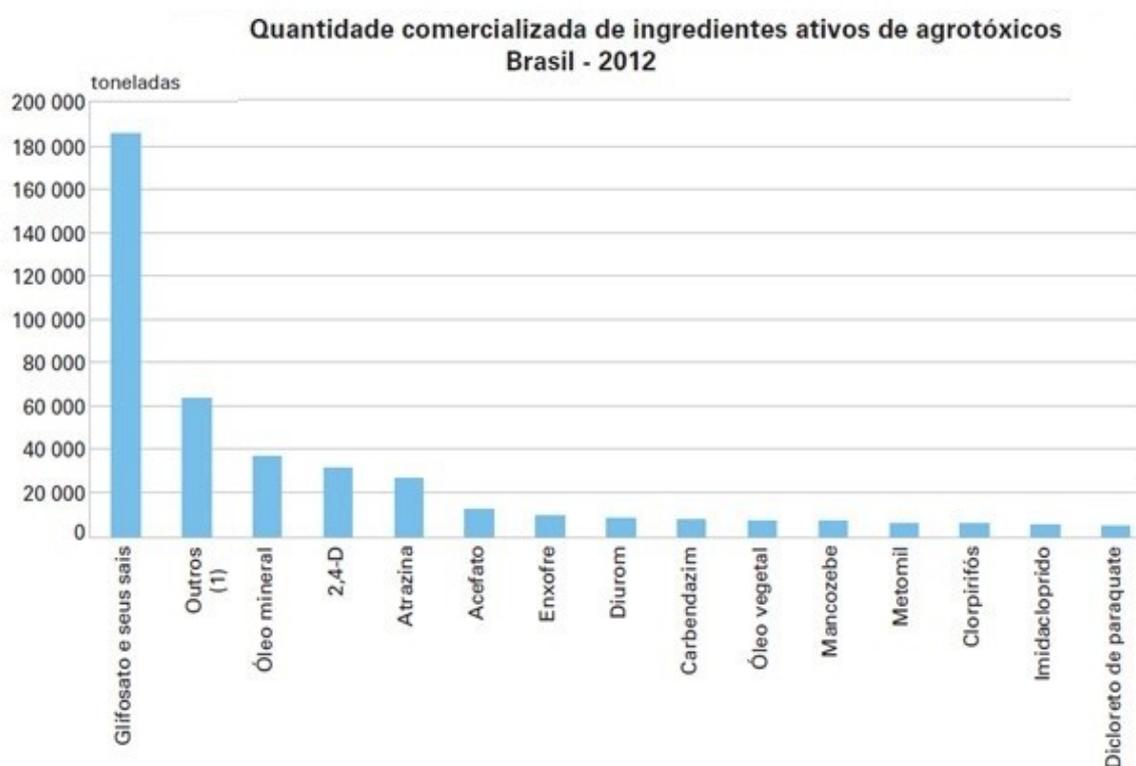
<i>Figura 1-Boletim anual de produção, Importação, Exportação de agrotóxicos no Brasil, 2012, DF: Fonte IBAMA</i>	14
<i>Figura 2-Boletim anual de produção, Importação, Exportação de agrotóxicos no Brasil, 2012, DF: Fonte IBAMA</i>	15
<i>Figura 3- Formula estrutural do glifosato. Fonte: Silva et al., 2012</i>	16
<i>Figura 4 – Bacia do Rio das Mortes e sua localização no estado de MG. Fonte: IGAM, 2007</i>	20
<i>Figura 5- mapa de localização dos Pontos de coleta; Fonte: Marco Delia</i>	21
<i>Figura 6- Espectrofotômetro Thermo Scientific EVOLUTION 201. Equipamento usado pra realização das medições das amostras. Fonte: Marco Delia</i>	23
<i>Figura 7- Exemplo de uma curva de calibração da análise espectrofotométrica de glifosato. Linha representa a regressão linear entre concentração e absorbância dos padrões ($R^2 = 0,998$, $p < 0,05$).</i>	24
<i>Figura 8- Concentração de glifosato na água nos pontos de amostragem nas duas coletas. Concentrações abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L foram desconsideradas.</i>	25
<i>Figura 9-Comparação das concentrações de glifosato em águas superficiais e subsuperficiais na segunda coleta efetuada. Os boxplots mostram os valores mínimos, máximos, d25 e d75, medias e medianas. ANOVA de efeitos principais, $p=0,89$.</i>	27
<i>Figura 10-Concentrações de glifosato por tipo de uso do solo na segunda coleta efetuada. Os boxplots mostram os valores mínimos, máximos, d25 e d75, medias e medianas. ANOVA, $p=0,67$.</i>	29

Sumário

1. Introdução	14
2. Objetivos	19
3. Metodologia	20
3.2 Estratégia amostral	21
3.3 Análises laboratoriais	23
3.4 Análises de dados	23
3.4 Curva de Calibração	24
4. Resultados e discussão	25
4.1 Concentrações em sistemas de abastecimento superficial e subsuperficial	26
4.2 Concentrações por tipos de uso do solo	28
5. Conclusão	32
6. Bibliografia	34

1. Introdução

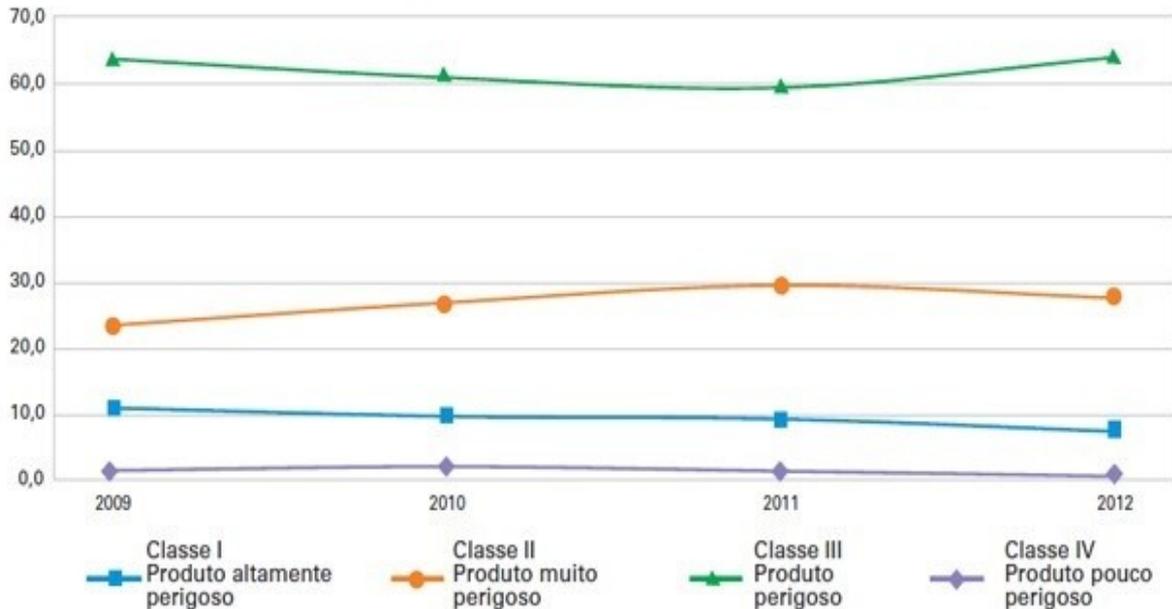
O consumo de agrotóxicos no Brasil aumenta vertiginosamente, em grande parte, devido à expansão da fronteira agrícola e ao aumento de terras de plantio direto (Silva et al. 2012). Quando são utilizados sem controle adequado, são lixiviados e se depositam em corpos d'água que podem ser importantes berçários para diversas espécies (Thompson et al., 2004). Dentre os agrotóxicos consumidos no país, o glifosato é o ingrediente ativo entre os primeiros lugares no ranking de comercialização, como podemos ver nas figuras 1.



Fonte: Boletim anual de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil 2012. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama, 2012. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/pagina-3>>

Figura 1-Boletim anual de produção, Importação, Exportação de agrotóxicos no Brasil , 2012, DF: Fonte IBAMA

**Proporção de agrotóxicos comercializados
por classes de periculosidade ambiental - Brasil - 2009-2012**



Fonte: Boletim anual de produção, importação, exportação e vendas de agrotóxicos no Brasil 2009-2012. Brasília, DF: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama, 2009-2012. Disponível em: <<http://ibama.gov.br/areas-tematicas-qa/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos/pagina-3>>

Figura 2-Boletim anual de produção, Importação, Exportação de agrotóxicos no Brasil , 2012, DF: Fonte IBAMA

Embora o glifosato esteja classificado como tóxico médio pelo MMA (vide figura 2), os efeitos deste herbicida no meio ambiente e no ser humano ainda não foram completamente elucidados. Ao observar processos ambientais de transporte entre compartimentos, com os quais o herbicida está relacionado após a aplicação, a lixiviação e o escoamento superficial se destacam. Através da lixiviação, as moléculas de herbicidas são conduzidas para camadas profundas do solo através do processo de percolação da água no solo, podendo atingir e contaminar as massas subterrâneas de água. O escoamento superficial favorece a contaminação das águas superficiais, que pode ocorrer através do transporte do herbicida adsorvido às partículas do solo erodido ou em solução (Queiroz et al. 2011).

Os herbicidas a base de Glifosato são comercializados pela Monsanto Indústrias SA desde 1971, comercialmente chamada de Roundup, sendo que esta

controla 80% do mercado mundial de comércio de glifosato (Toni et al. 2006). O sal de isopropilamina de [n-(fosfonometil)glicina; $C_3H_8NO_5P$] (vide figura 3) , é um dessecante sistêmico, pós-emergente, de largo espectro e não-seletivo. Em contato com ervas daninhas indesejadas é rapidamente absorvido pelas folhas, interrompendo a biossíntese de ácidos aminoaromáticos essenciais, comprometendo assim a produção de clorofila e carotenóides e causando danos irreversíveis nas células. Entre os danos recorrentes, a ruptura parcial do cloroplasto e a perda de água do retículo endoplasmático rugoso são os mais relevantes (Kuklinsky-Sobral et al. 2001). Quando em contato com o solo, forma interações com metais e ácidos húmicos presentes no solo, aderindo-se às partículas do solo, permanecendo ali por um período que varia entre trinta e noventa dias (Rodrigues e Almeida, 1998).

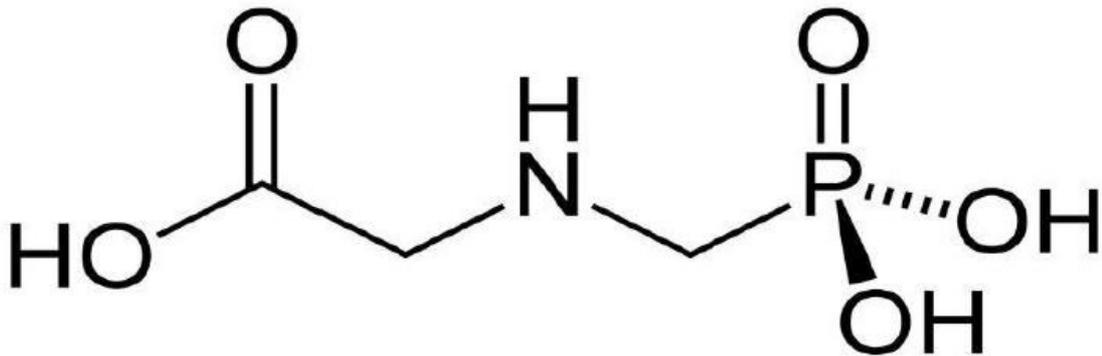


Figura 3- Formula estrutural do glifosato. Fonte: Silva et al., 2012

Inicialmente, sua aplicação era restrita aos momentos anteriores à semeadura e o cultivo, ou após, para evitar o contato com as plantas de interesse comercial. A criação e patenteamento de linhagens de plantas resistentes ao ROUNDUP®, pela mesma empresa que o fabrica, tem permitido que seja pulverizado nos cultivos a qualquer momento, o que pode tornar seu uso indiscriminado(Lima,2012).

Quanto à toxicidade a seres humanos, quando absorvido por via oral ou dérmica, o glifosato age como um irritante dérmico e ocular, podendo causar danos hepáticos e renais quando ingerido em doses elevadas (Amarante Junior et al, 2002). A exposição aguda ao glifosato pode interferir em importantes vias enzimáticas, como por exemplo, reduzindo a atividade da aromatase, enzima responsável pela síntese

de estrógeno e da atividade da CDK1/ciclina B (enzima reguladora do ciclo celular), além de atrapalhar a síntese geral de proteínas, o que pode interferir na regulação do ciclo celular e no desenvolvimento embrionário, como já relatado em estudos experimentais com *Sphaerechinus granularis*, um invertebrado marinho amplamente utilizado como modelo animal em estudos que avaliam efeitos da exposição a agrotóxicos (Santos, 2011). Os efeitos gerados por sua ingestão podem ocorrer dermatite de contato e síndrome tóxica, após a ingestão de doses elevadas, epigastralgia, ulceração ou lesão de mucosa gástrica, hipertermia, anúria, oligúria, hipotensão, conjuntivite, edema orbital, choque cardiogênico, arritmias cardíacas, edema pulmonar não carcinogênico, pneumonite, necrose tubular aguda, elevação de enzimas hepáticas, aumento da quantidade de leucócitos, acidose metabólica e hipercalemia (Amarante Junior, 2002).

Portanto, no Brasil, a resolução nº 357 do CONAMA estabelece limites máximos, para a concentração de glifosato, de 0,5 mg L para águas doces de classes I e II, e de 280 mg L⁻¹ para águas de classe III. Para fins de enquadramento de classificação de corpos e de condições e padrões de qualidade das águas, o Ministério da Saúde (Portaria 1.469) tem uma resolução que define o valor máximo permitido de glifosato de 0,5 mg L⁻¹, diferentemente do permitido pela Agência de Proteção ambiental dos estados Unidos de 0,7 mg L⁻¹ e da Comunidade econômica Europeia de 1 µg L⁻¹ (Amarante Junior e Santos, 2002).

Sendo um produto não seletivo, a ampla atividade do herbicida pode conduzir à contaminação de ambientes naturais, habitats e de fontes de alimento de pássaros e anfíbios, levando a uma notável diminuição de suas populações (Amarante Junior et al., 2002). Em ambientes aquáticos pode influenciar a ecofisiologia de herbívoros aquáticos em todos os seus estágios de desenvolvimento. Macroinvertebrados aquáticos e larvas de vertebrados, por exemplo, além de sofrerem constante pressão de predação por parte de organismos em níveis tróficos superiores, aquáticos ou terrestres, são extremamente susceptíveis a alterações estruturais do habitat (Brauns et al., 2011).

Apesar de serem amplamente utilizados no controle de pragas e no manejo agrícola, os efeitos deletérios de herbicidas a base de glifosato sobre a estrutura e funcionamento aquáticos são pouco conhecidos até o presente, e até controversos

(Solomon e Thompson, 2003; Vera et al., 2009). Pouco ou nada se sabe sobre os mecanismos de transporte e retenção desse contaminante na bacia do Rio das Mortes, bacia escolhida para a execução deste estudo, e o potencial de exportação para sistemas aquáticos localizados mais a jusante das áreas de aplicação, inclusive para pontos de abastecimento superficiais particulares e de empresas de saneamento (COPASA, DAMAE) e poços artesianos. Recentemente foram detectadas altas concentrações de glifosato (de até $5,8 \text{ mg L}^{-1}$) em vários riachos agrícolas e urbanos na bacia do Rio das Mortes (Lima 2016). Portanto, uma contaminação de recursos hídricos usados para abastecimento doméstico parece também possível. A fim de se inferir o potencial contaminante do glifosato na região é necessário que se faça, inicialmente, um levantamento das concentrações desse contaminante em corpos d'água e poços artesianos usados para abastecimento doméstico em regiões rurais e urbanas da bacia do Rio das Mortes. Tal conhecimento é necessário para que se possa avaliar o risco para a saúde pública e eventualmente sugerir estratégias de manejo que não atuem apenas localmente sobre os efeitos do glifosato, mas que possam ser eficientes na eliminação destes em toda a bacia.

Recentemente o produto à base de glifosato tem sido muito discutido no Brasil e no mundo, pois pela primeira vez um processo envolvendo o produto, vem a ser julgado procedente ao afirmar que o glifosato causou câncer em um ser humano. O caso do zelador de uma escola do condado da Califórnia, nos EUA, Dewayne Johnson foi aberto em 2016 e teve seu veredito contra a Monsanto SA (comprada pela companhia Bayer, no mês de Outubro de 2018), onde o zelador afirma que o herbicida a base de glifosato é o responsável pelo câncer terminal contraído após o contato com o produto.

Devido à condenação em primeira instância do caso americano em agosto de 2018, uma juíza federal substituta da 7ª Vara do Distrito Federal, determinou a não concessão de novos registros de produtos que contenham como ingredientes ativos glifosato e abamectina presentes em Agrotóxicos já muito comercializados no Brasil, em processo movido pelo Ministério Público. A decisão atenderia um pedido do Ministério Público Federal, que defende uma reavaliação toxicológica desses produtos, considerando os riscos à saúde e ao meio ambiente no Brasil. Porém a

liminar foi cassada a pedido da Advocacia-Geral da União alegando diversas questões como a do possível prejuízo na safra de soja 2018/19. Esse episódio ressalta ainda mais a necessidade de estudos acadêmicos sobre o glifosato e seus derivados para que possamos ter um arcabouço teórico e metodológico para melhor avaliar os impactos causados por este produto.

2. Objetivos

Neste estudo pretendemos avaliar e comparar as concentrações de herbicidas a base de glifosato em (1) corpos d'água superficiais e (2) poços artesianos usados para abastecimento doméstico. Para tal, foram analisadas amostras de água dos dois sistemas inseridos em diferentes paisagens de uso do solo (urbana, rural, agrícola), para determinarmos a presença e a concentração de glifosato nestes sistemas. Os resultados obtidos foram utilizados para se avaliar o potencial contaminante do glifosato em água de uso doméstico. Testamos as hipóteses centrais de que:

(H1) Serão encontradas altas concentrações de glifosato na água em sistemas de abastecimento doméstico.

(H2) As concentrações de glifosato na água serão maiores em pontos de abastecimento superficial do que em poços artesianos, devido à retenção e degradação do contaminante na passagem para camadas mais profundas do solo.

(H3) As concentrações de glifosato na água serão maiores em pontos de áreas de agricultura intensiva do que em áreas rurais e urbanas, devido ao uso mais intensivo de herbicidas em áreas agrícolas.

3. Metodologia

3.1 Área de estudo

Foram investigados corpos d'água superficiais e poços artesianos e cisternas usados para abastecimento doméstico na bacia do Rio das Mortes. A bacia do Rio das Mortes é localizada na zona de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica e abriga resquícios de Floresta Semidecídua, Cerrado e Campo Rupestre relativamente intactos em 11% da área total da bacia (MMA 2008).

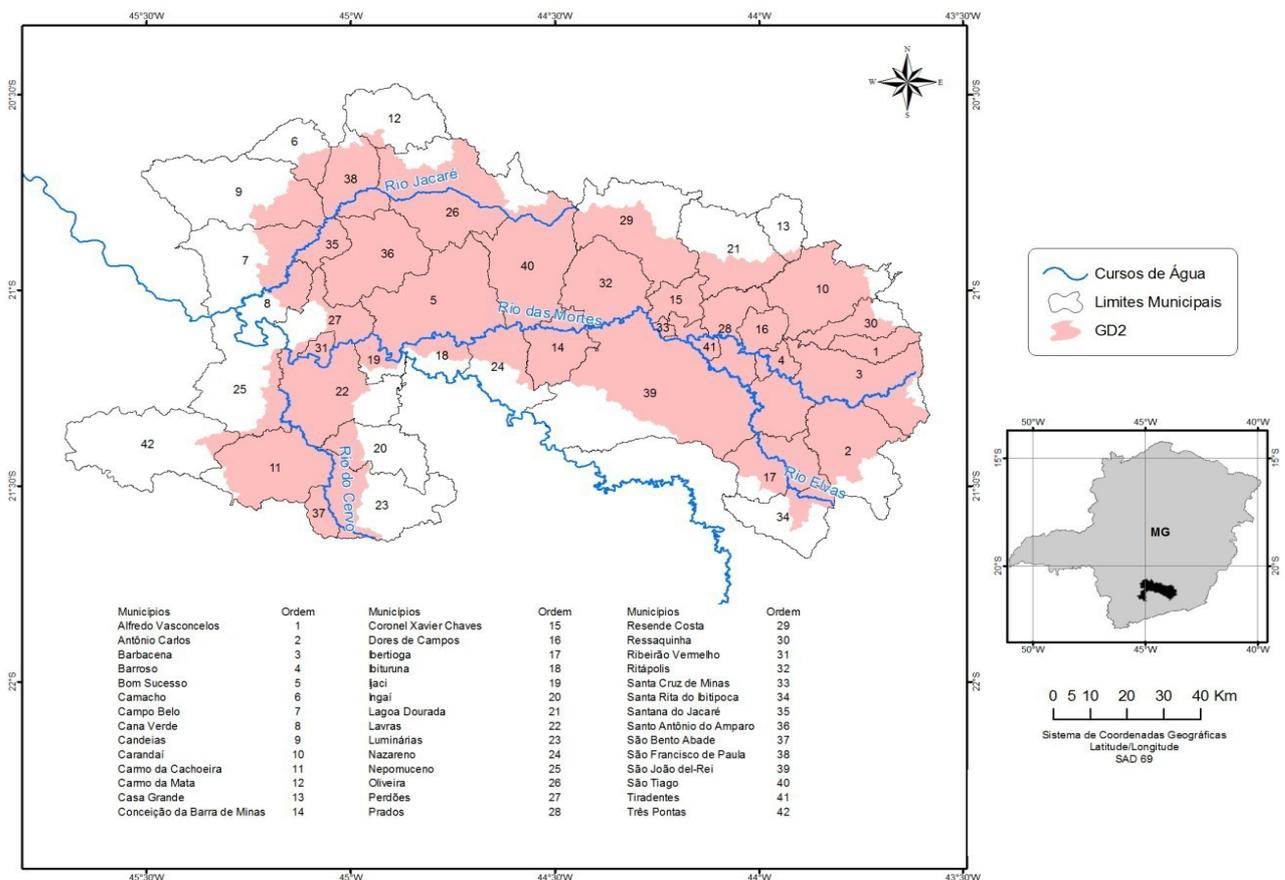


Figura 4- – Bacia do Rio das Mortes e sua localização no estado de MG. Fonte: IGAM, 2007

Mais de 33% da área da bacia é coberta por Mata Secundária, além de Cerrado e Campo Rupestre degradados. Atividades de agropecuária e plantações de eucalipto ocupam mais de 43% da bacia. Áreas urbanas, embora quantitativamente pequenas (1,4 % da bacia), parecem ser a fonte principal de nutrientes que causam a eutrofização do Rio das Mortes (Silva-Junior et al., 2014; Boëchat et al, 2014).



Figura 5- mapa de localização dos Pontos de coleta; Fonte: Marco Delia

3.2 Estratégia amostral

Os pontos de amostragem e poços na bacia do Rio das Mortes foram selecionados de acordo com um questionamento prévio, realizado junto aos proprietários rurais e fazendeiros da região do Campos das Vertentes, e que avaliou a aplicação ou não de herbicidas a base de glifosato, a concentração e dose aplicadas e a área de aplicação. Nas áreas urbanas foram amostrados os pontos de captação de água das empresas DAMAE e COPASA e poços artesanais de fácil acesso. As amostragens foram feitas de forma pontual, uma vez durante o período chuvoso e uma vez no período seco de 2017, em 20 pontos de captação de água (Tabela 1). As amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas em gelo e imediatamente transportadas para o laboratório, onde permaneceram congeladas a -18°C até a análise.

Tabela 1-Pontos de Coleta e suas localizações

Uso do solo	Local de coleta	Sistema	Coordenadas	Nomenclatura
URBANO	Posto de gasolina (Cisterna)	Subsuperficial	23k 5808852E 7674418S	U.SB-1
	Posto de gasolina (Abastecimento público)	Subsuperficial	23k 5808852E 7674418S	U.SB-2
	Ponto de captação (Serra do Lenheiro)	Superficial	23k 576132E 7664281S	U.S-3
	Residência Colônia (Cisterna)	Subsuperficial	23k 579845E 7666677S	U.SB-4
	Residência Colônia (Abastecimento público)	Subsuperficial	23k 579845E 7666677S	U.SB-5
	Bica d'água do Agostiani	Superficial	23k 579845E 7666677S	U.S-6
	Captação DAMAE, Trevo do Matosinhos	Superficial	23k 580235E 7661363S	U.S-7
	Bica d'água, Santa Cruz de Minas	Superficial	23k 581676E 7664058S	U.S-8
	Captação COPASA, Tiradentes	Superficial	23k 585112E 7664541S	U.S-9
	Cond. Terra dos Cuiabás, Tiradentes	Subsuperficial	23k 581676E 7664058S	U.SB-10
RURAL	Residência Coronel Xavier Chaves (Poço)	Subsuperficial	23k 581215E 7674059S	R.SB-12
	Residência Trevo de Prados (Cisterna)	Subsuperficial	23k 585335E 7673811S	R.SB-13
	Residência Trevo de Prados (Abastecimento público)	Subsuperficial	23k 585335E 7673811S	R.SB-14
	Mercearia, São Caetano (Abastecimento público)	Subsuperficial	23K 584570E 7674942S	R.SB-15
	Bica d'água, Colônia do Felizardo	Superficial	23k 578808E 7668105S	R.S-16
	Restaurante, Trevo de Prados (POÇO)	Subsuperficial	23k 585189E 7673482S	R.SB-17
	Pesqueiro, Barroso (Poço)	Subsuperficial	23K 579821E 7668979S	R.SB-18
AGRICOLA	Fazenda 1 Recondengo	Superficial	23k 577166E 7668178S	A.S-19
	Fazendo 2 Recondengo	Superficial	23k 577797E 7668323S	A.S-20
	Captação COPASA, Carandaí	Superficial	23k 580907E 7669767S	A.S-21
Legenda:				
Tipo de solo:		Sistema de Abastecimento:		
U= Urbano		S= Superficial		
R= Rural		SB= Subsuperficial		
A= Agrícola				

As coletas foram efetuadas nos dias 27/01/2017 e 21/06/2017, que correspondem respectivamente ao final do período seco e final do período chuvoso de 2017.

3.3 Análises laboratoriais

As análises da concentração de herbicidas a base de glifosato foram realizadas por espectrofotometria (Evolution™ 201 UV-Vis, Figura 2), utilizando uma solução padrão de glifosato de alta pureza com concentração conhecida e uma solução cromogênica preparada com p-dimetilaminocinamaldeído (p-DAC) diluído em HCl (Silva et al. 2012). A espectrofotometria de absorção molecular é uma técnica muito utilizada no desenvolvimento de métodos analíticos, devido à simplicidade de operação, robustez e custo relativamente baixo (Silva 2012). Como padrão, foi utilizada uma solução estoque de glifosato de alta pureza (96%) na concentração de 2.0 g mL^{-1} , da qual foram preparadas as concentrações de 0, 1, 5 e 10 mg L^{-1} para a curva de calibração (Silva et al. 2012, Figura 3). A absorbância após a reação foi detectada a 495 nm e a sua intensidade reflete a concentração de glifosato na amostra, detectada por espectrofotometria (Silva et al. 2012).

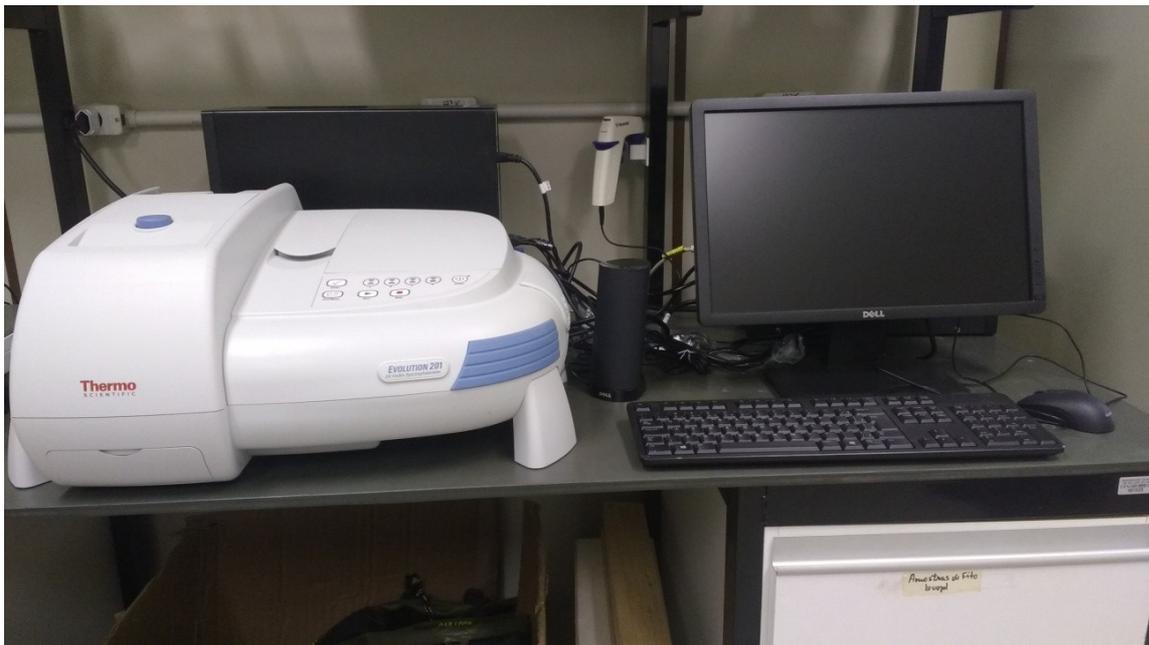


Figura 6- Espectrofotômetro Thermo Scientific EVOLUTION 201. Equipamento usado pra realização das medições das amostras. Fonte: Marco Delia

3.4 Análises de dados

A hipótese de que as concentrações de herbicidas a base de glifosato na água serão maiores em pontos de abastecimento superficial do que em poços artesianos, e em pontos de agricultura intensiva do que em áreas rurais e urbanas, foi testada usando uma análise de variância (ANOVA) de efeitos principais, com base nas concentrações medidas na época chuvosa, e como fatores, o tipo de captação (superficial ou subsuperficial) e o uso do solo (urbano, rural ou agrícola) e estação. Na época seca só foram detectadas concentrações de glifosato em dois pontos de coleta, e portanto, análises estatísticas não foram possíveis. A análise estatística e elaboração dos gráficos foi realizada no programa ORIGINPRO 8 e foram consideradas somente as diferenças ao nível de 95% de significância ($p < 0,05$).

3.4 Curva de Calibração

O método de análise considerado foi calibrado antes de cada análise, após a obtenção de curvas analíticas com coeficiente de regressão linear (R^2) superior a 0,99, indicando a existência de uma forte correlação entre a absorbância e a concentração de glifosato nas amostras (Figura 3).

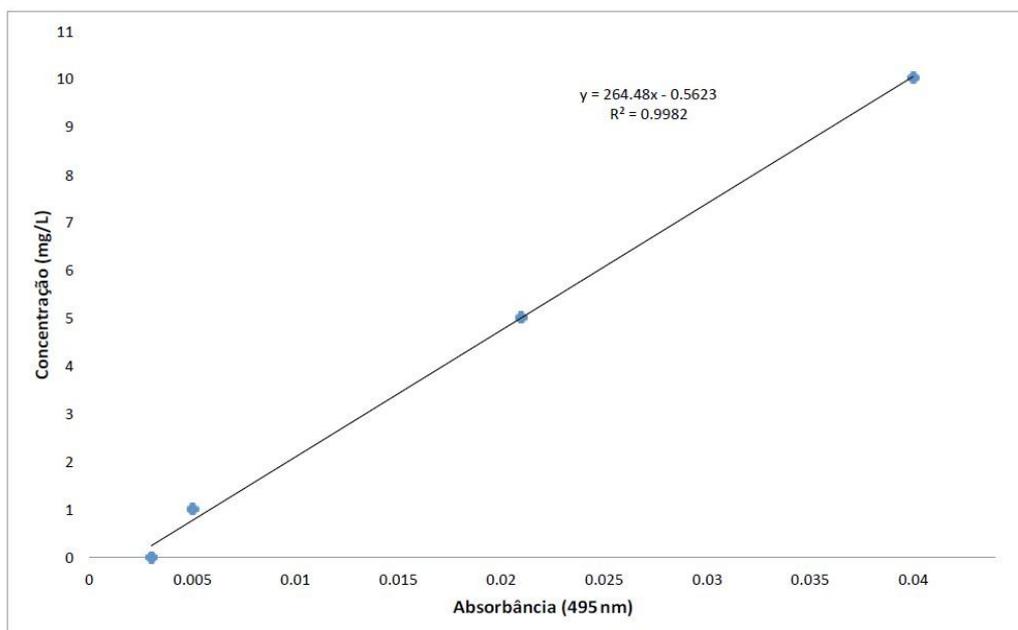


Figura 7 - Exemplo de uma curva de calibração da análise espectrofotométrica de glifosato. Linha representa a regressão linear entre concentração e absorbância dos padrões ($R^2 = 0,998$, $p < 0,05$).

4. Resultados e discussão

Na figura abaixo (figura 4) temos as concentrações encontradas nos períodos chuvoso e seco, sendo que no período seco só foi detectado concentrações maiores que 0,5 mg/L em dois pontos e na época chuvosa apenas um foi detectado acima do recomendado pelo CONAMA.

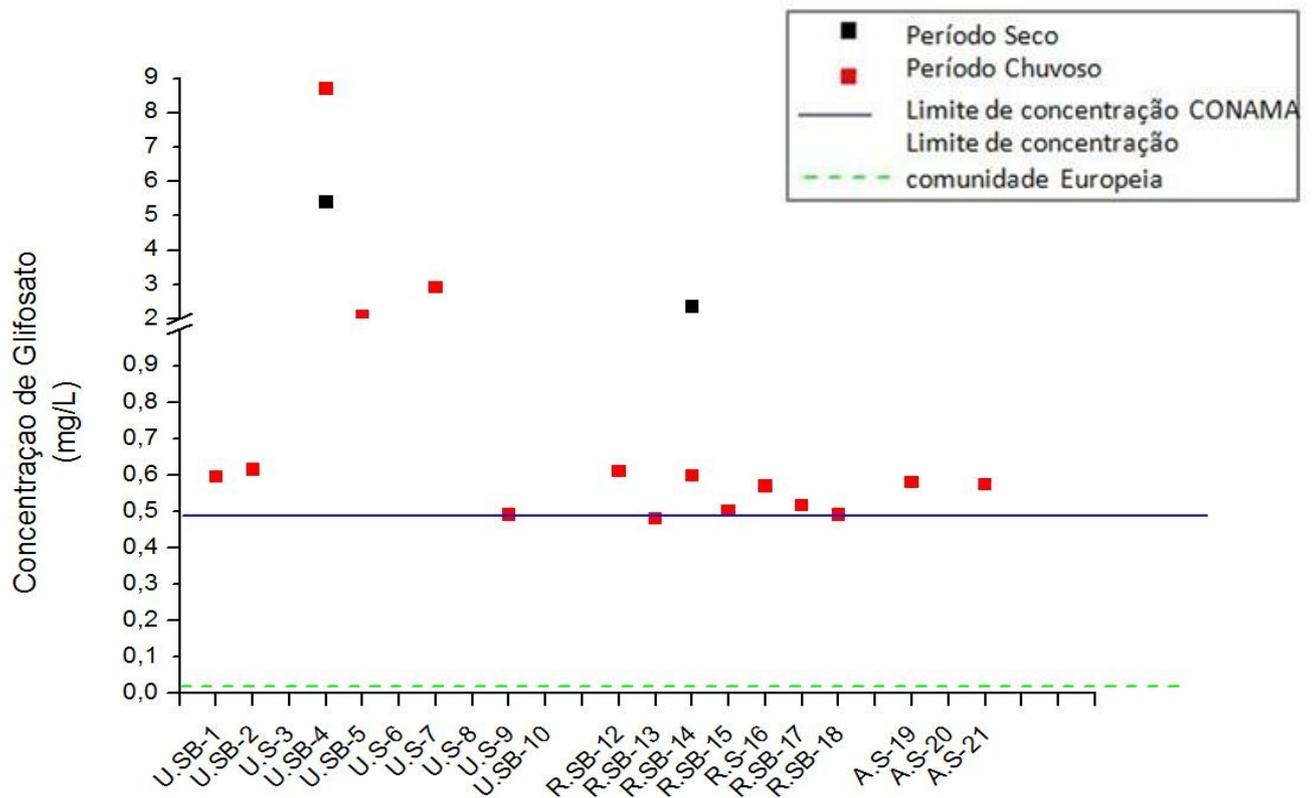


Figura 8- Concentração de glifosato na água nos pontos de amostragem nas duas coletas. Concentrações abaixo do limite de detecção de 0,5 mg/L foram desconsideradas.

A primeira coleta foi realizada no período de seca, o que pode explicar a baixa detecção de glifosato nas amostras, com ressalvas apenas pra dois pontos de coleta, onde as concentrações de glifosato foram altas. O primeiro tratou-se de uma amostra coletada em uma residência rural, a amostra R.S-7 que apresentou 2,35 mg L⁻¹ de glifosato na água e o segundo foi uma amostra de origem urbana, a amostra U.SB-4 com 5,39 mg L⁻¹. O morador da residência urbana relatou que os vizinhos fazem uso constante de glifosato para manter seus lotes, já o morador da residência rural onde foi coletada a amostra R.S-7 relatou que a amostra coletada veio de sistemas de abastecimento pública local feita por uma cisterna, localizada a algumas

centenas de metros da resistência e em meio a monoculturas de milho e feijão, o que pode explicar a alta concentração encontrada nesse ponto de coleta. Já a segunda coleta foi realizada no final do período chuvoso, quando podemos observar um aumento considerável na concentração de glifosato em quase todos os pontos coletados. Esse aumento já era previsto, devido a maior lixiviação e escoamento superficial no período chuvoso. O processo de percolação pode contaminar as massas subsuperficiais, mais comum em solos rurais e agrícolas devido à porosidade no solo, o que ocorre em solos urbanos de menor escala, devido à impermeabilização do solo.

A disponibilidade e, conseqüentemente, o transporte de pesticidas no solo são governados pelos processos de sorção, transformação, e absorção radicular das moléculas, aliados as condições ambientais(pluviosidade, temperatura etc.),[...] os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, destacando-se a estrutura, classe textural, mineralogia, conteúdo de matéria orgânica, pH, CTC, atividade e biomassa microbiana etc., refletem diretamente na movimentação das moléculas no perfil do solo.(Prata, 2002).

O escoamento superficial favorece a contaminação das águas superficiais, que pode ocorrer através do transporte do herbicida adsorvido às partículas do solo erodido ou em solução (Queiroz et al. 2011). O escoamento superficial é muito dependente dos padrões climáticos e geográfico. Ao se efetivar um processo de “runoff”, pouco importa o pesticida, pois o este poderá ser transportado tanto sorvido as partículas do solo como na solução do solo(Prata, 2002).

A grande solubilidade do glifosato na água sugere que o mesmo é de elevada mobilidade em água (Solomon e Thompson, 2003). Portanto, a união forte e rápida dos sedimentos e partículas e o herbicida, especialmente nas águas pouco profundas e turbulentas, ou naquelas que levam grandes cargas de partículas, removem o glifosato da solução do solo.

4.1 Concentrações em sistemas de abastecimento superficial e

subsuperficial

Com base na primeira hipótese deste trabalho averiguamos a concentração de herbicida a base de glifosato em sistemas superficiais de abastecimento (bica d'água e pontos de captação em rios) e sistemas subsuperficiais (poços e cisternas) no período chuvoso (Figura 5).

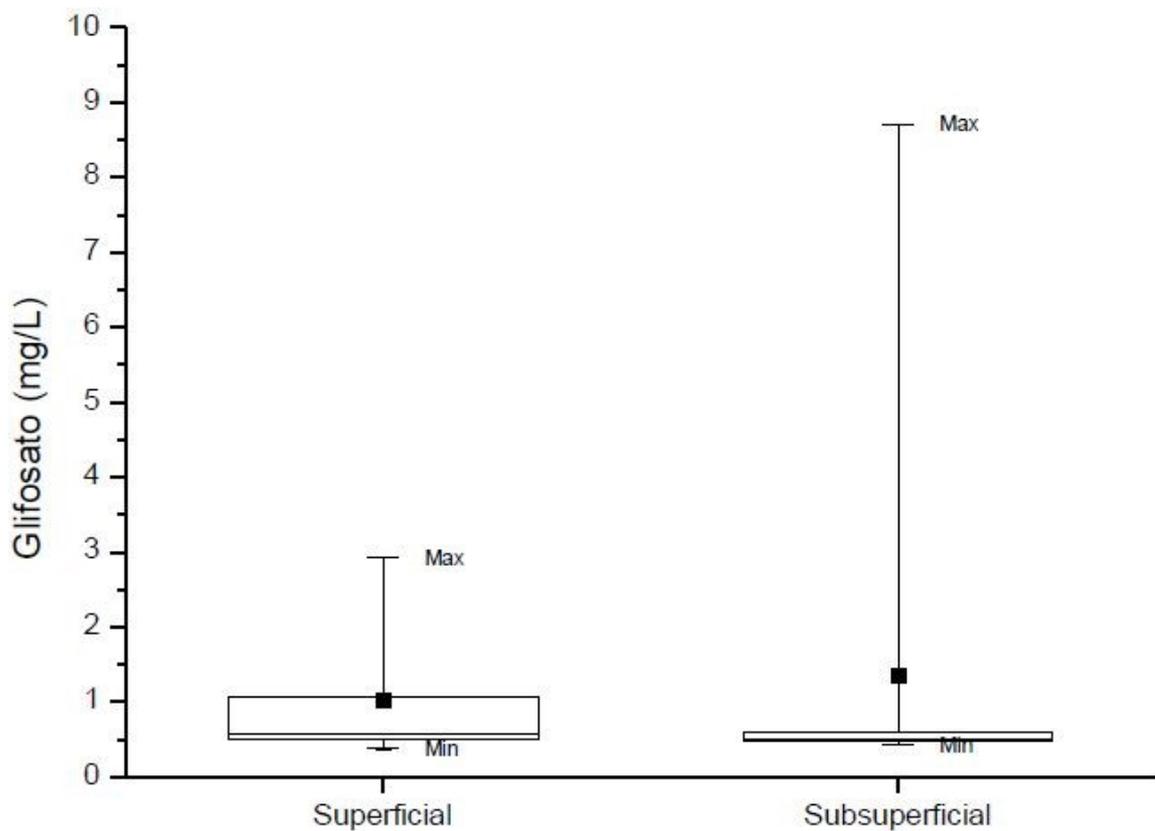


Figura 9-Comparação das concentrações de glifosato em águas superficiais e subsuperficiais na segunda coleta efetuada. Os boxplots mostram os valores mínimos, máximos, d25 e d75, medias e medianas. ANOVA de efeitos principais, $p=0,89$.

As concentrações de glifosato nos dois sistemas se mostraram altamente variáveis, com concentrações atingindo 2,9 e 8,7 mg L⁻¹. Os sistemas subsuperficiais não tiveram valores médios inferiores aos de sistemas superficiais (ANOVA de efeitos principais, $p=0.89$), o que é esperado devido a alta adsorção da molécula de glifosato no solo, o que ocorre frequentemente devido à presença de matéria

orgânica, óxidos de ferro e alumínio e, também, devido às argilas que compõem os solos (Toni, Santana e Izaia, 2006). Uma vez adsorvido nessas substâncias, o glifosato pode ficar como resíduo permanecendo no ambiente até sua completa mineralização, que pode durar dias ou meses, dependendo das características do solo (textura, pH, conteúdo de carbono orgânico, dentre outras).

[...]a transformação de um pesticida no solo solo consiste na alteração da estrutura molecular por meios bióticos ou abiótico. Quando a transformação é total, dando origem a CO_2 , H_2O e íons minerais, é chamada de mineralização. Por outro lado, quando é parcial, dando origem a subproduto (metabólitos), recebe o nome de metabolização. Os subprodutos resultantes da transformação tendem a diminuir seu grau de toxicidade, embora possa, ocasionalmente, resultar em componentes mais tóxicos que a própria molécula original. (Prata, 2002)

A mobilidade do herbicida depende da capacidade de adsorção do solo. Solos com elevada capacidade de adsorção tornam os herbicidas pouco móveis e, como consequência, o acúmulo devido à permanência do herbicida no ambiente pode se tornar elevada (Queiroz, Silva, & Bianco, 2011).

A maior parte dos pontos coletados de sistemas subsuperficiais se encontram no meio rural, e essa diferença pode ter relação com a porosidade do solo e a taxa de absorção do mesmo. Segundo Morais (2010), a absorção é um processo físico-químico de interação dinâmica, onde herbicida-sedimento-água interconectados com a natureza dos sólidos no sistema (tamanho e distribuição da partícula, tipo de argila e matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e ânions), e a característica do herbicida (solubilidade em água, coeficiente de partição octanol-água), influenciam na concentração da molécula de glifosato no solo. Em decorrência de suas propriedades físico-químicas específicas, a molécula de glifosato é imóvel ou ligeiramente móvel no solo (Many & Barriuso, 2005). A adsorção reduz a concentração dos herbicidas na fração solubilizada do solo. O processo é notado pelo decréscimo da disponibilidade biológica, na aceleração da velocidade de degradação química ou, simplesmente, devido ao retardamento do movimento de lixiviação da partícula ou os derivados da sua degradação (Toni et al. 2006). Isso pode esclarecer as menores concentrações encontradas em sistemas subsuperficiais do que em superficiais, conforme evidenciado na literatura.

4.2 Concentrações por tipos de uso do solo

A última hipótese testada neste trabalho foi a que as concentrações variam de acordo com o uso do solo, e que as maiores concentrações seriam encontradas em regiões agrícolas de produção intensiva. Na figura 6 podemos observar as médias da concentração de glifosato por tipos do uso do solo.

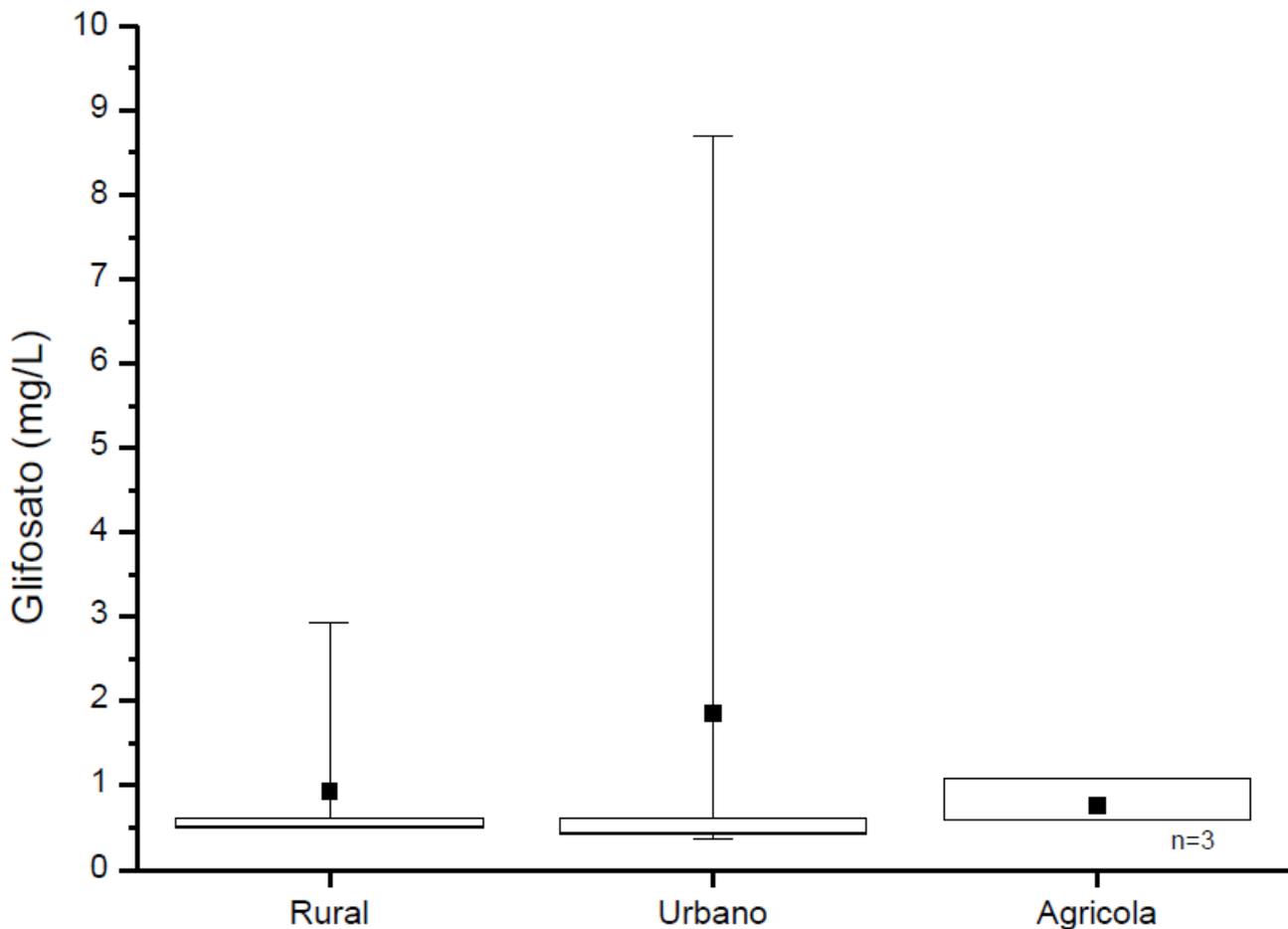


Figura 10-Concentrações de glifosato por tipo de uso do solo na segunda coleta efetuada. Os boxplots mostram os valores mínimos, máximos, d25 e d75, medias e medianas. ANOVA, $p=0,67$.

Valores maiores do que $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ foram encontrados em todos os usos do solo e não houve diferenças significativas entre os diferentes usos do solo (ANOVA de efeitos principais, $p=0,67$). A alta variabilidade das amostras em solo urbano podem estar relacionadas a aplicação direta de glifosato pelos próprios moradores locais, pois estes relatam que fazem uso regular desse agrotóxico para manutenção de seus lotes, assim aliado a impermeabilização do solo e os processos de escoamento superficial associados as áreas urbanas, pode explicar considerações tão altas do

herbicida em fontes abastecimento subsuperficial.

Portanto, o uso do solo não foi um fator determinante nas concentrações de glifosato nos sistemas de abastecimento humano de água potável no presente estudo. Estes resultados vem a corroborar o trabalho desenvolvido por Lima (2016), que monitorou os níveis de contaminação por glifosato em corpos de água superficiais na bacia do Rio das Mortes (MG), mesma bacia deste estudo, e mostrou que a contaminação em áreas agrícolas se deu principalmente após o período de aplicação do herbicida nas lavouras, sendo que a concentração média de glifosato nos riachos agrícolas foi inferior à observada nos riachos urbanos. Além do uso intensivo de glifosato em áreas urbanas, uma explicação alternativa seria o fato de que a molécula de glifosato realiza interações com as partículas do solo, e que a impermeabilização do substrato em áreas urbanas contribui para que esta interação não ocorra. Assim, o escoamento superficial seria o responsável por levar grandes quantidades da molécula de glifosato para os corpos hídricos nas áreas urbanas.

A contaminação de águas superficiais em áreas urbanas por glifosato vem sendo relatada em trabalhos realizados em países como os Estados Unidos, Argentina e na Europa em geral (Skark et al. 2004; Arregui et al. 2004, Scribner et al. 2010). Este herbicida pode ser largamente difundido para o controle de ervas daninhas em autoestradas, ruas, linhas férreas e em quintais e jardins. Com a ressalva de que as porções de glifosato aplicados em áreas urbanas e agrícola serem consideravelmente diferentes, superfícies impermeabilizadas por cimento ou asfalto apresentam capacidade de retenção desse contaminante reduzida, comparada à interação que ocorre entre o glifosato e as partículas do solo em áreas agrícolas. Desse modo, o escoamento superficial transporta uma quantidade significativamente maior de glifosato em áreas urbanas, sobretudo após períodos chuvosos (Skark et al. 1998). A capina química em território urbano é tema de discussão nos municípios, a ANVISA tem a nota técnica 04/2016 que aponta:

Reitera, ainda, que é proibida a capina química em ambientes urbanos de livre circulação (praças, jardins, logradouros etc.), em que não há meios de assegurar o adequado isolamento, ou seja, onde não é possível aplicar medidas que garantam condições ideais de segurança da população que reside ou circula. (ANVISA, 2016)

Com relação aos efeitos da molécula de glifosato em organismos aquáticos, um estudo de campo, realizado por Relyea (2005), verificou o efeito da ação direta de

glifosato sobre anfíbios aquáticos e terrestres, e constatou que, dentro de um período de três semanas da aplicação do produto, houve a morte de 96-100% das larvas dos anfíbios. Relyea realizou outra aplicação no período pós metamorfose (juvenil), onde foi verificada a morte de 68-86% dos anfíbios juvenis após apenas um dia de tratamento. O autor concluiu que o produto proporciona elevadas taxas de mortalidade em anfíbios. A toxicidade do glifosato em humanos é comprovada, e entre os efeitos gerados por sua ingestão podem ocorrer dermatite de contato e síndrome tóxica, após a ingestão de doses elevadas, epigastria, ulceração ou lesão de mucosa gástrica, hipertermia, anúria, oligúria, hipotensão, conjuntivite, edema orbital, choque cardiogênico, arritmias cardíacas, edema pulmonar não-carcinogênico, pneumonite, necrose tubular aguda, elevação de enzimas hepáticas, aumento da quantidade de leucócitos, acidose metabólica e hipercalemia (Junior e Ribeiro 2002).

5. Conclusão

Os herbicidas a base de glifosato, apesar de serem amplamente utilizados, tem sua toxicidade e insalubridade cada vez mais evidenciada. Apesar dos instrumentos e apontamentos acerca do glifosato no Brasil ainda há uma dificuldade para implementar ações de conscientização e o controle de impactos causados pelo agrotóxico, com ênfase aos impactos causados nos ambientes aquáticos e comprometendo seu uso para abastecimento humano.

As análises efetuadas neste estudo nos forneceram um panorama das concentrações do herbicida em sistemas de abastecimento da bacia do Rio das Mortes, onde observamos que as concentrações aumentaram consideravelmente após os períodos chuvosos, independentemente do tipo de ocupação de solo avaliado. Também avaliamos o efeito do tipo de sistema de coleta (subsuperficial e superficial), mas não foi encontrada uma diferença significativa de acumulação de glifosato entre os dois sistemas, sendo que, provavelmente, as altas concentrações encontradas estavam relacionadas a casos de aplicação recente do herbicida nas proximidades.

Este estudo mostra a necessidade de monitoramento deste herbicida na bacia do Rio das Mortes, pois demonstrou concentrações de herbicida em sistemas de abastecimento de água potável em quantidades acima do limite recomendado pelos órgãos de saúde e meio ambiente. A toxicidade do glifosato em humanos é comprovada, e entre os efeitos, o glifosato é irritante dérmico e ocular, podendo causar danos hepáticos e renais quando ingerido em doses elevadas e também é um produto potencialmente cancerígeno, tornando o objeto deste trabalho uma questão de saúde pública.

Em comparação com países da comunidade europeia, que além de terem limites de tolerância mais baixo (0,001 mg/L) que o brasileiro (0,5 mg/L) ainda conta com este em forma de lei, nos mostrando que o Brasil ainda necessita de estudos que possibilitem uma mais eficaz e adequada legislação e monitoramento deste agrotóxico no Brasil.

Casos recentes sobre os herbicidas a base de glifosato levantam a discussão

sobre o uso e seus efeitos e consequências a curto e longo prazo, tornando os estudos sobre de grande relevância para traçar estratégias de mitigação de impactos causados pelo herbicida.

6. Bibliografia

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. NOTA TÉCNICA 04/2016: Esclarecimentos sobre capina química em ambiente urbano de intersecção com outros ambientes. Brasília: Anvisa, 2016. 5 p. Disponível em:

<<http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117833/NOTA+T%C3%89CNICA+04-2016/c4e0f52c-47f2-403b-8ca6-c5c321c039cc>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

Amarante Junior, O.P.; Santos, T.C.R.; Brito, N.M.; Ribeiro, M.L.; 2002. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Quim. Nova*, v.25, n.4, p.589–593. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422002000400014>.

Arregui, M. C.; Lenardon, A.; Sanchez, D.; Maitre, M. I; Scotta, R.; Enrique, S. Monitoring glyphosate residues in transgenic glyphosate-resistant soybean. *Pest Management Science*, New York, v.60, n.2, p.163-166, 2004.

Benke, A.C., Hury, A.D. 2010. Benthic invertebrate production – facilitating answers to ecological riddles in freshwater ecosystems. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 29: 264–285.

Boëchat I.G., Chaves R.C., Krüger A., Hille S., Gücker B. 2014. Land-use impacts on fatty acid profiles of suspended particulate organic matter along a larger tropical river. *Sci. Tot. Environ.* 482-483: 62–70.

Brauns, M., Gücker, B., Wagner, C., Gracia, X.F., Walz, N., Push, M.T. 2011. Human lakeshore development alters the structure and trophic basis of littoral food webs. *J. Appl. Ecol.* 48: 916–925

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Publicada no DOU nº 06, de 07 de abril de 2008, p 64-68. Conselho Nacional do Meio. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:

<www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> Acesso em 13 nov 2017

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Nº 357/2005 ; 17 de março de 2005: - Publicação DOU nº 053, de 18 de março de 2005, págs. 58-63. Conselho Nacional do Meio. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> >Acesso em 4 oct 2017

Kuklinsky-Sobral, J.; Mendes, R.; Geraldi, I.O.; Araujo, W.L.; Azevedo, J.L. Efeito do Glifosato sobre a comunidade endofítica de soja. In: II WORKSHOP SOBRE BIODEGRADAÇÃO, 2001, Campinas. Anais Jaguariúna, SP: Embrapa-CNPMA, 2001. p. 361-364.

Lima, I. B. (2016). *Potencial contaminante de herbicidas a base de glifosato (Roundup®) em sistemas aquáticos da Bacia do Rio das Mortes - MG*. Universidade Federal de São João del-Rei, Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia. São João del-Rei: PPGB.

Luchese, E.B.; Favero, L. O. B.; Lenzi, E.; Fundamentos da Química do solo-teoria e prática, 2ª ed., Freitas Bastos Ed.: Rio de Janeiro, 2002.

Many, L.; Barriuso, E. Glyphosate adsorption in soil compared to herbicides replaced with the introduction of glyphosate resistant crops. *Chemosphere*, Oxford, v.61, n. 6, p.844-855, 2005.

Moraes, P. V. D.; Rossi, P. Comportamento ambiental do glifosato. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 9, n. 3, 2010.

MMA (2008) Cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília.

PRATA, Fabio. Comportamento do Glifosato no solo e deslocamento miscível de atrosina. 2002. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Cap. 2.

Queiroz, G. M., Silva, M. R., & Bianco, R. J. (2011). Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação. *Quim. Nova*, 34, pp. 190-195.

RELYEA, R. A. The lethal impact of Roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications*, Ithaca, v.15, n.4, p.1118-1124, 2005.

Santos, L.D. 2011. Efeito da exposição perinatal ao herbicida glifosato-roundup na diferenciação sexual e endocrinologia reprodutiva. UNICENTRO, Guarapuava, PR, Brasil.

Scribner, E. A.; Battaglin, W. A.; Gilliom, R. J.; Meyer, M. T. 2007. Concentration of glyphosate, its degradation product, aminomethylphosphonic acid and glufosinat in ground and surface water, rainfall, and soil samples collected in the United States, 2001-2006.

Silva, A. S. (2012). *Desenvolvimento de métodos quantitativos e de sistemas de screening para a determinação de glifosato*. Universidade estadual paulista , Programa de Pós-Graduação em Química. Araraquara: UNESP.

Silva, A. S., Pezza, L., & Pezza, H. R. (2012). Determinação espectrofotométrica por injeção em fluxo de glifosato. *Quim. Nova* , 35, 114-118.

Silva, A. S., Pezza, L., & Pezza, H. R. (2012). Determinação espectrofotométrica por injeção em fluxo de glifosato em formulações comerciais de herbicidas. *Química Nova* , 35, 114-118.

Silva-Junior, E.F., Moulton, T.P., Boëchat, I.G., Gücker, B. 2014. Leaf decomposition and ecosystem metabolism as functional indicators of land use impacts on tropical streams. *Ecol. Indic.* 36: 195–204.

Skark, C.; Zullei-Seibert, N.; Willme, U.; Gatzemann, U.; Schlett C. Contribution of non-agricultural pesticides to pesticide load in surface water. *Pesticide Management Science*, New York, v.60, n. 6, p.525-530, 2004.

Skark, C. et al., 1998. The occurrence of glyphosate in surface water. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. V.70, n.1, p.93-104.

Solomon, K., Thompson, D. 2003. Ecological risk assessment for aquatic organisms from over-water uses of Glyphosate. *J. Toxicol. Environm. Health, Part B: Critical Reviews*, 6:289–324.

Teixeira, M., Costa, L., & Brito, R. (23 de agosto de 2018). *Justiça cassa liminar que proibia uso de glifosato no Brasil, diz ministro*. Acesso em 29 de Outubro de 2018, disponível em Reuters Brasil: <https://br.reuters.com/article/topNews/idBRKCN1L82HC-OBRTP>

Thompson, D.G.,Wojtaszek, B.F., Staznik, B., Chartrand, D.T., Stephenson, G.R. 2004. Chemical and biomonitoring to assess potential acute effects of Vision herbicide on native amphibian larvae in forest wetlands. *Environ. Toxicol. Chem.* 23: 843–849

TONI, Luís R. M.; SANTANA, Henrique de; ZAIA, Dimas A. M.. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. *Química Nova*, [s.l.], v. 29, n. 4, p.829-833, jul. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422006000400034>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422006000400034>. Acesso em: 28 nov. 2018.

Wauchope, R. D.;1978. The pesticide content of surface water draining from agricultural fields—a review. *Journal of environmental quality*. v.7, n.4, p.459-472.