

VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO POR AGROTÓXICOS DA REDE DE DRENAGEM NA UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS PONTAL DO PARANAPANEMA – SÃO PAULO

Beatriz de Azevedo do Carmo

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo
beatrizacarmo@gmail.com

Paulo César Rocha

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo
pcrochag@gmail.com

Edilson Ferreira Flores

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo
edilson-ferreira.flores@unesp.br

Aline Aparecida dos Santos

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo
aline.ap.as@gmail.com

Resumo

A expansão da cana-de-açúcar no Oeste paulista tem causado intensa preocupação entre os pesquisadores quanto aos impactos ambientais decorrentes desta monocultura. O presente estudo de caso apresenta uma estimativa de vulnerabilidade à contaminação da rede de drenagem por agrotóxicos aplicados nesse tipo de monocultura. A proposta é centrada no mapeamento e identificação das áreas vulneráveis a contaminação da rede de drenagem por meio do princípio ativo Glifosato. Inicialmente foram definidas as variáveis a serem levantadas, sendo elas: escoamento superficial, espacialização da cana-de-açúcar e os dados de comercialização do princípio ativo, todos para o ano de 2013. Os resultados demonstraram que a área possui altos níveis de vulnerabilidade nas áreas dominadas pela cana-de-açúcar. Na porção oeste da região há mais incidência das classes baixa e média contaminação, contudo na porção leste estão as áreas com alta e muito alta exposição. Desta forma, faz-se necessário repensar o modo de produção agrário, pensando em medidas ambientalmente adequadas, principalmente ao considerar que há uma população em risco ao consumo desta água.

Palavras-chave: Geotecnologias; Gestão de Recursos Hídricos; UGRHI 22.

VULNERABILITY TO AGROCHEMICAL CONTAMINATION OF THE DRAINAGE NETWORK IN THE WATER RESOURCES MANAGEMENT UNITY PONTAL DO PARANAPANEMA – SÃO PAULO

Abstract

The expansion of sugar cane in the west of São Paulo has been seriously worrying researchers as regards the ambiental impacts caused by this monoculture. This case study presents an estimated vulnerability of the drainage network to agrochemical contamination by products applied in this kind of monoculture. The proposal is focused on the mapping and the identification of the areas that are vulnerable to having their drainage network contaminated by means of the Glyphosate active ingredient. The variables to be brought up were initially defined, which are: the surface run-off, the sugar cane spatialization and the trading of the active ingredient data, all related to the year of 2013.

The results shows that the area has high levels of vulnerability in the sections dominated by sugar cane. In the region's west section there is a lower and more average contamination incidence. However, it's in the east section that can be found the areas with high or very high exposure levels. Therefore, it's necessary to rethink the agricultural production way, considering environmentally appropriated measures, specially as regards the existence of a population at risk of consuming that water.

Key-words: Geotechnologies; Water resources management; UGRHI 22.

VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN POR AGROTÓXICOS EN LA RED DE DRENAJE DE LA UNIDAD DE GERENCIAMIENTO DE RECURSOS HÍDRICOS PONTAL DO PARANAPANEMA - SÃO PAULO

Resumen

La expansión de la caña de azúcar en el Oeste del estado de São Paulo ha provocado una intensa preocupación entre los investigadores por los impactos ambientales resultantes de este monocultivo. El presente estudio de caso presenta una estimación de la vulnerabilidad a la contaminación de la red de drenaje por los agrotóxicos aplicados en este tipo de monocultivo. La propuesta se centra en la cartografía e identificación de las zonas vulnerables a la contaminación de la red de drenaje por el principio activo Glifosato. Inicialmente se definieron las variables que serían objeto de estudio, entre ellas: el escurrimiento superficial, la espacialización de la caña de azúcar y los datos de comercialización del principio activo, todos para el año 2013. Los resultados mostraron que la zona tiene altos niveles de vulnerabilidad en las áreas dominadas por la caña de azúcar. En la parte oeste de la región hay una mayor incidencia de las clases de contaminación baja y media; sin embargo, en la parte del este hay zonas con una exposición alta y muy alta. De esta forma, es necesario repensar el modo de producción agrícola, pensando en medidas ambientalmente adecuadas, sobre todo si se tiene en cuenta que hay una población en riesgo de consumir esta agua.

Palabras clave: Geotecnologías; Gestión de recursos hídricos; UGRHI 22.

Introdução

No processo de apropriação do espaço geográfico há uma intensa relação entre a sociedade e a natureza. Nunes et al. (2006) compreendem que a dinâmica da natureza e sua organização tem sofrido mudanças nunca antes vistas, a qual possui uma sincronia perversa, resultante das relações sociais estabelecidas através do modo de produção capitalista. Neste sentido cabe ao geógrafo analisar e dimensionar a composição dialética do espaço, sendo sua responsabilidade explicar e discutir as modificações presentes nesse espaço, que é resultante dos atributos da sociedade e da dinâmica da natureza.

Drew (1994) entende que o homem não é passivo no processo de integração com o meio, mas sim um agente geográfico que está pronto para agir sobre a natureza e realizar modificações. Estas geralmente possuem caráter de desenvolvimento dentro dos limites naturais do espaço. Bernardes e Ferreira (2005) realizam uma leitura dessa sinergia (relação sociedade e natureza) com o auxílio teórico de autores como Marx e Neil Smith, onde a

dinâmica da natureza irá se modificar com a influência do trabalho da sociedade, a qual busca satisfazer suas necessidades. Esse trabalho realizado, resultará em mudanças no meio, o que automaticamente desencadeará um efeito na sociedade, assim, os autores entendem que ao passo em que essa relação é apreendida pelo marxismo, ela será sempre dialética.

Com relação a problemática analisada, ao tratar-se da interação sociedade e natureza, será priorizada a relação estabelecida no espaço agrário, priorizando a expansão agrária no Pontal do Paranapanema (SP), entendendo que as monoculturas têm se apropriado cada vez mais do relevo. A principal questão aqui levantada seria o quão danoso essa expansão é para as águas superficiais.

A expansão e o desenvolvimento da agricultura são amplamente estimulados em território nacional. Prova disso é o fato de serem os produtos com maior taxa de exportação, as *commodities*. Sabe-se que para este tipo de atividade econômica, há uma demanda excessiva de área para a sua produção e conseqüentemente o uso de insumos agrícolas, com destaque principal para o agrotóxico. Assim o monitoramento e a avaliação dos impactos de tais insumos são essenciais e devem ser constantes, uma vez que se constituem como subsídios para manter a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários (OLIVEIRA, 2005).

Ao tratar-se da produção agropecuária em escala nacional, sabe-se que os produtores rurais adotaram um modelo de produção baseado na “revolução verde”, em que o aumento da produtividade é alcançado por meio de plantas geneticamente “melhoradas” através do uso da biotecnologia e insumos, tais como fertilizantes e agrotóxicos. Esta situação “exige a estruturação de toda a sociedade para avaliar e gerenciar os riscos advindos da utilização desses produtos” (GOMES e BARIZON, 2014, p. 6). Desta forma, estudos que levem em conta os possíveis riscos gerados pela aplicação de tais insumos agrícolas são indispensáveis para a compreensão do quadro ambiental.

Atualmente fala-se em uma agricultura 4.0, desenvolvida amplamente no cenário agrário atual, Silva e Cavichioli (2020) explanam que este termo deriva da Indústria 4.0 e também é conhecida como agricultura digital, a caracterização desta nova era do agronegócio vai além da simples mecanização do campo, pois essas novas formas de produzir, como expõe Ribeiro et al. (2018) contribuirá para a redução do consumo de água, fertilizantes e pesticidas, normalmente utilizados na produção agrária. Nesse sentido, as tecnologias da informação vão auxiliar para que as quantidades desses insumos sejam aplicadas apenas em quantidades necessárias a produção. Contudo, o monitoramento da aplicação de

agroquímicos deve ser amplamente estimulado mesmo com os avanços tecnológicos alcançados nos últimos anos.

Em São Paulo, a expansão da monocultura da cana-de-açúcar ocorreu no final da década de 1970, com a criação do Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL (BARRETO, 2018). Conforme Gomes e Barizon (2014), grande parte dos agrotóxicos aplicados em áreas de cultivo e na própria planta acaba se deslocando com maior intensidade para as águas superficiais e subterrâneas, como também para a atmosfera. Em conformidade com esta informação, é evidente a relevância em destacar as áreas onde há os maiores índices de risco à contaminação das águas superficiais. Neste caso em específico, tomou-se como área de estudo a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI 22), Pontal do Paranapanema, por ser parte da área de expansão da monocultura de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.

A preocupação em estudar a UGRHI 22 decorre dos altos índices de produção canavieira. Em sua pesquisa, Rabello (2014) apresenta dados consistentes nos quais é possível observar que a produção de cana entre 2003/2004 e 2013/2014 cresceu aproximadamente cinco vezes. No primeiro período, havia 71.295 (ha) de produção canavieira na região; já no período seguinte analisado houve um crescimento de 493,49%. Sendo assim, a produção passou para 351.836 (ha).

As áreas de cultivo de cana-de-açúcar no geral se localizam próximas à rede de drenagem. Guerra (1972) trata que a rede hidrográfica (ou rede de drenagem, como já mencionado) é basicamente como se dispõe o traçado dos rios e dos vales, além do mais todas as mais diversas formas de relevo são sulcadas por rios que vão esculpir o relevo, e a drenagem em si vai ocorrer de acordo com a declividade geral da região. Completando o raciocínio, Lima e Rocaglio (2001) explanam que no geral a rede de drenagem é basicamente a área de captação de água da chuva, que proporciona o escoamento superficial, o qual irá levar esse fluxo de água diretamente para o canal principal e seus agregados. A rede de drenagem faz parte da unidade de análise bacia hidrográfica, que Carvalho (2014) define como unidades na qual os recursos hídricos superficiais se dispõem em função das relações entre as estruturas geológica e geomorfológica e das condições climáticas. A bacia hidrográfica é uma unidade natural de análise usada para o planejamento ambiental por permitir uma visão sistêmica e integrada do ambiente.

Partindo da ideia de manutenção da rede hidrográfica, se faz importante caracterizar

o que é o escoamento superficial. Conforme Suertegaray (2008), o escoamento que ocorre nas encostas durante a chuva, basicamente, é o momento em que o solo já está saturado pela ação de infiltração de água e, desta forma, começará a escoar de forma regular pela superfície. O escoamento superficial se divide em laminar, linear ou concentrado (em canais). Tucci (2004), ao tratar do escoamento, explica que ele é definido pela parcela do ciclo hidrológico onde a água se desloca pela superfície da bacia até chegar em uma calha definida. Quando esse deslocamento ocorre em uma área rural e a cobertura vegetal é existente, essa ação sofrerá a influência da interceptação vegetal, facilitando a infiltração.

Em relação ao desequilíbrio ambiental, deve-se pensar na origem deste. Cunha e Guerra (2000) expressam que este termo é originado de uma visão setorializada de elementos que compõem a paisagem, e a bacia hidrográfica é vista como uma unidade integradora dos setores, sendo eles o natural e o social, e deve ser administrada com a função de minimizar os impactos ambientais. Sabe-se que as mudanças que ocorrem no interior das bacias de drenagem podem ser ocasionadas por variáveis naturais. Contudo o homem tem participado ativamente desse processo como um agente de aceleração deles, ocasionando o desequilíbrio da paisagem (CUNHA; GUERRA, 2000).

Levando em consideração que os processos de escoamento superficial também afetam áreas agrícolas, conhecer o que será levado para os rios é indispensável. Para tanto é necessário entender que os impactos negativos ocorrem e podem afetar os recursos hídricos. Rosseto (2004) especifica que há uma dificuldade muito grande em quantificar os impactos, embora ocorram mesmo que de forma pouco evidente. No tocante ao cultivo da cana-de-açúcar, Rosseto (2004, p. 81-82), explica que os principais impactos ocasionados são basicamente “[...] desmatamento, erosão, assoreamento de corpos d’água, escoamento de águas superficiais e movimento de águas de sub-superfície, compactação, poluição da água e do solo por defensivos agrícolas”.

A monocultura da cana de açúcar e a intensa utilização de produtos químicos, como agrotóxicos e adubos, devem ser vistoriados e monitorados; e pesquisas devem acompanhar a evolução das condições ambientais do solo, vegetação, águas superficiais e subterrâneas, e saúde da população, pois todos estão em contato com estes produtos, seja pela condução pelas águas ou pelo ar por dispersão (ROCHA et al., 2019).

De acordo com Ribeiro e Vieira (2010) um dos maiores riscos aos recursos hídricos é a sua contaminação por agrotóxicos, o que gera uma grande preocupação, haja vista que

este recurso é indispensável para todas as atividades humanas, com destaque para o abastecimento doméstico e industrial, bem como para a irrigação da agricultura, geração de energia e recreação. Os autores também ressaltam a sua importância para a preservação da fauna e da flora.

A vulnerabilidade pode ser apreendida no momento em que é compreendido que as atividades desenvolvidas no espaço agrário poderão atingir a população de alguma forma. Assim, ao analisar o risco à contaminação das águas superficiais é relevante que se discuta de qual forma a vulnerabilidade aparecerá. Para Cunha e Leal (2012) estudos de riscos incluem análise de eventuais processos perigosos, considerando a sociedade, a natureza e o território (considerando a expansão do fenômeno analisado). Assim, a dimensão da vulnerabilidade é considerada de acordo com a exposição das pessoas ao risco, no valor de bens que podem vir a ser afetados, possuindo uma estreita relação com a capacidade de resistência e resiliência dos indivíduos e da sociedade.

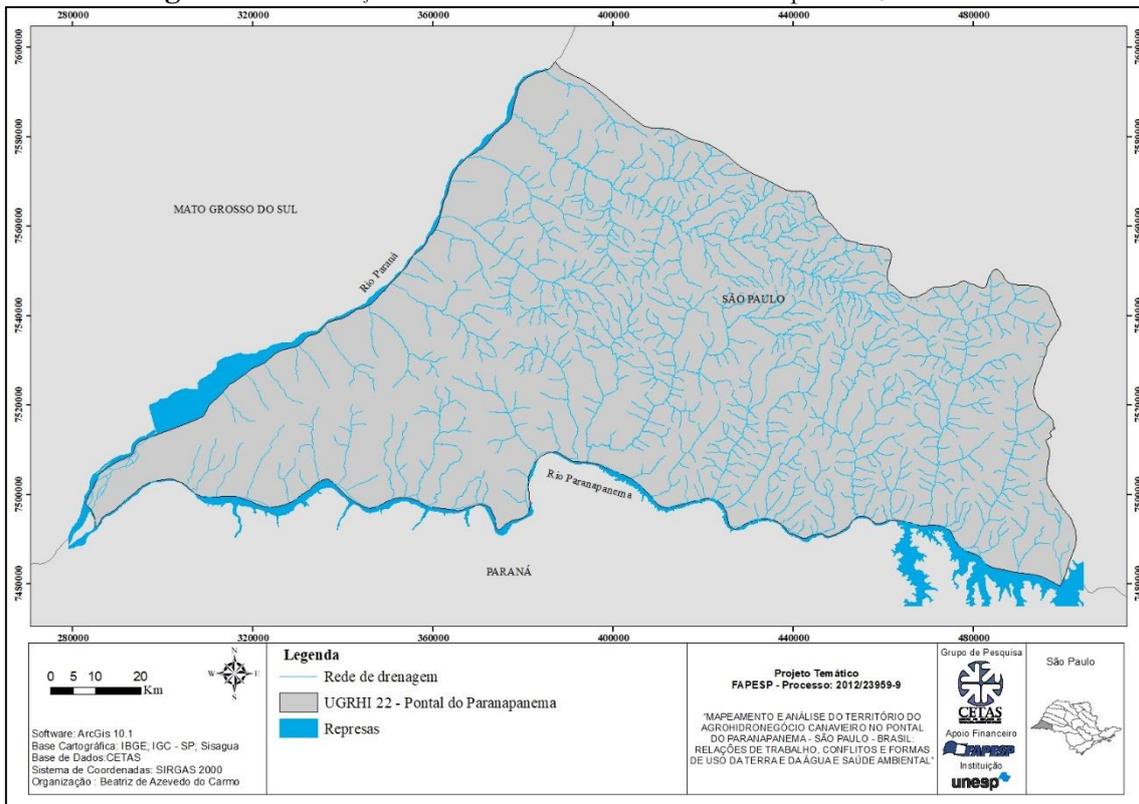
Determinar a vulnerabilidade e como o risco chega à população demanda duas linhas de atuação. Nesse sentido, este estudo se atém a discussão do quão expostas as águas superficiais estão à contaminação e como essa situação pode agir sobre a qualidade de vida das populações. Por este motivo há a necessidade de espacializar a produção de cana-de-açúcar em território paulista (com ênfase na UGRHI 22) e compreender as tendências de expansão dessa monocultura. Assim, o objetivo da pesquisa foi mapear e classificar as áreas suscetíveis à contaminação por agrotóxicos, por meio de geotecnologias.

As geotecnologias têm se mostrado um grande aliado no quesito de análise ambiental. Zanella et al. (2013) apresentam que a utilização destas, principalmente por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG), tem se mostrado extremamente eficiente no que se refere à análise das relações humanas com o meio físico e o biológico, possibilitando desta maneira a coleta de informações adicionais sobre essas interações.

Área de estudo

A Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI 22) - Pontal do Paranapanema está localizada no oeste do estado de São Paulo, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Localização da UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema/São Paulo



Organizado pelos autores.

Dentre as características físicas da região destacam-se as pontuadas por Santos (2018), que ao caracterizar a UGRHI 22 explana que seu clima é do tipo tropical, situada em área de transição climática, como descreve Boin (2000), ocorre o conflito entre as massas Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica, com eventual participação da massa Equatorial Continental.

A região estudada compõe o Planalto Ocidental Paulista, compreendendo um relevo levemente ondulado com predominância de colinas amplas e baixas com topos aplanados (ROSS; MOROZ, 1997).

Com relação a caracterização geológica, Santos (2018) trata que a região está disposta em sua maioria sobre rochas do Grupo Bauru, abrangendo formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. Há também a incidência de rochas do Grupo São Bento, tendo a Formação Serra Geral e depósitos cenozóicos.

As características pedológicas levantadas pela autora tratam que os Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelos são predominantes na localidade. Os Latossolos são solos profundos, bem drenados e possuem uma estrutura granular estável,

característica que favorece a movimentação vertical de solutos (GOMES; SPADOTTO, 2004). Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005) apontam que os Argissolos podem apresentar uma zona de má aeração entre a base do horizonte e o topo do horizonte Bt durante o período chuvoso, devido à baixa condutividade hidráulica na superfície do horizonte Bt. A estrutura dos Argissolos varia de blocos a prismática, favorecendo pouco a movimentação vertical de solutos (GOMES; SPADOTTO, 2004).

Conforme o Plano da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBH-PP, 2016), a indústria agroalimentar constitui a principal base da economia regional, com destaque para usinas de açúcar e álcool, como também frigoríficos e abatedouros. Na região há extensas terras, contudo, a densidade de ocupação não é tão alta.

Na região Sudeste, como nas demais do território nacional, tem-se informações limitadas acerca da presença de agrotóxicos nos solos nas águas superficiais e subterrâneas (GOMES e BARIZON, 2014). Assim, é observada a ausência de informações sobre o cenário de contaminação e interferência em ecossistemas, em decorrência do cultivo intensivo das lavouras. Por isso pesquisar e delimitar quais áreas possuem o maior risco é de extrema importância.

Procedimentos metodológicos

Para este estudo foram efetuados: levantamento bibliográfico, estabelecimento dos índices de risco, aquisição de dados vetoriais, delimitação da rede de drenagem, classificação dos riscos da rede drenagem, elaboração e análise dos produtos cartográficos. Foi utilizado o ArcGIS 10.8, licença educacional cedida pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) para elaboração dos mapas e suas correlações. Já para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o *LibreOffice* para trabalhar com as planilhas.

Inicialmente foram levantados os dados e delimitados os produtos a serem elaborados, entre os quais o mapa de espacialização da cana-de-açúcar na UGRHI 22; o mapa que contém os dados de índice de comercialização de glifosato para o ano de 2013; o mapa de estimativa de escoamento superficial também para o ano de 2013 e; por fim, foi gerado o mapa síntese de vulnerabilidade à contaminação das águas superficiais na área.

Os dados de apropriação do espaço pela cana-de-açúcar foram obtidos por meio do banco de dados do Centro de Estudos do Trabalho, Ambiente e Saúde (CETAS). Tal mapeamento foi gerado a partir de imagens do satélite Landsat e informações extraídas do

site CANASAT¹.

Para que o arquivo vetorial detivesse as características necessárias, para que posteriormente fosse gerado o mapa síntese, foi agregada na tabela de atributos uma coluna contendo os dados referentes a comercialização de glifosato aplicado na área de cultivo de cada município. Os dados dos índices de aplicação do princípio ativo nos municípios foram obtidos através do *site* do Observatório de Saúde Ambiental, em junho de 2018. Atualmente a página encontra-se indisponível.

Calculou-se a quantidade de glifosato por polígono da área de cana-de-açúcar em ambiente SIG, e esses valores foram divididos em intervalos pelo método quantil. Os intervalos foram classificados qualitativamente, gerando as classes de aplicação do princípio ativo na região. (Quadro 1).

Quadro 1 – Classes de aplicação de glifosato para a UGRHI 22 no ano de 2013

Glifosato (tonelada/ha)	Classes de aplicação de glifosato
0 - 0,106	Muito baixa
0,106 - 0,220	Baixa
0,220 - 0,286	Média
0,286 - 0,453	Alta
0,453 - 8,391	Muito alta

Organizado pelos autores

Em seguida, foi gerado o mapa com a estimativa do escoamento superficial para o mesmo ano, que seguiu como base a metodologia utilizada por Santos (2018). Para a produção do mapa de escoamento superficial utilizou-se o método do Número da Curva ou método CN, desenvolvido pelo Serviço de Conservação dos Solos dos Estados Unidos (SCS, 1972). De acordo com Pruski, Griebeler e Silva (2001), para aplicar esse método, são necessários dados de chuva e informações relacionadas ao complexo hidrológico solo-vegetação, este que considera o uso, manejo, a umidade inicial e a condição hidrológica do solo.

Realizou-se o levantamento dos dados pluviométricos para o ano analisado, o qual leva em consideração as médias mensais de 42 estações situadas na UGRHI 22. O levantamento das informações pedológicas foi realizado através do mapeamento de solos do Estado de São Paulo (São Paulo, 2017). As informações foram reclassificadas para os Grupos

¹ <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>

Hidrológicos de Solo (GHS), de acordo com a proposta de Sartori, Lombardi Neto e Genovez (2005), que considera as características dos solos brasileiros (quadro 2).

Quadro 2 – Classificação dos Grupos Hidrológicos de Solo para a UGRHI 22

Classe de solo	GHS
Latosolos Vermelhos	A
Latosolos Vermelhos-amarelos	B
Neossolos Quartzarênicos	B
Nitossolos Vermelhos	B
Argissolos Vermelhos-amarelos	C
Neossolos Flúvicos	C
Gleissolos Hápicos	D
Neossolos Litólicos	D

Organizado pelos autores

Foram levantadas também as informações acerca da cobertura da terra da região. O quadro 3 apresenta os valores de CN atribuídos as classes de GHS de acordo com sua cobertura.

Quadro 3 – Tabela CN para o uso da terra de na UGRHI 22

Classe	Tabela padrão	GHS			
		A	B	C	D
Área urbana	Área urbana adensada	61	75	83	87
Florestal	Florestas esparsas	46	68	78	84
Unidade de Conservação	Florestas densas, de alta transpiração	26	52	62	69
Campestre (áreas úmidas)	Florestas esparsas	46	68	78	84
Silvicultura	Florestas muito esparsas, de baixa transpiração	56	75	86	91
Cultura Permanente	Combinação de bosques Deficiente	57	73	82	86
Cultura temporária	Plantações regulares Em fileiras retas	64	76	84	88
Pastagem	Pastagens Pobres, em curvas de nível	47	67	81	99

Adaptado TUCCI (2004, p. 405); SARTORI (2010, p. 44)

Após a produção do mapa, os valores de escoamento foram divididos em 5 intervalos pelo método do quantil em ambiente SIG. Durante o desenvolvimento do trabalho não foi encontrado, na literatura, um padrão para a classificação das taxas de escoamento. Porém, destacamos que a metodologia proposta pelos autores continua sendo estudada, para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

Após, os intervalos foram classificados qualitativamente, gerando o mapa de potencial de escoamento superficial. São as classes: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto potencial de escoamento (Quadro 4).

Quadro 4 – Classificação do potencial de escoamento superficial para a UGRHI 22 no ano de 2013

Taxa de escoamento (mm)	Classes de potencial de escoamento
805 - 1177	Muito baixo
1177 - 1288	Baixo
1288 - 1366	Médio
1366 - 1479	Alto
1479 - 1777	Muito alto

Organizado pelos autores

Para a geração do mapa síntese – risco de contaminação - foi necessária a correlação dos dados obtidos do potencial de escoamento superficial e os índices de comercialização de glifosato. Para tanto, utilizou-se o método da sobreposição ponderada, na qual foram atribuídos pesos para cada uma das classes dos mapas (Quadro 5).

Quadro 5 – Distribuição dos pesos para as classes dos mapas de potencial de escoamento e comercialização de glifosato.

Classe	Peso
Muito baixo (a)	1
Baixo (a)	2
Médio (a)	3
Alto (a)	4
Muito alto (a)	5

Organizado pelos autores

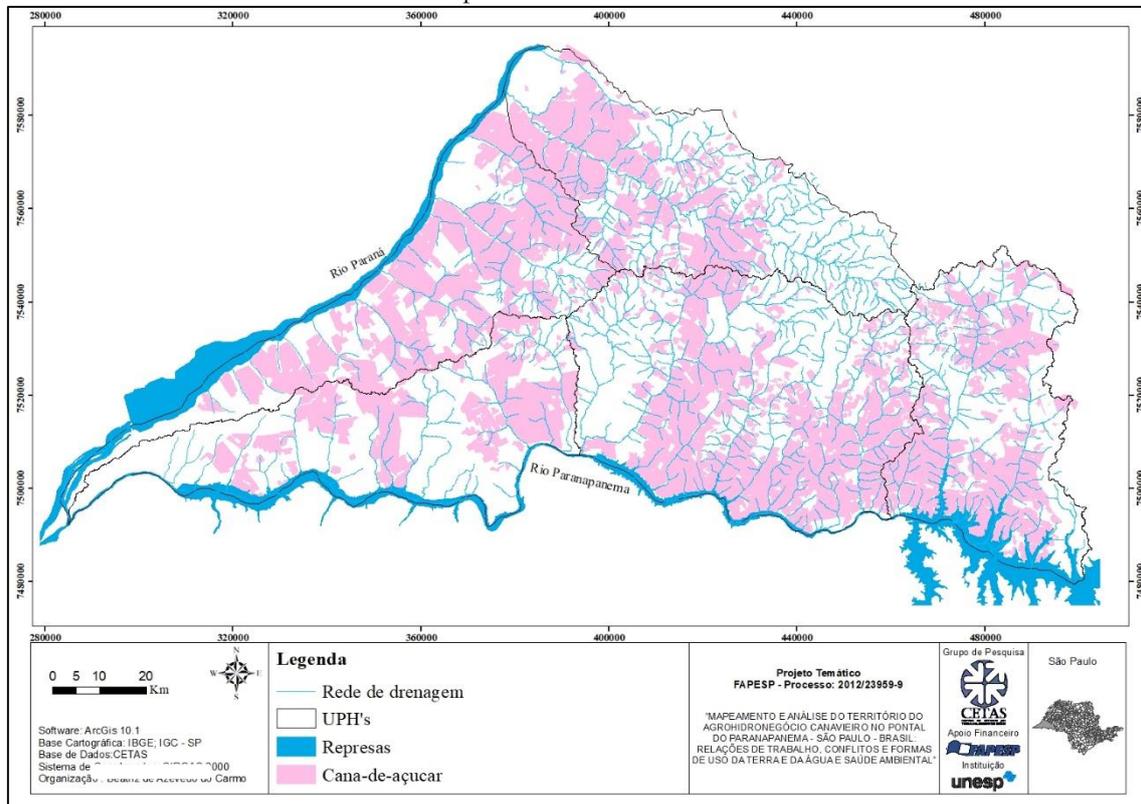
Na correlação trabalhou-se com valores iguais de influência das duas variáveis (50%) e o produto desta correlação foi agrupado e reclassificado novamente. Partindo-se da lógica dos índices, consideraram-se novamente as cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) e a partir disso foi possível chegar ao mapa síntese das áreas quanto ao risco à contaminação por Glifosato.

Resultados e Discussão

Com vistas a compreensão do quadro que se apresenta a cobertura da terra, pela cana-de-açúcar, na UGRHI - 22 Pontal do Paranapanema, observou-se como é a espacialização da monocultura na região. Na Figura 2 é possível verificar de forma bem

evidente e preocupante a distribuição espacial da monocultura, tomando-se como referência os recursos hídricos.

Figura 2 - Espacialização do cultivo da cana-de-açúcar na UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, para o ano de 2013.



Organizado pelos autores

Conforme o exposto na Figura 2, torna-se visível que o Pontal do Paranapanema é amplamente ocupado pela produção canavieira, o que denota que a outra parte seria ocupada por outras culturas, como também pequenas propriedades rurais (em menor quantidade), áreas urbanas e espaços com vegetação nativa, como é o caso do Parque estadual do Morro do Diabo, no município de Teodoro Sampaio, localizado na porção Sul da UGRHI.

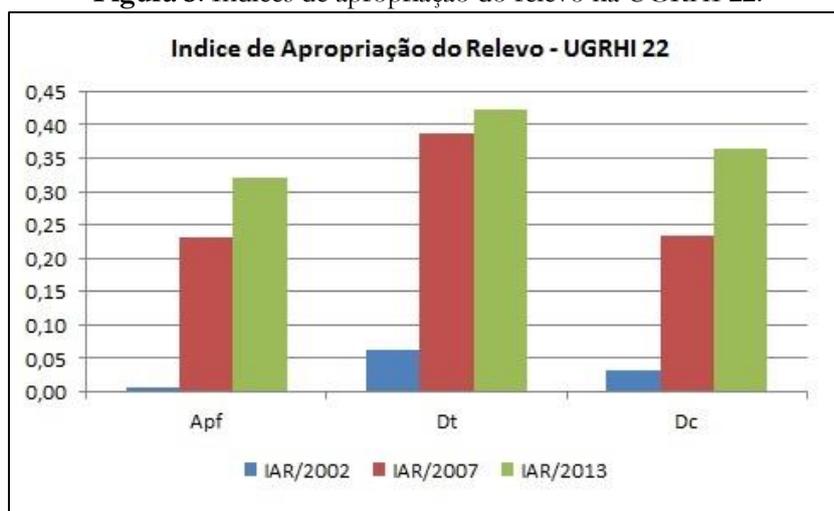
É possível verificar que a região já apresentava no ano de 2013 em torno de 40% de todo o seu território ocupado pela cana-de-açúcar. O trabalho de Rocha et al. (2016) demonstrou a evolução da apropriação pela cana para cada unidade de relevo, não se observando áreas preferenciais.

A Figura 3 apresenta o estado de apropriação relativo para cada unidade de relevo na região. Os índices variam até 1,0, em que 0 é o mínimo e 1,0 o máximo a ser alcançado.

Observou-se a predominância da ocupação da monocultura nas formas de relevo com topos tabulares, aspecto do relevo que favorece a produção mecanizada.

Por outro lado, a presença significativa de cana-de-açúcar nas formas de relevo com topos convexos aponta a apropriação de áreas da bacia hidrográfica com alta densidade de drenagem, sendo possível encontrar alguns casos de ocupação em áreas de Área de Preservação Permanente - APP (ROCHA et al., 2016).

Figura 3. Índices de apropriação do relevo na UGRHI 22.



Apf: Planícies fluviais; Dt: Modelados de dissecação com topos tabulares; Dc: Modelados de dissecação com topos convexos.

Fonte: Rocha et al. (2016).

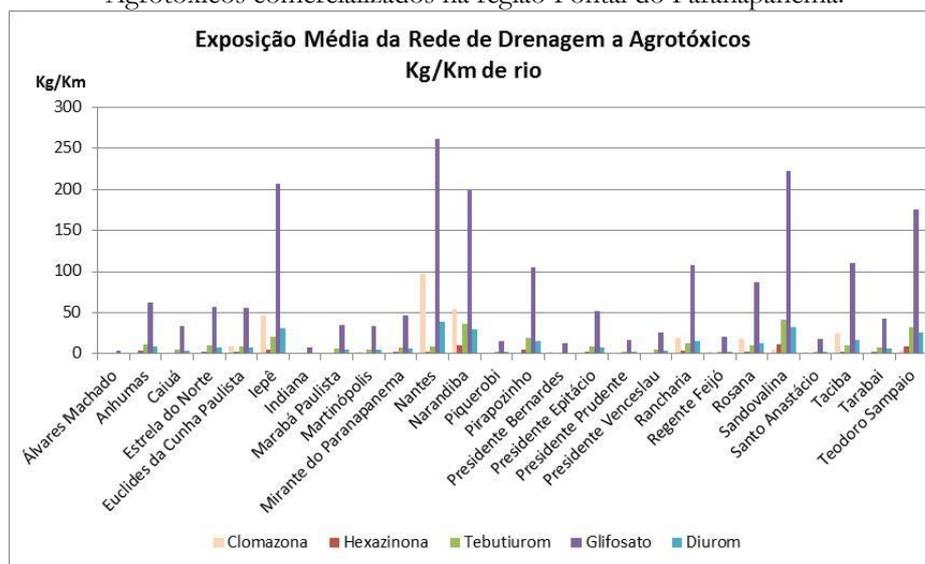
Sabe-se que para a preservação dos recursos hídricos há a necessidade de se preservar as APP's. A Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012) regulamenta que essas áreas são protegidas por lei e devem ser cobertas por vegetação nativa ou não nativa. Rosin (2017) explana que a definição de 'APP' é aplicada aos locais que possuem relevância e obrigatoriedade em ser preservadas de maneira efetiva e permanente, pois são locais que possuem atributos necessários para o equilíbrio ecossistêmico. Desta maneira, será garantida a manutenção da qualidade da água. Assim, "[...] a delimitação desses espaços fundamentou-se na importância de manter as condições necessárias para que as funções ambientais pudessem ser realizadas" (ROSIN, 2017, p. 18). Contudo, áreas de APP são importantes na interceptação dos fluxos superficiais que carregam os solutos contaminados aos rios.

Estudos também indicam intensa exposição da rede de drenagem frente à utilização de agrotóxicos na atividade canavieira (Figura 4). Rocha et al. (2019) apontaram diferentes níveis de exposição na rede de drenagem dos municípios na região Pontal do Paranapanema,

estudando 5 diferentes princípios ativos utilizados.

Por meio da espacialização da rede drenagem observada na figura 4, é possível verificar a relação entre o cultivo da cana e as águas superficiais tornando evidente os possíveis níveis de riscos a contaminação da rede de drenagem.

Figura 4. Exposição média da rede de drenagem à contaminação por Princípios Ativos de Agrotóxicos comercializados na região Pontal do Paranapanema.

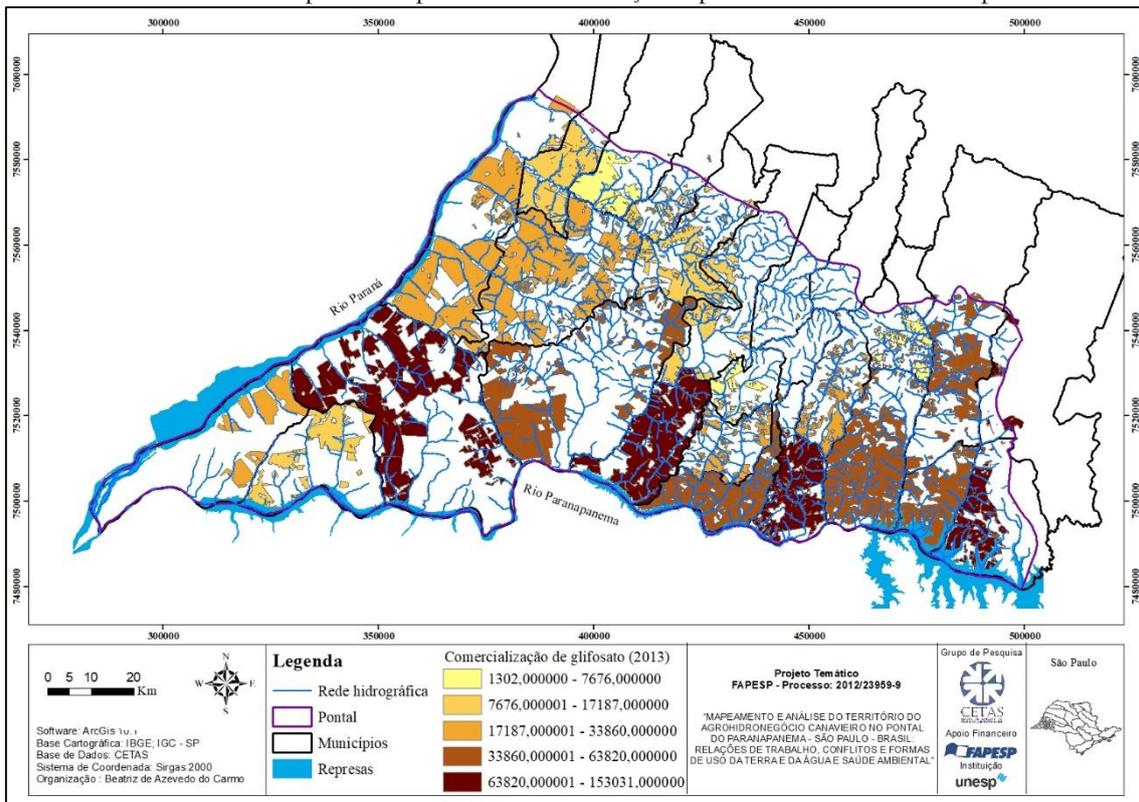


Fonte: Rocha et al. (2019).

A verificação da espacialização é tão importante quanto a de comercialização do glifosato na região. Para tanto, a Figura 5 busca evidenciar as intensidades dessa ação. Os dados tabulados por município e ajustados para a área de cana de cada município permitiram a posterior correlação com a rede de drenagem e sua quantificação.

Como o dado de comercialização do princípio estava presente na tabela de atributos do arquivo vetorial da cana-de-açúcar, a sua visualização espacial só é possível através de um cartograma. Neste caso é possível evidenciar que as classes de maior valor são as que mais se fazem presente, tornando possível a conclusão de que os dados referentes aos níveis mais altos de comercialização são os mais encontrados.

Figura 5. Intensidade da comercialização do glifosato na UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, tomando como ponto de partida a cana-de-açúcar presente em cada município.

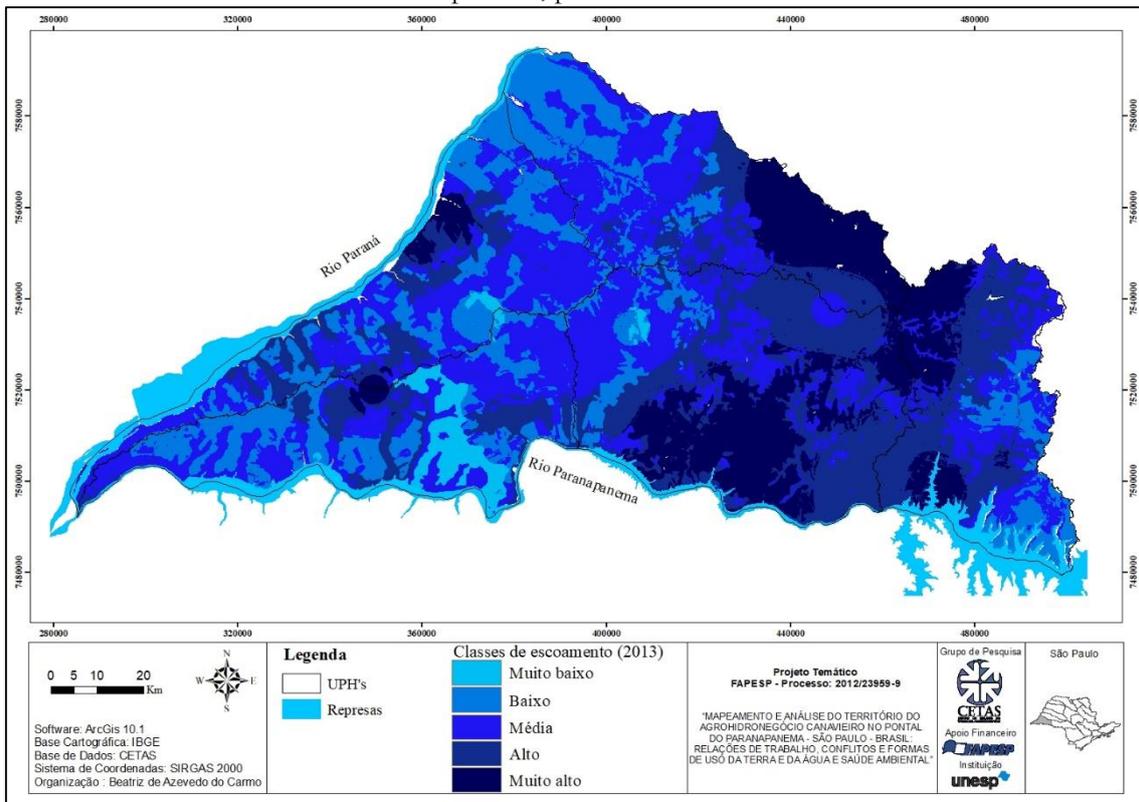


Organizado pelos autores.

Como já exposto anteriormente, os dados de escoamento superficial são indispensáveis para entender como está o quadro de risco regional. Na Figura 6 encontram-se expostos os dados de estimativa de escoamento superficial. O potencial de escoamento superficial foi estimado com base nos volumes de chuva distribuídos pela UGRHI no ano de 2013, que variaram de 1136,5 mm a 1796,7 mm.

Conforme pode ser visualizado na Figura 6, é possível verificar que os índices mais expressivos na região vão de médio a muito alto, e as áreas de maiores intensidades de dissecação do relevo, em geral, apresentam maiores valores de escoamento superficial (SANTOS e ROCHA, 2019).

Figura 6 - Estimativa do potencial de escoamento superficial na UGRHI 22 - Pontal do Paranapanema, para o ano de 2013

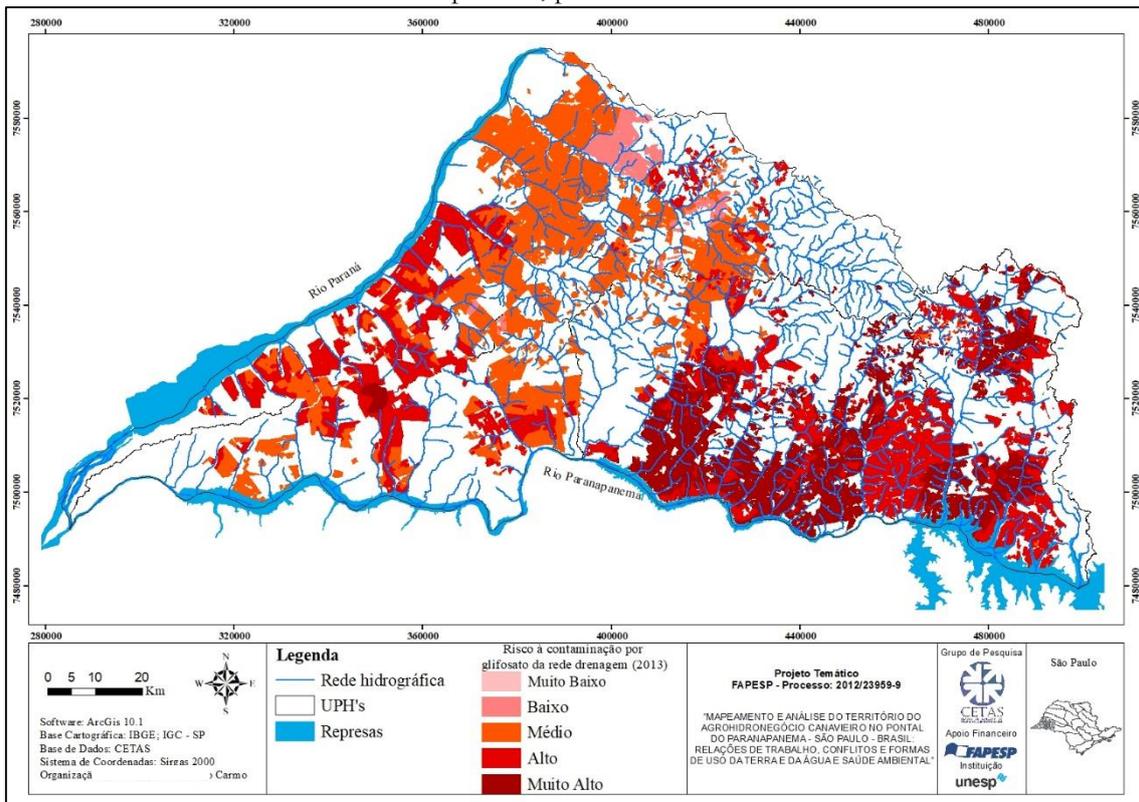


Adaptado de Santos (2018).

Quando combinada a análise entre os mapas com as classes de comercialização de Glifosato por município e as classes de escoamento superficial sobre a base com as áreas de cultivo de cana-de-açúcar, constata-se que as áreas com as maiores vulnerabilidades de contaminação da rede de drenagem encontram-se na vertente do rio Paranapanema (Figura 7). Resulta da combinação de maiores intensidades de uso do Glifosato e áreas com maiores estimativas de escoamento superficial. Estas áreas merecem maiores cuidados, e os resultados apontam para a necessidade de se ter um maior controle sobre o uso dos produtos visto a intensidade do uso e a possibilidade de escoarem para os rios.

Por meio do mapa síntese exposto na Figura 7, torna-se evidente que o quadro regional é preocupante. Desta forma é possível dizer que a rede de drenagem está exposta ao risco de contaminação, o que coloca a população regional em situação vulnerável com relação ao consumo da água. Consequentemente são colocados em risco os ecossistemas fluviais e impossibilitam o uso humano das águas fluviais.

Figura 7 - Risco de contaminação por glifosato da rede de drenagem da URGHI 22 - Pontal do Paranapanema, para o ano de 2013



Organizado pelos autores

De acordo com os dados especializados no mapa síntese é possível visualizar que os municípios a leste da região e principalmente na porção sul são os que apresentam as classes mais altas (Alto e Muito Alto) de risco à contaminação, sendo eles os municípios de Sandovalina, Narandiba, Taciba, Nantes e Itororó do Paranapanema. Nesse sentido as populações destes municípios encontram-se vulneráveis a consumir água contaminada por agrotóxico. Os demais municípios não fogem ao risco de contaminação dessas águas, contudo a taxa de contaminação pode ser menor, pelo fato de que os demais não possuem classes muito altas de risco.

Do ponto de vista quantitativo, os dados referentes as diferentes classes de risco à contaminação ficam mais claros a partir da análise da Tabela 1 que segue.

Tabela 1 – Risco à contaminação da rede de drenagem por glifosato na URGHI 22 - Pontal do Paranapanema, para o ano de 2013

Vulnerabilidade	Área (km²)	Área (%)
Muito Baixa	0	0
Baixa	155,33	3,31
Média	1728,05	36,81
Alta	1680,20	35,79
Muito Alta	1130,60	24,09
Total	4694,18	100

Organizada pelos autores.

Combinando as informações da Figura 7 com os dados disponibilizados na Tabela 1, além de concluir que os valores apontam para maior expressão das classes Média, Alta e Muito Alta de risco, os dados indicam também que os usos são intensos. As áreas que se utilizam dos produtos, utilizam-nos intensamente.

A combinação entre áreas de maior escoamento superficial e maior consumo/comercialização do Glifosato combinadas se apresentam como muito alta vulnerabilidade e representam 24,09 % da área plantada de cana na região. As classes com vulnerabilidade alta e muito alta correspondem a 60 % das áreas de cana.

Ao correlacionar os dados expostos de escoamento e riscos, observou-se que as áreas com maior escoamento superficial, por facilitarem mais os fluxos das vertentes aos canais fluviais, foram relevantes para a obtenção dos resultados. As áreas com maior expressão desta variável foram as do eixo central da UGRHI 22, indo da vertente do rio Paranapanema para Norte no divisor da Bacia, como também algumas áreas na porção oeste, próximo à represa de Porto Primavera.

Como resultados das classes de vulnerabilidade de contaminação da rede de drenagem, observou-se que a vertente do rio Paranapanema tem sua rede de drenagem mais exposta e mais vulnerável à contaminação.

As monoculturas a base de agroquímicos têm efeito potencialmente prejudicial ao meio ambiente e às sociedades ali presentes, pois estas, direta (pelo consumo da água, por exemplo) ou indiretamente são afetados pelo processo. Assim, se torna importante repensar as atividades a serem implantadas nas mais diversas regiões. No que tange à preservação e conservação da natureza, áreas de reserva legal e preservação permanente são necessárias na mitigação dos fluxos superficiais e do aporte de nutrientes e contaminantes aos canais fluviais.

Outros trabalhos já identificavam alguns problemas referentes à expansão canavieira, como é o caso de Rocha et al. (2017), em que se observou uma expansão

substancial entre os anos de 2002 e 2013, constatando que a área plantada teve um aumento de 11 vezes, e a rede de drenagem envolvida no processo teve um aumento de 15 vezes, o que denota um aspecto preocupante no tocante aos recursos hídricos, pois estes são constantemente ameaçados pela expansão da monocultura.

Através do estudo de caso aqui exposto será possível dar suporte para outros trabalhos que venham a ser realizados, pois aqui fica evidente algumas áreas que seriam propícias para a realização de análises químicas da água, com vistas a identificação de sua qualidade.

Considerações finais

Este artigo buscou abordar a situação de vulnerabilidade encontrada no Pontal do Paranapanema, UGHRI 22, expondo que as águas superficiais se encontram em situação de risco de contaminação, o que resulta em uma situação vulnerável para a população que é abastecida pelas águas desses cursos d'água.

A partir do uso de um Sistema de Informação Geográfica, ponderando na análise estimativas de escoamento superficial, dados oficiais da comercialização de Glifosato em 2013 e do mapeamento das áreas ocupadas pela cana-de-açúcar em 2013, foi possível identificar as áreas de maior vulnerabilidade à contaminação da rede de drenagem da região do Pontal do Paranapanema, UGRHI 22.

Para sistematizar e expor os dados, as geotecnologias se mostraram aliadas indispensáveis, pois através de mapeamentos temáticos sobre o risco das águas superficiais à contaminação por Glifosato, foi possível identificar as áreas com índices maiores de exposição. Essa informação se torna uma enorme aliada na gestão dos recursos hídricos, principalmente pelo fato de que o Glifosato é um agrotóxico intensamente utilizado no trato da cana de açúcar na região do Pontal do Paranapanema.

Desta forma, outra questão que se levanta ao demonstrar as áreas onde concentram-se esses riscos e potenciais vulnerabilidades é quão danoso à saúde humana é o consumo de água contaminada com Glifosato, principalmente a longo prazo.

Portanto, a preservação da vida como um todo pode ser vista com certa negligência por parte do Estado, onde a preocupação maior é a “conservação” de um sistema de exportação de *commodities* que acaba atingindo de maneira negativa todas as formas de vida. Há necessidade de se repensar o ordenamento territorial conforme as fragilidades e

potencialidades regionais, bem como na preservação ambiental das áreas mais frágeis, diferentes do atual modo de produção predominantemente baseado no aspecto puramente capitalista.

Nesse sentido, repensar a relação estabelecida entre a sociedade e a natureza é necessário, pois ver a natureza apenas como um meio de acumular mais capital se torna danoso para os dois lados da “equação”. Por esse motivo as leis ambientais têm a necessidade de serem mais “duras”, como também medidas de planejamento ambiental (sustentável) e formas alternativas de produção devem ser impulsionadas, como a agroecologia, dando espaço para uma forma de cultivo mais em equilíbrio com a natureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (processo 2012-23959-9) e ao CNPq/PIBIC pelo financiamento da pesquisa. Ao Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT/UNESP pela disponibilização do espaço físico e equipamentos para a análise de dados.

Referências bibliográficas

BARRETO, M. J. *Novas e velhas formas de degradação do trabalho no agrobidronegocio canavieiro nas Regiões Administrativas de Presidente Prudente e Ribeirão Preto (SP)*. 2018. 377 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018.

BOIN, M. N. *Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada*. 2000. 264 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. *Código Florestal Brasileiro*. Diário Oficial, Brasília, 25 maio de 2012.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *A questão ambiental: diferentes abordagens*. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. cap. 1, p. 18 - 42.

CARVALHO, R. G. As Bacias Hidrográficas enquanto Unidades de Planejamento e Zoneamento Ambiental no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n. 36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CBH-PP - COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA DO PONTAL DO PARANAPANEMA. *Plano de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22)*. Presidente Prudente, 2016. Disponível em: <http://cbhpp.org/publicacoes-2/>. Acesso em: 27 maio 2021.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. cap. 7, p. 337 -376.

CUNHA, L.; LEAL, C. Natureza e sociedade no estudo dos riscos naturais. Exemplos de aplicação ao ordenamento do território no município de Torres Novas (Portugal). In: PASSOS, M. M.; CUNHA, L.; JACINTO, R. *As novas geografias dos países de língua portuguesa*. Paisagens territórios e políticas no Brasil e em Portugal. São Paulo: Geografia em Movimento, 2012. p. 640.

DREW, D. *Processos interativos homem-meio ambiente*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 224.

GOMES, M. A. F.; BARIZON, R. R. M. *Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011*. Jaguariúna: EMBRAPA, 2014.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A. *Subsídio à Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxicos em Solos Agrícolas Brasileiros*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 5p. (Comunicado Técnico, 11). Disponível em: http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado_11.pdf. Acesso em: 20 julho. 2021.

GUERRA, A. T. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 4. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia, 1972. p. 446

LIMA, M. D. V.; RONCAGLIO, C. Degradação socioambiental urbana, políticas públicas e cidadania. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, n. 3, p. 53-63, 2001.

NUNES, J. O. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. C. T.; PERUSI, M. C. A influência dos métodos científicos na Geografia física. *Terra Livre*, São Paulo, v. 2, p. 119 – 130, 2006.

OLIVEIRA, S. S. *O papel da avaliação de riscos no gerenciamento de produtos agrotóxicos: diretrizes para a formulação de políticas públicas*. 2005. 236 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RIBEIRO, J. G; MARINHO, D. Y. ESPINOSA, J. W. M. Agricultura 4.0: Desafios à produção de alimentos e inovações tecnológicas. In: Simpósio de engenharia de produção (SIENPRO), 2., 2018, Catalão. *Anais [...]*. Catalão: UFG, 2018.

RIBEIRO, D. H. B., VIEIRA, D. *Avaliação de potencial de impactos dos agrotóxicos no meio ambiente*. Infobios, Instituto Biológico, São Paulo, 2010. s/p.

ROCHA, P. C.; SANTOS, C. R.; SANTOS, A. A. A expansão da atividade canavieira e interações com a rede hidrográfica na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. In: IX seminário latino-americano e V seminário ibero-americano de geografia física, 2018, Guimarães (PT). *Anais [...]*. Guimarães, 2016.

- ROCHA, P. C.; SANTOS, C. R.; ARAUJO, R. R.; RIZK, M. C.; SANTOS, A. A.; CARMO, B. A. Rede de drenagem, conectividade e agrotóxicos na região Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. *In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 2019, Fortaleza. *Anais [...]*. Fortaleza: UFC, 2019.
- ROCHA, P. C.; ARAUJO, R. R. RIZK, M. C. ROCHA, P. C.; SANTOS, C. R.; ARAUJO, R. R.; RIZK, M.C. Exposição da rede de drenagem a agrotóxicos e conectividade hidrodinâmica, região Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. *Revista Equador* (UFPI), Teresina, v. 9, n. 1, p. 116 – 132, 2020.
- ROSA, R. *Introdução ao Sensoriamento Remoto*. 7. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009. p. 264.
- ROSIN, J. A. R. G. A ideia da proteção de espaços de fragilidade ambiental: sua importância para a proteção das faixas marginais de corpos d'água. *In: AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P.; BENINI, S. M.; AMADOR, M. B. M. Recursos hídricos: gestão e sustentabilidade*. 2. ed. Tupã: ANAP, 2017. cap. 2, p. 47–64.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. *Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo escala 1:500.000*. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia FFLCH – USP/IPT/FAPESP: vols. I e II, São Paulo, 1997.
- ROSSETTO, R. A cultura da cana: da degradação à conservação. *Visão agrícola*, Piracicaba, n.1, p. 80-85, 2004.
- SANTOS, A. A. *Estimativa de escoamento superficial no Pontal do Paranapanema- SP e sua relação com a cobertura e uso da terra*. 2018. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2018.
- SANTOS, A. A.; ROCHA, P. C. Estimativa de escoamento superficial e sua relação com as mudanças de cobertura e uso da terra no Pontal do Paranapanema/SP. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 20, n. 71. p. 196-214, setembro. 2019.
- SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Florestal. *Mapa pedológico do Estado de São Paulo*: revisado e ampliado. Marcio Rossi. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p.: il. color; mapas. 42x29,7 cm.
- SCS – Soil Conservation Service. *National Engineering Handbook*: Section 4, Hydrology. 1972.
- SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, 2005. 05-18 p.
- SARTORI, A. *Desenvolvimento de critérios para classificação hidrológica de solos e determinação de valores de referência para o parâmetro CN*. 2010. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- SUERTEGARAY, D. M. A. (Org). *Terra: feições ilustradas*. 2. ed. Porto Alegre: Editora da
- Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 3, p. 201-223, set-dez, 2021.*
ISSN: 2176-5774

Vulnerabilidade à contaminação por agrotóxicos da rede de drenagem na unidade de gerenciamento de recursos hídricos Pontal do Paranapanema – São Paulo. Beatriz de Azevedo do Carmo, Paulo César Rocha, Edilson Ferreira Flores, Aline Aparecida dos Santos.

UFRGS, 2008. p. 264.

TUCCI, C. E. M. Escoamento Superficial. In: TUCCI, C. E. M (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. cap. 11, p. 391-437.

ZANELLA, M. E. et al. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do rio Cocó, Fortaleza-CE. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 317-332, agosto. 2013.

Submetido em: maio de 2020.

Aceito em: julho de 2021.