

XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

EXPANSÃO DO AGROHIDRONEGÓCIO NO PONTAL DO PARANAPANEMA (UGRHI-22): OCUPAÇÃO DA TERRA PELA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ENTRE OS ANOS DE 2002 E 2013 X VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS

Iris Romagnoli¹; Rodrigo Lilla Manzione²

Resumo: O mapeamento de vulnerabilidade é uma forma de representação das características intrínsecas dos aquíferos quanto à susceptibilidade de ser contaminado por uma carga poluidora. As atividades realizadas sob áreas vulneráveis devem considerar as implicações nos recursos hídricos subterrâneos ao longo do tempo. A região do Pontal do Paranapanema (UGRHI-22) possui um histórico de ocupação por pastagens e conflitos fundiários, e uma recente expansão da cultura da cana-de-açúcar desde os anos 2000. Recoberta por sedimentos do aquífero Bauru-Caiuá, toda região pode ser considerada como naturalmente vulnerável, já que é um aquífero com recarga direta. É preciso inferir sobre os riscos sob os quais as águas subterrâneas se encontram no modelo de uso e ocupação da terra em curso. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise quantitativa sobre a evolução da expansão do cultivo da cana-de-açúcar entre os anos de 2002 e 2013 nas áreas do aquífero Bauru-Caiuá da UGRHI-22, indicando as principais zonas de restrição ou ocupação dirigida em relação a vulnerabilidade do aquífero. Os resultados mostraram que apesar de uma expansão nos cultivos superior a 1.000%, a classe de alta vulnerabilidade foi a que apresentou menor área dos cultivos de cana-de-açúcar, representando aproximadamente apenas 15% da área total da UGRHI-22.

Abstract: The vulnerability mapping is a way of representing the intrinsic characteristics of the aquifer for susceptibility to be contaminated by polluting load. The activities carried out in vulnerable areas should consider the implications for groundwater resources over time. The Pontal do Paranapanema region (UGRHI-22) has a historic occupation by pastures and land conflicts, and a recent expansion of sugarcane fields since the 2000's. Covered by Bauru-Caiuá aquifer sediments, the entire region can be considered as naturally vulnerable, since it is a direct recharge aquifer. It is necessary to infer about groundwater risks from the actual land use in progress. Thus, the objective of this study is to perform an analysis of the evolution of sugarcane crops expansion between 2002 and 2013 at UGRHI-22, indicating the main areas of restriction or directed occupation. The results shown that even with an increase superior to 1,000% in the cultivated area, high vulnerability class showed the smallest area of sugarcane crops, accounting for only about 15 % of the total area of UGRHI -22.

PALAVRAS-CHAVE: uso e ocupação da terra, risco, saúde ambiental.

¹ Bacharela em Geografia, mestranda em Agronomia – Área de concentração em irrigação e drenagem. UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA)/Campus de Botucatu. Rua Dr. José Barbosa, 1780 – Vila dos Lavradores, fone: (14) 3811-7100, e-mail: irisromagnoli@gmail.com

² Professor Assistente Doutor. UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Ourinhos. Avenida Vitalina Marcusso, 1500 – Jardim das Paineiras, fone: (14) 3302-5700; e-mail: manzione@ourinhos.unesp.br

1. INTRODUÇÃO

Considerada como a atividade econômica com o maior emprego e consumo de água subterrânea, a agricultura hoje é a principal responsável pela deterioração da qualidade da água e dos ecossistemas integrados. Isto se dá, pelo fato que, atualmente a utilização intensiva e excessiva de produtos agrotóxicos e práticas agrícolas inadequadas tem desenvolvido grandes riscos ambientais como também acarretado na degradação da condição da saúde humana. Contudo, apesar de ser acusada pela degradação das águas, a agricultura também é considerada como vítima da sua própria poluição, dada aplicação descontrolada de produtos agroquímicos visando à defesa da produção, estas cargas lançadas de forma difusa no solo podem alcançar grandes extensões aumentando o risco da contaminação de aquíferos. Estudos quantitativos e qualitativos sobre as condições das águas subterrâneas no Brasil ainda são considerados escassos tendo em vista a quantidade em que são utilizadas. O uso de águas contaminadas em técnicas empregadas na agricultura como a irrigação pode comprometer as culturas, desenvolvendo problemas na saúde da população abastecida, além de animais e trabalhadores que fazem o uso diretamente da fonte.

O mapeamento de vulnerabilidade é uma forma de representação das características intrínsecas dos aquíferos quanto à susceptibilidade de ser contaminado por uma carga poluidora. As atividades realizadas sob áreas vulneráveis devem considerar as implicações nos recursos hídricos subterrâneos ao longo do tempo. Segundo Mestrinho (2005), o conceito fundamental de vulnerabilidade de águas subterrâneas é que há áreas que são mais vulneráveis a contaminação de agrotóxicos do que outras, um fator relevante a ser considerado quando realizado o planejamento do uso potencial do solo para a agricultura.

A Região do Pontal do Paranapanema possui um histórico de ocupação por pastagens e conflitos fundiários, e uma recente expansão da cultura da cana-de-açúcar desde os anos 2000. De acordo com o monitoramento anual do cultivo da cana-de-açúcar realizado pela CANASAT/INPE, no período de expansão do agrohidronegócio, as áreas de cultivo da planta agroindustrial duplicaram sua produção em todo estado de São Paulo ao passo que na região do Pontal Paranapanema a produção foi cinco vezes maior. De acordo com o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH, 2004), a demanda na região é quase totalmente atendida por águas subterrâneas, flagrante a escassez de águas superficiais na região. Dado este contexto, destaca-se a necessidade de maiores estudos sobre a vulnerabilidade de águas subterrâneas na unidade do Pontal do Paranapanema. Recoberta por sedimentos do aquífero Bauru-Caiuá, toda região pode ser considerada como naturalmente vulnerável, já que é um aquífero com recarga direta. Desta maneira, há uma grande preocupação de que esta produção esteja se desenvolvendo em possíveis áreas de

média/alta vulnerabilidade de aquífero, acarretando na contaminação do mesmo por meio de defensivos agrícolas.

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise quantitativa sobre a evolução da expansão do cultivo da cana-de-açúcar entre os anos de 2002 e 2013 nas áreas do aquífero Bauru-Caiuá da UGRHI-22, indicando as principais zonas de restrição.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O Agrohídronegócio Sucroalcooleiro

Denominado como agronegócio, este modelo de desenvolvimento rural é administrado basicamente pelas empresas oligopolistas transnacionais, na qual têm por característica o controle dos recursos naturais e a elevada degradação do meio ambiente (RABELLO, 2014). O Agronegócio preocupa-se em atender as demandas econômicas do mercado externo com a consolidação da prática da monocultura, ou seja, a produção de *commodities* para exportação, e não as demandas alimentares e sociais de quais carecemos, em prejuízo na disseminação das áreas de cultivos de alimentos que compõe a nossa cesta básica (THOMAZ JÚNIOR, 2010). Ademais, o autor define que são características do agrohidronegócio: a concentração fundiária; controle dos recursos naturais, hídricos e sementes; exploração da força de trabalho; monoculturas; biotecnologia e transgenia; e o uso irracional de agrotóxicos e agroquímicos.

De acordo com Thomaz Júnior (2010), a expansão do agrohidronegócio se consolida territorialmente com a definição do chamado Polígono do Agrohidronegócio, na qual se limita a Oeste de São Paulo, Leste do Mato Grosso do Sul, Noroeste do Paraná, Triângulo Mineiro e Sul-Sudoeste do estado de Goiás. De acordo com o autor, neste concentra-se 80% das plantações de cana-de-açúcar do país como também na concentração das plantas agroprocessadoras, de produção de álcool e açúcar.

A territorialidade do agrohidronegócio tem se desenvolvido de forma intensiva e rápida, uma vez que tem a disposição elementos indispensáveis para a marcha expansionista dos seus negócios. Contudo, o autor destaca que o sucesso da dinâmica do agronegócio vinculado à expansão e consolidação das *commodities* (principalmente a cana-de-açúcar), não pode estar apenas atrelado à monopolização das terras, mas também é imprescindível o acesso e controle da água.

Além de contar com os favorecimentos dos investimentos públicos e também privados, e por isso disputa apoios, cabe colocar em evidência que os bons resultados/retornos obtidos são complementados/potenciados pelo acesso às melhores terras (planas, férteis, localização favorável e logística de transportes adequada). Mas não somente, pois o sucesso do empreendimento como um todo requer a garantia de acesso à água, seja superficial (grandes rios, reservatórios de hidrelétricas, lagos), por meio de intervenções, via de regra, represamentos de cursos d'água, seja subterrânea, sobretudo os aquíferos Caiuá-Bauru e Serra Geral, no Centro- Sul do País, índices pluviométricos satisfatórios e com regularidade

adequada às demandas do ciclo vegetativo da planta (cana-de-açúcar, soja etc.) (THOMAZ JÚNIOR, 2010, p. 94).

No tocante ao que se refere à questão da água, o autor destaca que ainda não é totalmente claro sobre como se desenvolve a cobrança pela sua utilização. Limitada praticamente as Câmeras Técnicas dos Comitês de Bacias, às Comissões de trabalho dos sistemas de Gerenciamento de Recursos Hídricos, a arrecadação sobre a água divide seus lucros de diferentes setores do empresariado, todavia é na agricultura que estão sediadas as maiores polêmicas.

[...] Como se sabe, 65% a 70% do consumo da água alimentam os pivôs-centrais, de sorte que todo o acionamento do agronegócio, basicamente para a produção de *commodities* para exportação (soja, milho, em escala cada vez mais crescente, transgênicos), derivados da cana-de-açúcar, a isenção do pagamento por quatro anos – como estabelecido na Lei 12.183/05, do Estado de São Paulo – inclui no mesmo grupo de consumidores os responsáveis pelas monoculturas para exportação e pequenos produtores familiares (THOMAZ JÚNIOR, 2010, p.102).

É neste contexto de territorialização do agrohídronegócio no país, que Thomaz Júnior (2010), vem destacar o crescimento emergente da região do Pontal do Paranapanema, com o estoque potencial de terras em expansão da cana-de-açúcar. De acordo com o autor, a região hoje conta com algo em torno de 760.000 hectares de produção da planta agroindustrial, na qual obteve destaque pela parcela expressiva de área passível de utilização de bases mecanizadas, principalmente a colheita, como também devido às áreas tradicionais de produção de cana-de-açúcar (identificadas pelas regiões canaveiras de Ribeirão Preto, Campinas, Piracicaba, estendendo-se até São José do Rio Preto, Bauru e Ourinhos) em São Paulo, exista pouca disponibilidade de terra para ampliação do plantio, o que eleva ainda mais a demanda nas outras regiões.

2. 2. Vulnerabilidade e Perigo de Contaminação das Águas Subterrâneas

De acordo com Foster (2004), no que se refere ao perigo de poluição em áreas de vulneráveis em aquíferos, cada atividade potencialmente poluidora deveria ser investigada individualmente. Contudo, o autor argumenta que isso não é realista, rentável e nem divulgado na maioria dos casos.

2. 2. 1. Aquífero Bauru-Caiuá

A região do Pontal do Paranapanema é totalmente recoberta por sedimentos do Aquífero Bauru-Caiuá na qual aflora nas proximidades do Rio Paraná. Esse aquífero é considerado um aquífero de recarga direta e conseqüentemente como naturalmente vulnerável.

Ao que se refere a sua pedologia, este compreende sedimentos arenosos depositados em ambiente fluvial com eventuais interações eólicas mais proeminentes em direção ao topo da

sucessão. O aquífero Caiuá é considerado como livre a semi-confinado, contínuo, heterogêneo e anisotrópico. A partir de trabalhos realizados por Silva et al. (2005), foram analisados perfis geofísicos da área, na qual foi possível identificar os diferentes níveis de permeabilidade deste aquífero. “Os arenitos de elevada permeabilidade aparente mostram maiores espessuras concentradas na porção sudoeste da área de ocorrência do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo, atingindo um máximo de 60 metros” (SILVA et al., 2005, p.26). Desta forma, os autores afirmam que a região do Pontal do Paranapanema como de melhor potencial hídrico exploratório.

2. 2. 2. *Cartografia de vulnerabilidade*

O mapeamento da vulnerabilidade de águas subterrâneas é uma tentativa de representar processos considerados complexos de uma maneira mais simples, porém com embasamento científico. Contudo, a principal dificuldade para aqueles que tentam esta simplificação é a validação do estudo utilizando um único índice de vulnerabilidade integrado, uma vez que cada classe de contaminante se comporta de maneira diferente no solo, sendo influenciado por variáveis e graus em vários processos de atenuação natural. No entanto, se o termo vulnerabilidade for restrito apenas ao uso de atividades potencialmente poluentes na zona superficial do solo e aproveitar definições inteligentes para cada classe de vulnerabilidade, este problema pode ser amplamente resolvido e o uso de um índice integrado justificado (FOSTER, 2004).

Apesar da simplificação da representação de vulnerabilidade de águas subterrâneas, estes mapeamentos se tornaram importantes ferramentas nos seguintes contextos práticos: - Comunicar e trazer maior visibilidade sobre informações acerca do tema águas subterrâneas com a sociedade civil, apresentando preocupações sobre o nível potencial de perigo de contaminação; - fornecer estudos científicos para o planejamento do uso da terra local e procedimentos de controle de descarga de efluentes; - Formalizar procedimentos de triagem de risco de poluição como parte de águas subterrâneas, principalmente em áreas onde as redes de monitoramento da qualidade são escassas (FOSTER, 2004).

Dada a dificuldade em reproduzir fielmente as complexidades das situações de campo, de acordo com Foster estudos sobre mapeamento e avaliação de vulnerabilidade de águas subterrâneas estão sujeitos a algumas limitações, como: a presença de aquíferos semi-confinados, uma vez que se apresentam geologicamente descontínuos, faz-se necessário identificar o horizonte do aquífero de interesse na prestação de abastecimento de água potável e avaliar a capacidade de atenuação dos contaminantes nas camadas superficiais semi-confinado. Outro entrave na avaliação de risco de aquíferos é a situação ao longo de cursos de águas superficiais, na qual muitas vezes terá complexas relações atuantes para aquíferos e propriedades de atenuação de leito desconhecido. Por fim, o autor

destaca que estudos de vulnerabilidade normalmente não levam em consideração a perturbação física em grande escala realizada por atividades antrópicas nas zonas superficiais do solo, como áreas de mineração ou desenvolvimento de infraestrutura urbana intensiva, na qual necessitam ser identificadas e acompanhadas desde início e mapeá-los em conformidade.

Apesar das limitações encontradas nos estudos de vulnerabilidade de aquíferos, estas avaliações fornecem uma apreciação mais clara das ações indispensáveis para proteção das águas subterrâneas e um componente essencial das melhores práticas de gestão ambiental. A partir da demarcação de áreas de riscos é possível fundar diretrizes e prioridades de ação por parte do Estado e da sociedade civil em relação à proteção dos recursos hídricos subterrâneos. Desta forma, o mapeamento de vulnerabilidade passa ser um instrumento básico para o planejamento do uso do solo, na medida em que oferece informações de áreas de menor ou maior susceptibilidade a poluição humana.

2. 2. 3. Análise de riscos de contaminação das águas subterrâneas

Dentre os principais riscos ambientais que o agrohidronegócio traz para a região do Pontal do Paranapanema estão os relacionados ao uso indiscriminado de agrotóxicos. O uso incorreto de agrotóxicos vem oferecido cada vez mais ameaças de contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, afetando a qualidade da água consumida pela população, acarretando diretamente na saúde humana na qual ingerem volumes contaminados a partir de atividades como a irrigação de culturas.

Nas áreas de cultura, as fontes difusas foram representadas pelas cargas de agrotóxicos e fertilizantes, que receberam índices mais elevados quanto ao risco de poluição e periculosidade, tendo em vista que esses contaminantes são relativamente mais recalcitrantes no subsolo e apresentam maior toxicidade à saúde humana. (NOBRE; 2006; p.96)

Moraes e Spadotto (2011) afirmam que esse destino e o comportamento dos agrotóxicos em solo e águas subterrâneas têm provocado um considerável interesse sobre a qualidade das mesmas.

O consumo anual de agrotóxicos no Brasil tem sido superior a 600 mil toneladas de produtos comerciais. Em quantidade de ingrediente-ativo (i.a.), são consumidas anualmente no país cerca de 300 mil toneladas. Os agrotóxicos, que por um lado, cumprem o papel de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, por outro, podem oferecer riscos à saúde humana e ao ambiente. Essa dicotomia está refletida na falta de consenso sobre a denominação desses produtos, sendo também chamados de fitossanitários, pesticidas, defensivos agrícolas, entre outros. (SPADOTTO et al; 2010, p.6)

Desta forma, conforme trata Nobre (2006), cada vez mais há necessidade de uso de ferramentas matemáticas no planejamento e gestão do uso do solo para a manutenção de aquíferos, dado aos efeitos adversos na saúde humana, no meio ambiente e impacto econômico associado à contaminação das águas subterrâneas. A implementação de programas como zoneamento de aquíferos e perímetros de proteção de poços são consideradas ferramentas importantes e imprescindíveis para projetos de gestão de recursos hídricos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

A área do Pontal do Paranapanema, objeto de estudo deste trabalho localiza-se no extremo oeste do Estado de São Paulo, sendo parte integrante da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI-22) apresentando 11.838 km² de área de abrangência com base nos divisores de água que a delimitam. No que se refere à hidrografia na região, limita-se ao norte pelo Rio do Peixe, ao sul pelo Rio Paranapanema e a oeste o Rio Paraná (LEAL, 2000).

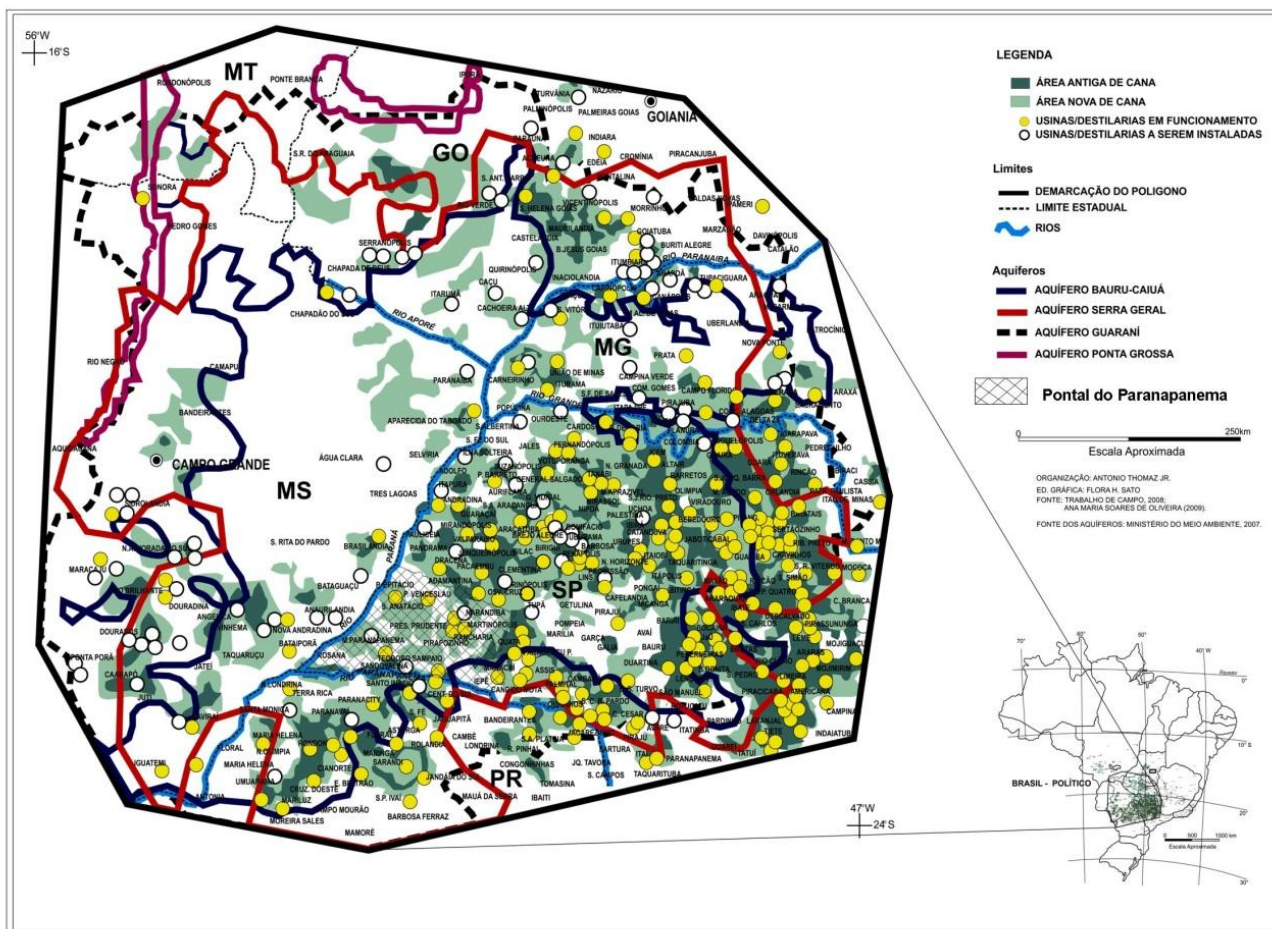


Figura 1: Polígono do Agrohidroregião Canavieira (THOMAZ JÚNIOR, 2009).

Geologicamente, o Pontal do Paranapanema encontra-se no Planalto Ocidental Paulista da Bacia Sedimentar do Paraná. É constituído por formações geológicas areníticas do Grupo Bauru (62,2% Formação Adamantina, 28,7% Formação Caiuá e 2,7% da Formação Santo Anastácio) e em menor extensão o Grupo basalto São Bento. Quanto à geomorfologia da região, o relevo predominantemente é constituído de colinas amplas e médias, morrotes e espigões alongados, feições de morros amplos e planícies aluviais (CBH-PP, 2010).

De acordo com o mapeamento da pedologia da região, realizado pelo IBGE em escala 1:50.000, foram classificados os seguintes solos na região: argissolo, gleissolos, háplicos, latossolos, neossolos e nitossolos.

Segundo a classificação de Köppen, existem dois tipos de clima na unidade: *Aw – Tropical Úmido* caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual entre 22 e 24°C e precipitação anual de 1500 mm e *Cwa – Mesotérmico de inverno seco*, caracterizado por temperaturas médias anuais inferiores a 22°C, com chuvas típicas de clima tropical de maior ocorrência no verão (CBH-PP, 2010).

3. 2. Mapeamento da Vulnerabilidade

Para o mapeamento e determinação das principais áreas de vulnerabilidade de aquífero, será utilizado o método GOD desenvolvido pelos autores Foster e Hirata (1988). Serão considerados na estimativa da vulnerabilidade o confinamento do aquífero (G), a natureza do material de origem (O) e a profundidade do nível de água (D).

Nesta primeira etapa trabalhada, a partir da base de dados do IG/CETESB/DAEE foi extraído o mapeamento das áreas de vulnerabilidades de aquíferos à poluição desenvolvido por Foster e Hirata (1988) na qual já apresenta a aplicação do método GOD na região.

Visando realizar uma análise da evolução da expansão da cana-de-açúcar na região do Pontal do Paranapanema em áreas de vulnerabilidade, foram utilizados os arquivos *shapefile* da malha de cana-de-açúcar nos anos de 2002, 2007 e 2013 e cruzados com as informações de vulnerabilidade de aquíferos. Essas informações foram obtidas a partir do projeto temático FAPESP BIOEN #2012/23959-9 intitulado “MAPEAMENTO E ANÁLISE DO TERRITÓRIO DO AGROHIDRONEGÓCIO CANAVIEIRO NO PONTAL DO PARANAPANEMA-SÃO PAULO-BRASIL: Relações de trabalho, conflitos e formas de uso da terra e da água, e a saúde ambiental” que já vem levantando dados na temática e possuem um grande banco de dados já levantados.

Uma vez estimadas as áreas mais vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas, é possível associar a elas os riscos relativos às atividades ali desenvolvidas, às pessoas que ali vivem e ao meio ambiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira etapa do trabalho consistiu no mapeamento e quantificação das classes de vulnerabilidade de aquíferos encontradas no Pontal do Paranapanema. Conforme já tratado, para elaboração deste mapeamento foi utilizado à base de dados realizado pelo Instituto Geológico/CETESB/DAEE, na qual apresenta o mapeamento realizado por Foster e Hirata (1988), conforme a Figura 2.

A partir do *software* ArcGis 10, se realizou a contabilização de áreas referente a vulnerabilidade a poluição. Conforme mostrado na Figura 2 bem como a Tabela 1, as classes de vulnerabilidade de aquíferos com maior abrangência é a classe de média vulnerabilidade, apresentando mais de 57% da área total do Pontal do Paranapanema. (Classe de Médio-Alto vulnerabilidade apresentou 15,85% e a classe Médio-Baixo resultou em 41,25% da área total). Em seguida, a classe que apresenta maior expressão na região do Pontal do Paranapanema foi à de baixa vulnerabilidade participando de 20,17% da área de estudo. Por fim, a classe de vulnerabilidade de menor área no Pontal do Paranapanema foi a de alta vulnerabilidade apresentando 18,31% da área do Paranapanema. (Classe Alto/Alto vulnerabilidade apresentou 8,34% e Alto-Baixo vulnerabilidade mostrou 9,97% da área total). Vale lembrar que na região do Pontal do Paranapanema, não apresenta classe de Baixo-Baixo Vulnerabilidade e 4,41% da área não possui uma classificação definida de vulnerabilidade de aquífero.

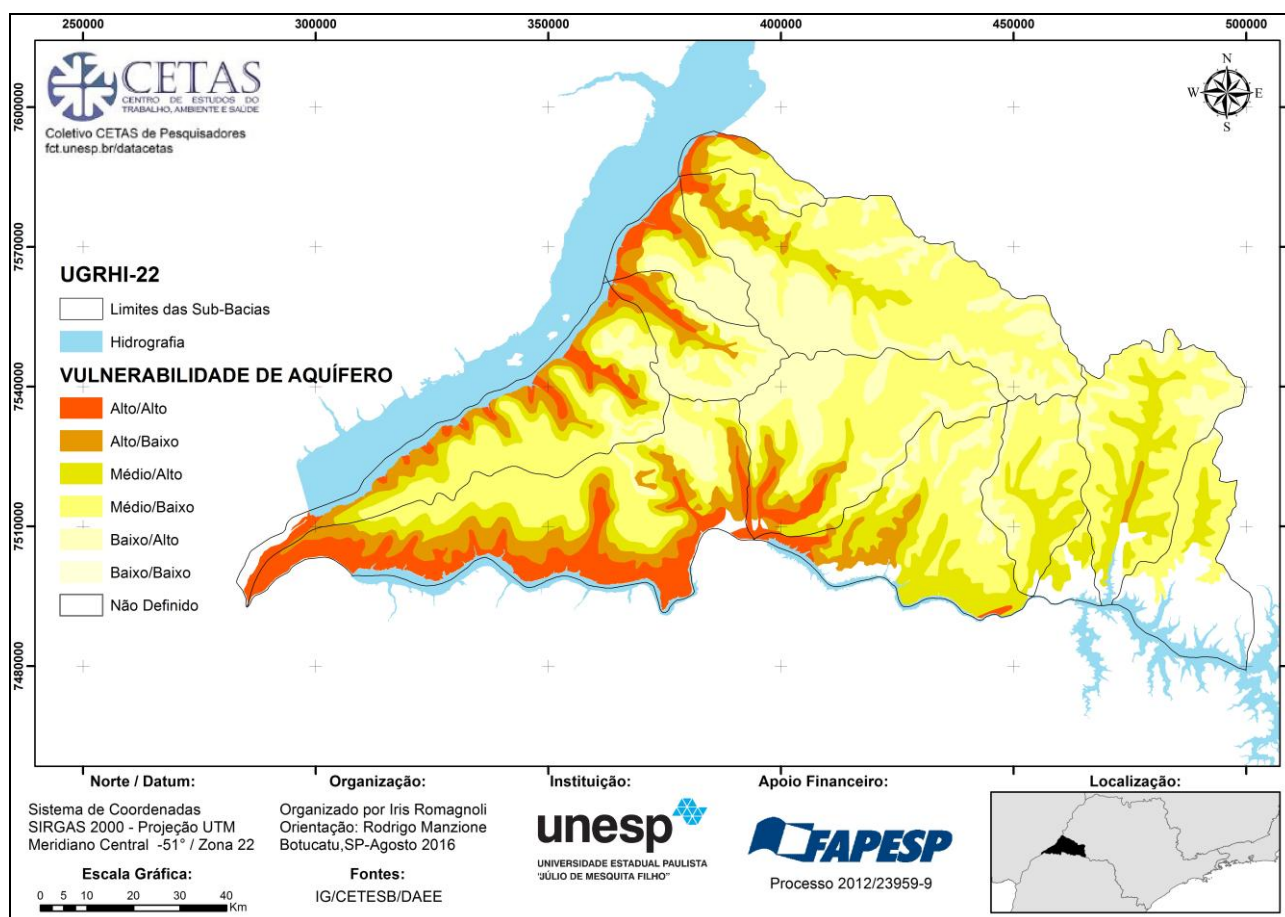


Figura 2: Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas - Pontal do Paranapanema

Tabela 1: Área total por classes de vulnerabilidade do aquífero Bauru-Caiuá no Pontal do Paranapanema

Classe de Vulnerabilidade	Área (Km ²)	%
Alto/Alto	995,01	8,34
Alto/Baixo	1189,22	9,97
Médio/Alto	1890,49	15,85
Médio/Baixo	4919,32	41,25
Baixo/Alto	2404,65	20,17
Baixo/Baixo	0,00	0,00
Não definido	526,08	4,41

A partir do cálculo das áreas que estão sendo desenvolvidos plantios da cultura da cana-de-açúcar nos anos de 2002, 2007 e 2013, foi possível ter um parâmetro da evolução dessa atividade na região (Tabela 2).

Tabela 2: Evolução da área com plantio de cana-de-açúcar na região do Pontal do Paranapanema entre 2002 e 2013.

Anos	Plantio de cana (Km²)
2002	477,33
2007	4064,64
2013	4841,09

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o plantio da cana-de-açúcar teve um acréscimo de mais de 3.000 km² em num período de apenas cinco anos entre 2002 e 2007, ou seja, houve uma ampliação de oito vezes da área de produção de cana-de-açúcar na região, impressionantes 851,53%. Já de 2007 a 2013 teve um aumento superior a 700 km² de cana-de-açúcar, com aumento de 119,10% no período. Entre 2002 e 2013 o aumento percentual foi de 1.014,20%.

Tendo contabilizado a área total de cana-de-açúcar produzida nestes anos, estas informações foram cruzadas com o mapeamento de vulnerabilidade de aquíferos e determinadas as possíveis áreas de risco a poluição do Aquífero Bauru-Caiuá.

Primeiramente foi analisado o cultivo de cana-de-açúcar no ano de 2002. Conforme pode ser observado na Figura 3 e Tabela 3, dos 477,79 km² de produção da cultura na região totalizou-se que 353,71 km² de plantio de cana-de-açúcar se encontram em áreas de média vulnerabilidade, ou seja, 91,69 km² encontram-se em áreas de Médio-Alto vulnerabilidade (19,19%) e 262,02 km² em áreas de Médio-Alto vulnerabilidade (54,85%). Ao que se refere à área de baixa vulnerabilidade, no ano de 2002 foram encontrados 26,22 km² de plantio de cana-de-açúcar em áreas de Baixo-Alto vulnerabilidade (5,48%) e áreas de alta vulnerabilidade se totalizou em 22,28 km² de plantio de cana em áreas passíveis a contaminação.

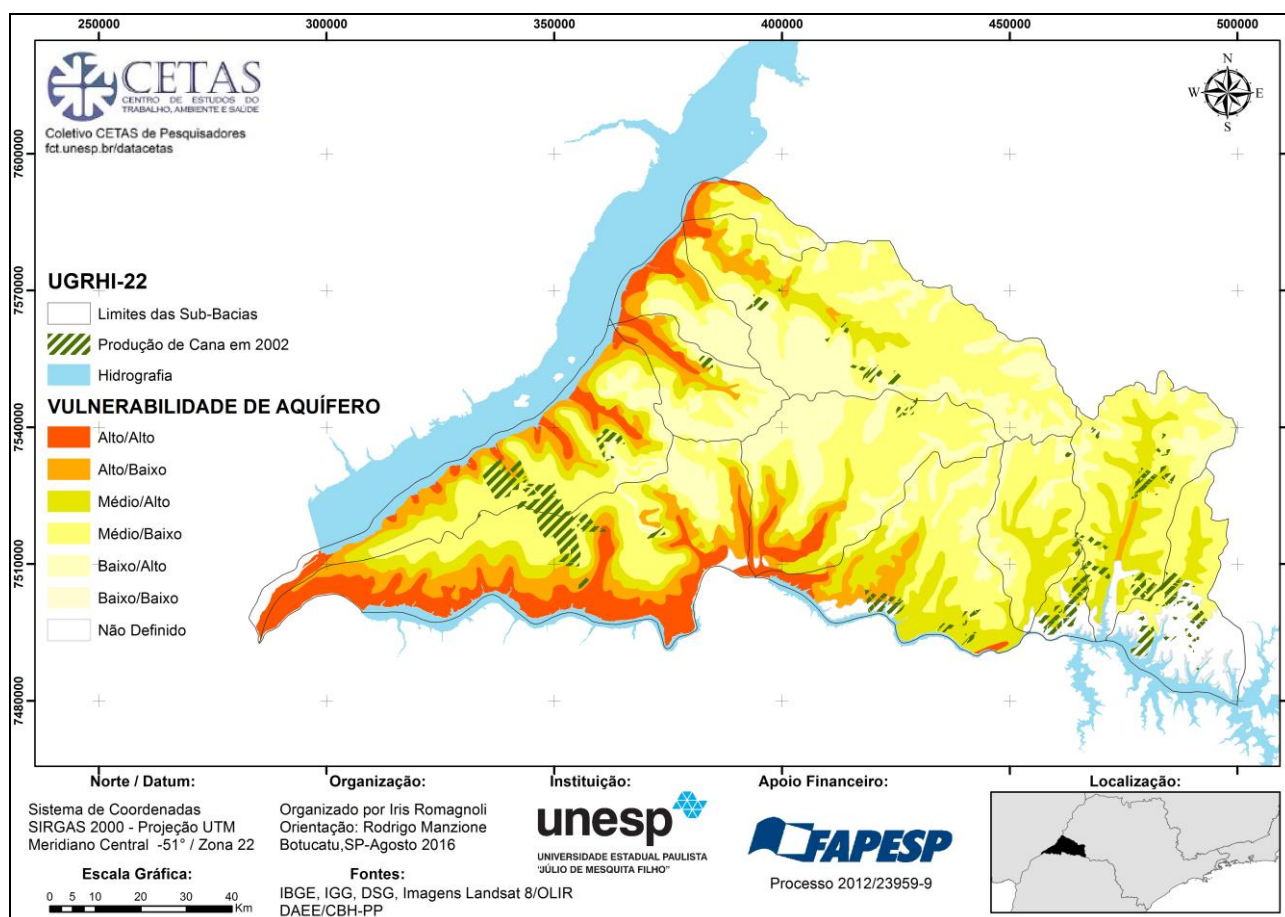


Figura 3: Mapa de vulnerabilidade de aquífero Bauru-Caiuá na UGRHI-22 X área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2002.

Tabela 3: Área ocupada com cana-de-açúcar por classes de vulnerabilidade de aquífero Bauru-Caiuá no ano de 2002 na região do Pontal do Paranapanema.

Classe de Vulnerabilidade	Área (Km ²)	%
Alto/Alto	0,68	0,14
Alto/Baixo	21,6	4,52
Médio/Alto	91,69	19,19
Médio/Baixo	262,02	54,85
Baixo/Alto	26,22	5,48
Baixo/Baixo	0,00	0,00
Não definido	75,46	15,79
Total	477,79	100,00

Para o ano de 2007, foram constatados os seguintes resultados: dos 4.069,72 km² da cultura de cana-de-açúcar, 2.409,54 km² de plantio de cana-de-açúcar encontram-se em áreas de média vulnerabilidade (59,2%), apresentando a classe de Médio/Alto vulnerabilidade uma área de 825,79 km² (20,29%) e a classe de Médio-Baixo áreas de 1.583,74 km² (38,91% da área total). Referente à

classe de baixa vulnerabilidade, foram contabilizados 743,60 km² da cultura (18,27%) e a alta vulnerabilidade apresentou 638,8 km² de plantio de cana-de-açúcar, na qual esta se divide em 228,92 km² em áreas de Alto-Alto vulnerabilidade (5,62%) e 409,88 km² em áreas de Alto-Baixo vulnerabilidade (10,07%).

Figura 4: Mapa de vulnerabilidade de aquífero Bauru-Caiuá na UGRHI-22 X área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2007.

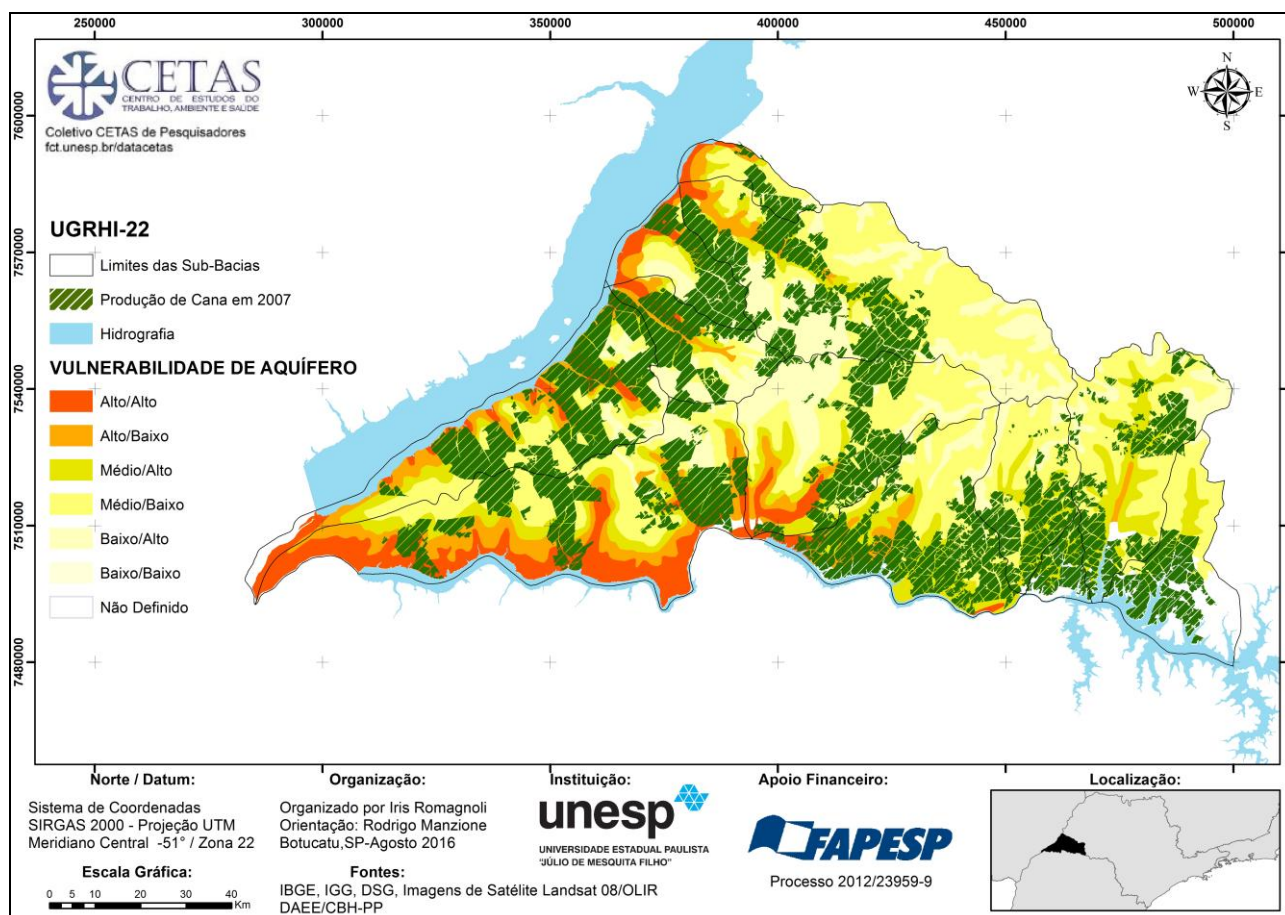


Tabela 4: Área ocupada com cana-de-açúcar por classes de vulnerabilidade de aquífero Bauru-Caiuá no ano de 2007 na região do Pontal do Paranapanema.

Classe de Vulnerabilidade	Área (Km ²)	%
Alto/Alto	228,92	5,62
Alto/Baixo	409,88	10,07
Médio /Alto	825,79	20,29
Médio/Baixo	1583,74	38,91
Baixo/Alto	743,60	18,27
Baixo/Baixo	0,00	0,00
Não Definido	277,81	6,82
Total	4069,72	100,00

Por fim, foi realizada a análise quantitativa das classes de vulnerabilidade de aquíferos no ano de 2013. Segundo a figura 5 e a tabela 5, houve um aumento da área total de produção na cana-de-açúcar na região, bem como um aumento em todas as classes de vulnerabilidade. Comparando com ademais períodos, a classe de média vulnerabilidade ainda apresenta-se com áreas de maior produção, exibindo uma área de aproximadamente 2.910,83 km², ou seja, 60,12% da área total de produção de cana-de-açúcar, na qual se traduz em 976,73 km² em áreas de Médio-Alta vulnerabilidade (20,17%) e 1.934,10 km² de plantio de cana-de-açúcar em áreas classificadas como Médio-Baixo vulnerabilidade (39,95%). Na classe de baixa vulnerabilidade, houve um acréscimo de aproximadamente 168 km² de plantio de cana-de-açúcar, participando de 18,83% da área total registrada no ano de 2013. Conforme registrado na Figura 5 e Tabela 5, regiões de alta vulnerabilidade foram computados 725,30 km² de produção de cana-de-açúcar, referente a aproximadamente 15% da área total produzida em 2013.

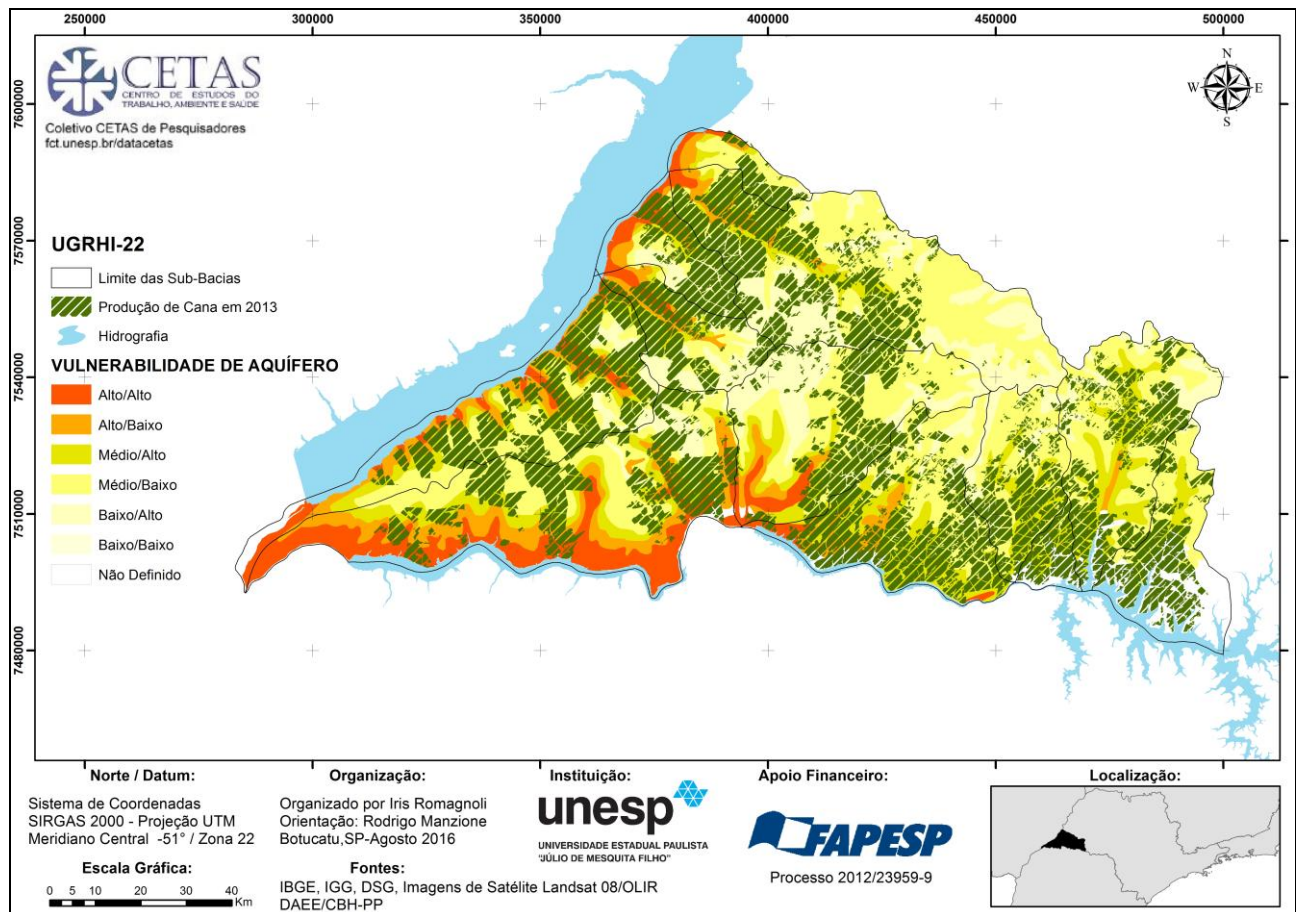


Figura 5: Mapa de vulnerabilidade de aquífero Bauru-Caiuá na UGRHI-22 X área cultivada com cana-de-açúcar no ano de 2013.

Tabela 5: Área ocupada com cana-de-açúcar por classes de vulnerabilidade de aquífero Bauru-Caiuá no ano de 2013 na região do Pontal do Paranapanema.

Classe de Vulnerabilidade	Área (Km²)	%
Alto/Alto	239,51	4,94
Alto/Baixo	485,79	10,03
Médio/Alto	976,73	20,17
Médio/Baixo	1934,10	39,95
Baixo/Alto	911,80	18,83
Baixo/Baixo	0,00	0,00
Não definido	293,14	6,05
Total	4841,09	100,00

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, nota-se que cada vez a malha de cana-de-açúcar tem se desenvolvido rapidamente na região do Pontal do Paranapanema.

Apesar do aumento dos cultivos, as áreas de alta vulnerabilidade têm apresentado menores valores em relação à expansão do cultivo da cana-de-açúcar, mas já totalizam 725,30 km². Ou seja, a cana-de-açúcar já está presente como atividade econômica em 33,20% das áreas de maior fragilidade do aquífero Bauru-Caiuá na UGRHI-22. Assim como as áreas de média vulnerabilidade, uma vez que hoje representam 2.910,83 Km² de plantio de cana-de-açúcar, representando 42,74% de áreas consideradas de média fragilidade das águas subterrâneas no Pontal do Paranapanema.

É importante o monitoramento dessas áreas para evitar conflitos pelo uso da terra e que este perigo de contaminação no futuro possa vir a prejudicar as atividades que ali estão sendo desenvolvidas, o meio ambiente e principalmente as pessoas que ali vivem e utilizam dos recursos hídricos.

5. CONCLUSÕES

Na UGRHI-22, as áreas do Aquífero Bauru-Caiuá encontram-se 18,31% sob alta vulnerabilidade, 57,1% sob média vulnerabilidade e 20,17% sob baixa vulnerabilidade, sendo a classe de média vulnerabilidade predominante no Pontal do Paranapanema. Contudo, destaca-se que 4,41% da área do Pontal do Paranapanema não apresenta classificação de vulnerabilidade de aquífero definida.

Ao que se refere ao cultivo da cana-de-açúcar na região, observa-se uma grande e crescente evolução na área ocupada em um curto período de tempo. Entre os anos de 2002 e 2013, houve um incremento de 4.363,3 km² de cultura de cana-de-açúcar, representando aproximadamente uma produção 10 vezes maior do que o ano de 2002. Na região do Pontal do Paranapanema, nos anos de 2002 os resultados mostraram que 4,66% das áreas se encontravam em alta vulnerabilidade, 74,04%

em área de média vulnerabilidade e 5,48% em áreas determinadas como de baixa vulnerabilidade. Analisando o ano de 2007, o cultivo da cana-de-açúcar esteve presente em 15,69% em áreas de alta vulnerabilidade, 59,2% em áreas de média vulnerabilidade, e 18,27% em baixa vulnerabilidade. Por fim, o ano de 2013 o desenvolvimento do plantio da cultura em áreas de vulnerabilidade foram: 14,97% em áreas de alta vulnerabilidade, 60,12% em áreas de média vulnerabilidade e 18,83% em áreas consideradas de baixa vulnerabilidade a poluição de águas subterrâneas.

Conclui-se que entre 2002 e 2013 houve um aumento de 1.014,2% na área plantada com cana-de-açúcar e que em 2013 a cultura está presente como atividade econômica em 33,22% das áreas de alta fragilidade do aquífero Bauru-Caiuá na UGRHI-22.

AGRADECIMENTOS

À equipe do Projeto FAPESP BIOEN #2012/23959-9 intitulado “MAPEAMENTO E ANÁLISE DO TERRITÓRIO DO AGROHIDRONEGÓCIO CANAVIEIRO NO PONTAL DO PARANAPANEMA-SÃO PAULO-BRASIL: Relações de trabalho, conflitos e formas de uso da terra e da água, e a saúde ambiental” pelo compartilhamento dos dados.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de mestrado concedida.

Ao curso de pós-graduação em Agronomia – área de concentração em Irrigação e Drenagem da UNESP/FCA-Campus de Botucatu pelo apoio.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANASAT/INPE. Monitoramento da cana-de-açúcar. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/index.html>>. Acesso em 29 de janeiro de 2016.

CBH-PP. Comitê das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema. Relatório de Situação de Recursos Hídricos do Pontal do Paranapanema. Presidente Prudente: CBH-PP, 2010.

CRH. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Subsídios para o Encontro Técnico de Águas Subterrâneas: Levantamento das ações e projetos prioritários nos comitês de bacia, com vistas ao Plano Estadual de Recursos Hídricos. Araraquara, 2004. 32p. Relatório Técnico. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7130/dados-comites-aguas-subterraneas.pdf>. Acesso em: 29 de janeiro de 2016.

FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, Lima, Peru. 81 p, 1988.

FOSTER, S. Aquifer pollution vulnerability concept and tools – use, benefits and constraints. In: WITKOWSKI, A. J.; KOWALCZYK, A.; VRBA, J. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping. [s.n].Ed. Londres, Ed. Taylor & Francis Group, 2004, p. 3-9.

LEAL, A. C. Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo. 2000. 299f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Administração e Política de Recursos Minerais) – Inst. de Geociências – UNICAMP, Campinas.

MESTRINHO, S. S. P. Qualidade de Águas Subterrâneas e Hidrogeoquímica para o Agronegócio. In: XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, 2005, Ribeirão Preto. Anais do XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste. Ribeirão Preto: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2005.

MORAES, D. A. C.; SPADOTTO, C. A. Estimativas de concentrações de glyphosate e AMPA em água subterrânea em cenário crítico e comparação com padrões de potabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GLYPHOSATE, 3, 2011, Botucatu. Trabalhos científicos... Botucatu: FEPAF, 2011. p. 393-395.

NOBRE, R. C. M. Avaliação de Risco para o uso e proteção de aquíferos. Estudo de caso: região metropolitana de Maceió-AL. 2006. 296 f. Tese (Doutorado em Engenharia – Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro.

RABELLO, D. Campesinato e Agrohidronegócio Canavieiro no Pontal do Paranapanema: *Os desafios para a transição Agroecológica*. 2014. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

SILVA, F. P.; KIANG C. H.; CHANG M. R. C. Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, v. 19, n. 2, p. 19-36, 2005.

SPADOTTO, C. A.; MORAES, D. A. C.; BALLARIN, A. W.; FILHO, J. L.; COLENCI, R. A. ARAQUÁ: Software para Avaliação de Risco Ambiental de Agrotóxico. 1ª Ed. Campinas: Embrapa; 2010. 15 p.

THOMAZ JUNIOR, A. O agrohídronegócio no centro das disputas territoriais e de classes no Brasil no século XXI. CAMPO-TERRITÓRIO: Revista Agrária, v. 5, n. 10, p. 92 – 122, 2010.