



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

VULNERABILIDADE E RISCO DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE CASCAVEL - PR

*Vinicius Borges*¹; *Gustavo Athayde*²; *Pedro Reginato*³; *Tuane Dutra*⁴

Resumo – Neste trabalho foi apresentado um estudo sobre o mapeamento da vulnerabilidade natural e risco de contaminação das águas subterrâneas no município de Cascavel – PR. Para avaliação da vulnerabilidade foi utilizado o método DRASTIC e para determinar o potencial de contaminação foi utilizado o sistema POSH. O risco de contaminação foi obtido a partir da interação entre vulnerabilidade e potencial de contaminação. Os resultados de vulnerabilidade pelo método DRASTIC indicaram ocorrência de classe baixa (1,23%), moderada (84,06%) e elevada (14,71%). Para o risco de contaminação foram identificadas as seguintes classes: reduzido (5,33%), moderado (4,95%) e elevado (89,71%). Já o método GOD apresentou ocorrência de classes de vulnerabilidade baixa (78,51%), moderada (1,37%), elevada (10,95%) e muito elevada (9,17%) e risco baixo (5,16%), médio (74,33%) e alto (20,51%). A alta ocorrência de risco elevado de contaminação associada ao previsto crescimento da demanda hídrica no município nos próximos anos indicam a necessidade imediata de implantação de medidas de proteção das águas subterrâneas no município, visando prevenir problemas futuros de qualidade da água.

Palavras-Chave – DRASTIC; POSH; risco de contaminação.

GROUNDWATER VULNERABILITY AND CONTAMINATION RISK IN CASCAVEL, PARANÁ

Abstract – This paper presents the study and mapping of groundwater natural vulnerability and contamination risk in Cascavel – PR. The evaluation of natural vulnerability was performed by the DRASTIC method, and the potential do contamination by POSH method. The contamination risk was obtained from the interaction of vulnerability and potential to contamination. Three classes of vulnerability were identified by the DRASTIC method: low (1,23%), moderate (84,06%) and high (14,71%). Regarding the contamination risk, three classes were obtained: low (5,33%), moderate (4,95%) and high (89,71%). GOD method presented the following classes of vulnerability: low (78,51%), moderate (1,37%), high (10,95%) and very high (9,17%); and risk: low (5,16%), moderate (74,33%) and high (20,51%). The high occurrence of high risk suggests that groundwater protection actions are necessary to prevent water quality issues in the future. For validating the results presented in this paper, chemical analyses of groundwater are necessary. Besides, for better detail results, vulnerability mapping in an appropriate scale is needed.

Keywords – DRASTIC; POSH; contamination risk.

¹ Afiliação: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH - UFRGS, viniciuborges@ymail.com

² Afiliação: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH - UFRGS, gustavo.athayde@ufrgs.br

³ Afiliação: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH - UFRGS, pedro.reginato@ufrgs.br

⁴ Afiliação: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH - UFRGS, tuanehidrica@gmail.com



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

INTRODUÇÃO

O município de Cascavel, localizado no oeste do Paraná, possui uma população de 316.226 habitantes conforme a estimativa do IBGE para o ano de 2015 e é um dos mais populosos do estado. Possui porções territoriais localizadas nas bacias Paraná 3, Iguaçu e Piquiri. Localiza-se a uma altitude de 781 metros e possui área de 2.100,831 km². Dentre as principais atividades econômicas no município, destacam-se o agronegócio e o comércio.

O abastecimento de água no município é realizado pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), sendo que, 74% provém de águas superficiais e 26% de águas subterrâneas, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017). Toda água subterrânea distribuída no município é proveniente do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). O SASG possui grande importância para o estado do Paraná, uma vez que contribui com 55% do volume de água subterrânea tratada e distribuída pela SANEPAR. Ocorre aflorante no estado em uma área de aproximadamente 109.000 km², abrangendo importantes municípios como Cascavel, Campo Mourão, Foz do Iguaçu, Londrina e Maringá.

Em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial e expansão agrícola, os aquíferos estão cada vez mais expostos à poluição, prejudicando a qualidade das águas subterrâneas. Assim, surge a necessidade de se adotar medidas de proteção dos aquíferos. A avaliação da vulnerabilidade natural e do risco de contaminação à contaminação das águas subterrâneas subsidiar e orientar as medidas de proteção.

A vulnerabilidade natural à contaminação é definida por Foster e Hirata (1988) como a sensibilidade de um aquífero de ser negativamente afetado por uma carga contaminante aplicada na superfície em função de suas características intrínsecas. Essas características estão relacionadas à inacessibilidade hidráulica da zona saturada e a capacidade de atenuação dos estratos de cobertura, devido à retenção dos contaminantes no solo.

Já o risco de contaminação depende não só da vulnerabilidade, mas, também da existência de cargas poluentes capazes de adentrar no meio subterrâneo. É possível que exista um aquífero com alta vulnerabilidade, mas sem risco de contaminação, devido à ausência de carga poluente (LOBO FERREIRA e CABRAL, 1991). Portanto, o risco é causado não apenas pelas características intrínsecas do aquífero, mas também por atividades humanas poluidoras.

Tendo em vista que as águas subterrâneas são exploradas de forma intensa no município de Cascavel e considerando as potenciais fontes de contaminação decorrentes da intensa urbanização e atividades agrícolas e industriais, este trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade natural e risco de contaminação das águas subterrâneas nesta região e realizar uma análise preliminar da demanda hídrica no município, visando subsidiar as primeiras medidas de proteção aos aquíferos.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

MATERIAIS E MÉTODOS

Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação das águas subterrâneas

O mapa de vulnerabilidade para o município de Cascavel foi obtido do mapa de vulnerabilidade natural à contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral no estado do Paraná, elaborado por Borges (2017), na escala 1:600.000, através dos métodos DRASTIC e GOD.

O método DRASTIC, desenvolvido por Aller *et al.* (1987), baseia-se na soma ponderada de sete parâmetros: nível estático (D), recarga, litologia do aquífero (A), solo (S), topografia (T), zona vadosa (I) e condutividade hidráulica (C). Para cada um é atribuído um índice que pode variar de 1 a 10 e um peso que pode variar de 1 a 5. O índice final pode variar entre 23 e 230, podendo indicar vulnerabilidade baixa (< 120), moderada (120 a 159), elevada (160 a 199) ou muito elevada (> 199) das águas subterrâneas. Quanto maior este índice, maior o grau de vulnerabilidade natural do aquífero.

O método GOD (FOSTER E HIRATA, 1988) por sua vez, é baseado em apenas três parâmetros: grau de confinamento do aquífero (G), ocorrência de estratos de cobertura (O) e nível estático (D). Para cada parâmetro é atribuído um valor que pode variar de 0 a 1 e o mapa de vulnerabilidade é obtido através da multiplicação deles.

No mapeamento da vulnerabilidade realizado por Borges (2017), adaptações foram feitas no método DRASTIC nos parâmetros A (Meio Aquífero), em que foi utilizada a densidade de lineamentos; I (Impacto da Zona Vadosa), em que foi avaliada a aptidão dos solos para disposição de resíduos sólidos; e C (Condutividade Hidráulica), em que foram utilizados valores de transmissividade. Estas adaptações tiveram como objetivo adequar o método à avaliação da vulnerabilidade em aquíferos fraturados. No método GOD, adaptações foram realizadas no parâmetro O, em que foi considerado o tipo de solo. O mapa de vulnerabilidade do município de Cascavel foi extraído deste mapa através de ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Avaliação do potencial e risco de contaminação das águas subterrâneas

Para a avaliação do potencial de contaminação das águas subterrâneas, foi utilizado o método POSH (Pollutant Origin, Surchage Hydraulically), proposto por Foster *et al.*, (2002), que se baseia na origem do poluente e sua sobrecarga hidráulica. O método considera as fontes pontuais e difusas de contaminação e produz três níveis qualitativos de potencial de contaminação: reduzido, moderado e elevado.

Neste trabalho foram consideradas apenas as fontes difusas de contaminação. A classificação das fontes difusas de contaminação segundo o sistema POSH é apresentado na Tabela 1.

O mapeamento do uso do solo no município foi realizado mediante identificação de imagens de satélite (Google Earth). Três classes foram identificadas: cobertura florestal, urbanização e agricultura. Em regiões de cobertura florestal, foi atribuído potencial reduzido de contaminação.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

Tabela 1: classificação das fontes difusas de contaminação segundo o sistema POSH

POTENCIAL DE CARGA CONTAMINANTE	FONTE DE CONTAMINAÇÃO	
	Saneamento <i>in situ</i>	Práticas agrícolas
Elevado	Cobertura de rede de esgoto inferior a 25% e densidade populacional superior a 100 pessoas/há	Culturas comerciais intensivas, geralmente monoculturas em solos bem drenados, em climas úmidos ou com baixa eficiência de irrigação, pasto intensivo em campos intensamente fertilizados
Moderado	Intermediário entre elevado e reduzido	
Reduzido	Cobertura de rede de esgoto superior a 75% e densidade populacional inferior a 550 pessoas/há	Rotação de culturas, terra para pasto extensivo, sistema de cultivo ecológico, plantações com alta eficiência de irrigação em regiões áridas e semiáridas

Com relação ao saneamento, o município de Cascavel apresenta excelentes índices, posicionando-se em 11º lugar no ranking do saneamento de acordo com o Instituto Trata Brasil (2015). No ano de 2015, o atendimento de água potável chegou a 99,98%, a coleta de esgotos a 93,26% com 89,57% do esgoto tratado. Entretanto, o município apresenta intensa urbanização, atividades comerciais e industriais. Portanto, para a área urbanizada do município, foi atribuído potencial de contaminação moderado. Os municípios que pertencem microrregião de Cascavel possuem como principal eixo econômico a agricultura, com destaque a produção de grãos, principalmente milho e soja. Os defensivos agrícolas, incluindo herbicidas, inseticidas e fungicidas são intensamente utilizados na região (COSMANN e DRUNKLER, 2012). Considerando a natureza das práticas agrícolas adotadas na região e o intenso uso de agrotóxicos, para regiões de cultivo foi atribuído potencial de contaminação elevado.

O risco de contaminação das águas subterrâneas em um determinado local pode ser determinado a partir da interação entre a vulnerabilidade natural do aquífero (depende das características intrínsecas do aquífero) e o potencial de contaminação (resultado de atividades humanas). Portanto, o mapa de risco de contaminação foi obtido através da sobreposição dos mapas de vulnerabilidade e de potencial de contaminação (uso do solo). A classificação do risco de contaminação foi realizada conforme matriz da Tabela 2.

Tabela 2: Risco de contaminação das águas subterrâneas (Adaptado de Foster *et al.*, 2002).

POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO	VULNERABILIDADE NATURAL À CONTAMINAÇÃO		
	Baixa	Moderada	Elevada/muito elevada
Reduzido	3	3	2
Moderado	2	2	1
Elevado	2	1	1

Risco de contaminação: 1 = alto 2 = médio 3 = baixo



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

Análise preliminar da demanda

Esta análise preliminar foi realizada a partir da interpretação de projeção populacional pelo IPARDES (2016) e situação atual da demanda no município conforme o Atlas de Abastecimento Urbano de Água da ANA (2017).

RESULTADOS

O mapa de vulnerabilidade natural, uso do solo (sobrepосто) e risco de contaminação do município de Cascavel são apresentados na Figura 1. Os resultados em função do percentual da área são apresentados na Tabela 3.

Sobrepосто a estes mapas são apresentados o uso do solo e a localização de poços cadastrados no banco de dados do SIAGAS (2017). O total de poços é de 883, sendo que a maioria (53%) está concentrada na zona urbana.

Quanto à demanda, projeções populacionais para o ano de 2030 pelo IPARDES (2016) preveem um acréscimo de 15,2% com relação a estimada no ano de 2015. O diagnóstico da ANA relativo a situação do abastecimento de água no município no ano de 2015 indica que o sistema requer novo manancial.

Tabela 3: Vulnerabilidade, potencial e risco de contaminação em função do percentual da área de estudo

DRASTIC			GOD		
GRAU	% DA ÁREA	ÁREA (KM²)	GRAU	% DA ÁREA	ÁREA (KM²)
Vulnerabilidade			Vulnerabilidade		
Baixa	1,23%	25,81	Baixa	78,51%	1648,63
Moderada	84,06%	1765,96	Moderada	1,37%	28,87
Elevada	14,71%	309,05	Elevada	10,95%	229,93
Muito elevada	0%	0	Muito elevada	9,17	192,57
Potencial de contaminação			Potencial de contaminação		
Reduzido	6,01%	126,32	Reduzido	6,01%	126,32
Moderado	3,59%	75,4	Moderado	3,59%	75,4
Elevado	90,40%	1899,11	Elevado	90,40%	1899,11
Risco de contaminação			Risco de contaminação		
Baixo	5,33%	112,03	Baixo	5,16%	112,03
Médio	4,95%	104,05	Médio	74,33%	104,05
Alto	89,71%	1884,75	Alto	20,51%	1884,75

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

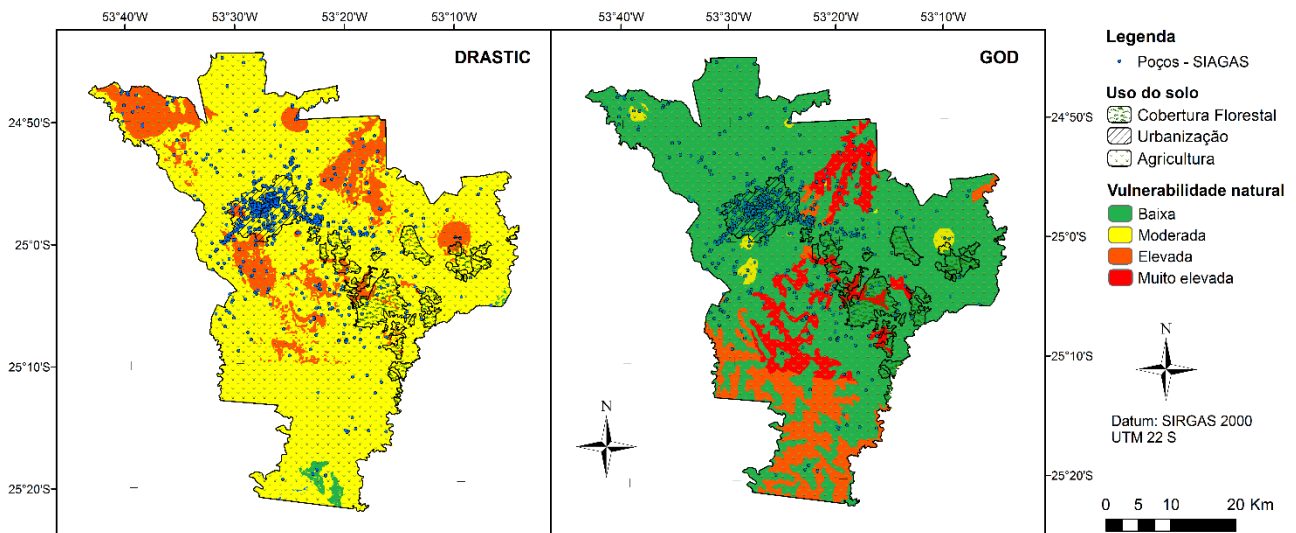


Figura 1: Mapas de vulnerabilidade pelos métodos DRASTIC e GOD no município de Cascavel

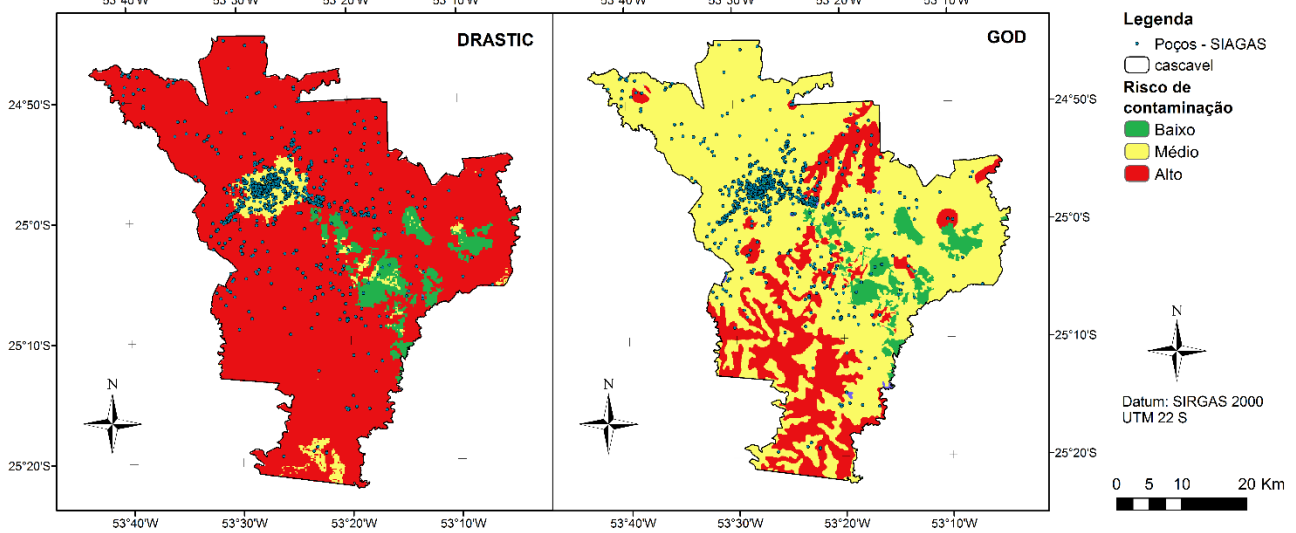


Figura 2: Risco de contaminação das águas subterrâneas no município de Cascavel

DISCUSSÃO

Pelo método DRASTIC, o município de Cascavel apresentou na maior parte da sua área vulnerabilidade moderada (84,06%). O método GOD, por sua vez, apresentou vulnerabilidade baixa em 78,51% da área. Este valor elevado de ocorrência de uma única classe de vulnerabilidade em ambos os métodos decorre principalmente do fato de a área de estudo envolver apenas um tipo aquífero (SASG), não apresentando, portanto, variedade hidrogeológica significativa. Apesar de o método GOD ter apresentado regiões de vulnerabilidade muito elevada, o método DRASTIC se mostrou, de modo geral, mais restritivo, o que é refletido no mapa de risco de contaminação.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

Uma grande parcela do município apresenta elevado potencial de contaminação. Isso ocorreu em função ao peso atribuído às áreas agrícolas, que foram consideradas em sua totalidade como regiões de elevado potencial devido ao uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas. Esta generalização pode não ser verdadeira se for constatada a existência de áreas agrícolas onde o uso de agrotóxicos não é intensivo. Além disso, este potencial em áreas urbanas foi considerado como moderado devido às boas condições de saneamento, entretanto, a existência de distritos industriais pode representar elevado potencial de contaminação no meio urbano. Além disso, uma grande concentração de fontes pontuais (postos de gasolina, cemitérios, indústrias e etc.) pode apresentar comportamento de fonte difusa de contaminação. Estes fatores não foram considerados neste trabalho, portanto, estudos de maior detalhe são necessários.

O mapa de vulnerabilidade pelo método GOD apresentou zonas de vulnerabilidade muito elevada em áreas agrícolas, o que pode constituir de um cenário de elevado risco de contaminação por agrotóxicos. A elevada ocorrência de vulnerabilidade moderada apresentada pelo método DRASTIC associada ao elevado potencial de contaminação resultou numa alta ocorrência de risco elevado de contaminação. Baixo risco de contaminação foi identificado apenas em áreas de remanescentes florestais e de reflorestamento por ambos os métodos. Apesar deste estudo não fornecer um mapeamento detalhado do risco, os resultados aqui apresentados são úteis pois podem subsidiar tomadas de decisão preliminares e/ou estudos mais detalhados da área.

Considerações sobre a gestão das águas subterrâneas no município

Conforme apresentado nas Figuras 1 e 2, existe grande quantidade de poços perfurados no município, num total de 883, sendo que a maioria (53%) está concentrada na zona urbana. Apesar das boas condições de saneamento apresentadas pelo município, a grande quantidade de poços, especialmente aqueles construídos fora dos padrões e os inativos podem caracterizar um cenário de elevado potencial de contaminação das águas subterrâneas. Considerando o alto risco de contaminação detectados neste estudo e a grande quantidade de poços existentes no município, medidas de prevenção à poluição das águas subterrâneas são necessárias e devem contemplar prioritariamente as regiões de alto risco de contaminação. Estas medidas envolvem, principalmente, delimitação dos perímetros de proteção dos poços e restrição do uso e ocupação do solo. Além disso, é fundamental o aumento da fiscalização, visando identificar poços abandonados ou construídos fora do padrão. A implantação de sistemas de monitoramento das águas subterrâneas também pode ser uma ferramenta eficaz no controle da contaminação.

As projeções populacionais e o diagnóstico atual da demanda no indicam que haverá aumento na demanda hídrica, resultando na necessidade de ampliação dos sistemas de abastecimento, tanto superficiais quanto subterrâneos. Portanto, novas fontes de abastecimento serão necessárias nos próximos anos, e como consequência, a perfuração de novos poços tubulares. O elevado risco de contaminação associado a um crescimento na demanda hídrica e ao grande número de poços já perfurados no município remetem a um cenário de urgente necessidade de uma gestão adequada das águas subterrâneas. Atualmente o município de Cascavel não dispõe de legislação específica para o cadastramento de poços, apesar de quase 30% do seu abastecimento depender de águas subterrâneas.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

CONCLUSÃO

Através deste estudo, foi constatada a existência de regiões com elevado risco de contaminação das águas subterrâneas no município de Cascavel. Apesar do método DRASTIC ter sido mais restritivo, ambos apresentaram ocorrência de regiões com alta vulnerabilidade. Estes indícios apontam para a necessidade de se tomar medidas de proteção das águas subterrâneas, haja vista que o município não dispõe de legislação específica para as águas subterrâneas e possui uma estimativa de aumento da demanda hídrica, em relação a já existente. Entretanto, estudos mais detalhados são necessários para melhor representar a heterogeneidade dos fatores relacionados à vulnerabilidade natural e potencial de contaminação no município.

REFERÊNCIAS

- ALLER, L.; LEHR, J. H.; PETTY, R. (1987). DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. U.S Environmental Protection Agency, Oklahoma, 662 p.
- ANA, Agência Nacional de Águas. Atlas de Abastecimento Urbano de Água. Disponível em: < <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx> >. Acesso em 16 de janeiro de 2016.
- BORGES, V. M (2017). Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Contaminação do Sistema Aquífero Serra Geral no Paraná. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- COSMANN, N. J.; DRUNKLER, D. A. (2012). Agrotóxicos Utilizados nas Culturas de Milho e Soja em Cascavel-PR. *Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia* 2(6), pp 15 -32.
- FOSTER, S. S.; HIRATA, R (1988). Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. *Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS)*. Lima, Peru, 1988.
- FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M (2002). Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: Um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Edição Brasileira Sevmar – Serviços Técnicos Ambientais LTDA, 114 p.
- IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Projeção da População Total dos Municípios do Paraná para o Período de 2016 – 2030 – Alguns Resultados. Disponível em: < <http://www.ipardes.pr.gov.br> >. Acesso em 16 de janeiro de 2017.
- LOBO-FERREIRA, J.P. e CABRAL, M. (1991). Proposal for an Operational Definition of Vulnerability for the European Community's Atlas of Groundwater Resources. *In Meeting of the European Institute for Water, Groundwater Work Group* Brussels.
- SIAGAS, Sistema de Informação de Águas Subterrâneas. Disponível em: < <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/> >. Acesso em 16 de janeiro de 2017.