

MÉTODO DRASTIC: UMA PROPOSTA DE ESCALA PARA NORMATIZAÇÃO DOS ÍNDICES FINAIS DE VULNERABILIDADE

Homero Reis de Melo Junior¹

RESUMO - O presente artigo apresenta uma proposta de escala para os intervalos de vulnerabilidade das águas subterrâneas obtidos através do método DRASTIC (Aller *et al.*, 1987). Os limites mínimos e máximos de vulnerabilidade são 26 e 226, estabelecidos pelos parâmetros utilizados pelos autores e correspondem à vulnerabilidade incipiente e extrema. A escala proposta neste trabalho infere como baixa vulnerabilidade os índices entre 26 e 71, média vulnerabilidade valores entre 71 e 126, alta vulnerabilidade o intervalo entre 126 e 180, sendo considerada muito alta vulnerabilidade os limites identificados entre 180 e 226.

ABSTRACT – This article presents a groundwater vulnerability scale for maps obtained throughout DRASTIC method developed by Aller *et al.* (1987). The highest and smallest values established by DRASTIC model are 26 and 226, which corresponds to incipient to extreme vulnerability indexes. The proposal scale consider low vulnerability limits the indexes 26 to 71, intermediary vulnerability values reaching from 71 to 126 limits, high vulnerability indexes from 126 to 180 and very high vulnerability indexes reaching from 180 to 226.

Palavras-Chave – Escala, vulnerabilidade, método DRASTIC.

¹ CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Av. Lauro Sodré 2561 CEP: 78904-300 Porto Velho (RO). Fone: 69 3901-3700
homero@pv.cprm.gov.br

1. Introdução

Os primeiros conceitos a respeito da vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas surgiram na literatura no final dos anos 60 e início da década de 70 através de Albinet & Margat (1970), que estabeleceram a vulnerabilidade de um aquífero como “a possibilidade de percolação e difusão de contaminantes da superfície do solo até o nível freático sob condições naturais”. Em seguida, inúmeros autores definiram este parâmetro, a exemplo de Olmer & Rezác, Vrána, Palmquist, Villumsen *et al.* (*apud* Vrba & Zoporozec 1994), Foster (1987), Adams & Foster (1992), considerando ainda os aspectos quantitativos das águas subterrâneas; no entanto, o conceito de vulnerabilidade ainda é ambíguo até os dias atuais.

Desde então, mapas de vulnerabilidade vêm sendo amplamente utilizados, com o objetivo de proteger tanto áreas onde a atividade antrópica ainda é pouco expressiva e o potencial para exploração das águas subterrâneas é elevado, como em áreas densamente povoadas e com intensas atividades de risco. Diante de diversos métodos de mapeamento existentes, como GOD (Foster & Hirata, 1988), DRASTIC (Aller *et al.*, 1987), AVI (Van Stempvoort *et al.*, 1992), SI (Francés *et al.*, 2001), EPPNA (1998) e SINTACS (Civita, 1994), diversos autores a exemplo de Artuso *et al.* (2002), Melo Junior (2002) e Lobo Ferreira e Oliveira (2004), compararam alguns métodos, com o objetivo de identificar valores aproximados de vulnerabilidade entre si, para tornar a linguagem dos mapas universal, ou seja, uma tradução do que um índice final de vulnerabilidade obtido através do método DRASTIC representava no modelo AVI.

No entanto, pelo fato de cada método apresentar parâmetros específicos, e, somente em alguns casos, coincidentes entre si, a exemplo da profundidade do nível estático e dos tipos de sedimentos da zona não saturada, se torna pouco confiável uma comparação mais precisa entre vários métodos, devido, aos demais fatores que compreendem cada modelo. Seguindo esta linha de raciocínio e devido ao número de autores e de usuários em potencial dos mapas de vulnerabilidade, Lobo-Ferreira & Cabral (1991) sugeriram que um índice unificado de vulnerabilidade fosse adotado no *ranking* de vulnerabilidade de todos os mapas da União Européia (UE). Seria uma padronização, similar aquela adotada nos Estados Unidos, Canadá e África do Sul, que utilizam o Índice DRASTIC, desenvolvido por Aller *et al.* (1987) para a Agência Ambiental dos EUA.

Desta forma, o método DRASTIC, delineado por Aller *et al.* (1987), apesar de utilizar um elevado número de parâmetros, apresenta maior confiabilidade aos índices de vulnerabilidade finais obtidos, o que é corroborado pelo grande número de autores que aplicaram o método, como Melo Junior (2002), Lobo Ferreira e Oliveira (2004), Stigter *et al.* (2005), Babiker *et al.* (2005), Nobre

(2006), Melo Junior e Kozersky (2008). Por este motivo, se apresenta neste trabalho uma escala de vulnerabilidade para ser adotada pelos usuários do método DRASTIC, definindo os níveis de vulnerabilidade negligente, baixo, moderado, alto e muito alto; com o objetivo de facilitar entendimento deste tipo de mapa temático para o mais variado número de usuários possível.

1. Análise do Problema

A adoção de uma escala para definir o grau de vulnerabilidade das águas subterrâneas vem se mostrando como uma ferramenta facilitadora, para o entendimento de mapas de vulnerabilidade, a exemplo do que foi descrito por Foster e Hirata (1988) para o método GOD. Administradores municipais, o público em geral e até mesmo geólogos e hidrogeólogos conseguem visualizar e diferenciar de forma muito mais clara e concisa uma região com alta vulnerabilidade, ilustrada no mapa com a coloração vermelha e outra de baixa vulnerabilidade, amarela; do que mapas com áreas hachuradas e os intervalos com os valores de vulnerabilidade estabelecidos em cada área. Mapas sem escala de vulnerabilidade, apesar de apresentarem de forma clara as áreas que possuem maior e menor vulnerabilidade da região enfocada; no entanto, se tornam ineficientes quando se busca entender se o valor de vulnerabilidade elevada apresentada naquele produto é um índice realmente alto quando comparado a outras regiões do país e do mundo. Entretanto, Aller *et al.* (1987) trataram especificamente deste tema, durante o desenvolvimento do método, com a seguinte argumentação: *“O ponto culminante de avaliação de qualquer ambiente hidrogeológico é um valor numérico denominado índice DRASTIC. Quanto maior o índice DRASTIC maior é o potencial de poluição das águas subterrâneas. O DRASTIC é delineado para fornecer um valor numérico relativo, o qual pode ser diretamente comparado a um valor obtido em outro ambiente na mesma região, ou em uma região diferente. Um valor numérico de 160, por exemplo, não possui significado intrínseco. Este número possui valor somente quando comparado a outro número gerado pelo mesmo índice DRASTIC”*². Porém, de maneira prática, infelizmente este índice final de vulnerabilidade DRASTIC gera conflitos, uma vez que, os usuários não conseguem identificar de imediato em um mapa, quais as áreas onde atividades antrópicas com maior complexidade e risco devem ser evitadas, isto por quê, a grande maioria das regiões estudadas apresentam valores diferenciados de vulnerabilidade e a utilização de um número sem significado intrínseco pode acarretar muitos erros. Por exemplo, em uma região onde os índices de vulnerabilidade final DRASTIC variem entre os valores 52 e 112 fica evidente no mapa as áreas onde o risco de contaminação é maior, no entanto, será que o maior

² ALLER, L., BENNET, T., LEHR, J. H. & PETTY, R. J. 1987. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. United States Environmental Protection Agency. EPA/600/2-85/018. pg. 29.

índice de vulnerabilidade obtido nesta região é realmente alto? Será que atividades com moderado risco ambiental como saneamento unifamiliar ou instalação de garagens e estacionamentos não podem ser exercidas nesta área?

Considerando-se que, um produto cartográfico representado em um mapa, é um produto subjetivo, baseado em dados objetivos produzido com base na sensibilidade de seus autores em relação aos parâmetros enfocados; se nota que, apesar de amplamente divulgado e utilizado mundialmente, o método DRASTIC algumas vezes apresenta incompreensão e má interpretação de seus índices finais, em decorrência da ausência de uma escala que defina a vulnerabilidade intrínseca de uma região. Este fato pode ser observado em trabalhos de autores como Babiker *et al.* (2005), Nobre (2006) e Lobo Ferreira e Oliveira (2004), que divergem em relação à escala final de vulnerabilidade para os índices DRASTIC.

2. Descrição da metodologia DRASTIC

A grande maioria dos autores que utilizaram o método DRASTIC para gerar mapas de vulnerabilidade descreveu detalhadamente a metodologia, com seus respectivos pesos e cargas, como Melo Junior (2002), Stigter *et al.* (2006) e Nobre (2006). Uma vez que o presente trabalho é uma proposta de escala de vulnerabilidade para o método, mais uma vez se faz necessário o detalhamento dos parâmetros hidrogeológicos utilizados no índice DRASTIC, com seus valores convertidos para o Sistema Internacional de Medidas.

Para cada índice intermediário DRASTIC, Aller *et al.* (1987) determinaram um peso relativo que varia entre 1 e 5 (Tabela 1), sendo o peso 5 inferido para o fator mais significativo e 1 para o menos importante. Esses pesos são uma constante e não podem ser mudados. Existe ainda um segundo peso atribuído ao uso de pesticidas agrícolas, que, no entanto, não compreende o objetivo da presente proposta.

Tabela 1- Pesos inferidos para os fatores DRASTIC

FATOR DRASTIC	PESO
Profundidade da Água	5
Recarga	4
Meio Aquífero	3
Solo	2
Topografia	1

Impacto da Zona Vadosa	5
Condutividade Hidráulica	3

De acordo com a metodologia, cada fator é avaliado em relação a outro, a fim de determinar o significado relativo de cada parâmetro com respeito ao potencial de contaminação. Com base em gráficos, a cada fator DRASTIC é inferida uma pontuação que varia entre 1 a 10 (Tabelas 2 a 8). Para os fatores D, R, S, T e C foram atribuídos valores específicos. Por sua vez, os fatores A e I, possuem seus valores atribuídos de acordo com os diversos ambientes hidrogeológicos identificados.

Esse sistema permite ao usuário determinar um valor numérico para cada ambiente hidrogeológico, utilizando um modelo aditivo. A equação para determinar o índice final DRASTIC é, portanto:

$$\text{Índice DRASTIC} = D_p D_c + R_p R_c + A_p A_c + S_p S_c + T_p T_c + I_p I_c + C_p C_c \quad (1)$$

onde: D_p , R_p , A_p , S_p , T_p , I_p , C_p correspondem aos pesos dos fatores DRASTIC que não podem ser modificados, enquanto que:

D_c , R_c , A_c , S_c , T_c , I_c , C_c correspondem aos fatores de carga das variáveis nos seus respectivos intervalos de ocorrência, cujo valor varia de acordo com o nível identificado pelo usuário do método.

Tabela 2- Profundidade do nível da água e respectivos valores.

Profundidade (m)	Valor Atribuído (D_c)
0 – 1.5	10
1.5 – 4.5	9
4.5 – 9.0	7
9.0 – 15.0	5
15.0 – 22.5	3
22.5 – 30.0	2
> 30.0	1
Peso: 5	

Tabela 3 - Taxas de infiltração (recarga) e seus respectivos valores (Rc).

Taxa de infiltração (mm/ano)	Valor Atribuído
< 51	1
51 – 102	3
102 – 178	6
178 – 254	8
> 254	9
Peso: 4 (Rp)	

Tabela 4 - Litotipos que compõem o aquífero e seus respectivos valores (Ac).

Litotipo	Valor Atribuído	Valor Médio Adotado
Folhelho maciço	1 – 3	2
Ígneas/metamórficas	2 – 5	3
Ígneas/metamórficas intemperizadas	3 – 5	4
Till glacial	4 – 6	5
Arenito acamadado, calcário e folhelho seqüencial	5 – 9	6
Arenito maciço	4 – 9	6
Calcário maciço	4 – 9	6
Areia e cascalho	4 – 9	8
Basalto	2 – 10	9
Calcário cárstico	9 – 10	10
Peso: 3 (Ap)		

Tabela 5 - Tipos de solo e seus respectivos valores (Sc).

Tipo de solo	Valor Atribuído
Fino ou ausente	10
Cascalho	10
Arenoso	9
Turfoso	8
Argila agregada e/ou contraída	7

Marga arenosa	6
Marga	5
Silte margoso	4
Argila margosa	3
Lixo/esterco	2
Argila desagregada e não expansível	1
Peso: 2 (Sp)	

Tabela 6 - Inclinação do relevo e seus respectivos valores (Tc).

Inclinação do relevo (%)	Valor Atribuído
0 – 1	10
1 – 6	9
6 – 12	5
12 – 18	3
> 18	1
Peso: 1 (Tp)	

Tabela 7 - litotipos que constituem a zona vadosa e seus respectivos valores (Ic).

Zona vadosa	Valor Atribuído	Valor Médio Atribuído
Camada confinante	1	1
Silte/argila	2 – 6	3
folhelho	2 – 5	3
Calcário	2 – 7	6
Arenito	4 – 8	6
Calcário acamadado, arenito, folhelho	4 – 8	6
Areia e cascalho com significante silte e argila	4 – 8	6
Ígneas/metamórficas	2 – 8	4
Areia e cascalho	6 – 9	8

Basalto	2 – 10	9
Calcário cárstico	8 – 10	10
Peso: 5 (Ip)		

Tabela 8 - Condutividade hidráulica e seus respectivos valores (Cc).

Condutividade Hidráulica (m/dia)	Valor Atribuído
0 – 4,1	1
4,1 – 12,2	2
12,2 – 28,5	4
28,5 – 40,7	6
40,7 – 81,5	8
> 81,5	10
Peso: 3 (Cp)	

A tabela 9, por sua vez, produzida por Barbiker *et al.* (2005) ilustra os valores máximos, mínimos e médios com os desvios padrões de todas as cargas variáveis “c” atribuídas aos índices individuais DRASTIC.

Tabela 9 – Resumo estatístico dos parâmetros DRASTIC (modificado de Barbiker *et al.*, 2005).

	D _c	R _c	A _c	S _c	T _c	I _c	C _c
Mínimo	1	8	2	1	1	2	1
Máximo	7	9	8	10	10	8	10
Médio	4	9	4	5	6	5	5
Desvio Padrão	2	1	3	3	4	2	3
Coefficiente de Variação (%)	50	11,1	75	60	66,7	40	60

3. Escala de vulnerabilidade para os Índices Finais DRASTIC

Conforme os valores apresentados nas tabelas 2 a 8, os índices finais DRASTIC podem variar entre 26 e 226, representando valores de vulnerabilidade nula (incipiente) a extrema, respectivamente. Desta forma, através da multiplicação entre os pesos dos índices intermediários (constantes) DRASTIC e as cargas individuais (variáveis) de cada parâmetro, de acordo com a fórmula 1 (Índice DRASTIC = D_pD_c+R_pR_c+A_pA_c+S_pS_c+T_pT_c+I_pI_c+C_pC_c), foram geradas as tabelas 10 a 14, que apresentam os pesos e as cargas mínimas, intermediárias e máximas, utilizadas para a obtenção do Índice Final DRASTIC; sendo responsáveis também, pela composição da escala de vulnerabilidade aqui proposta.

Após se multiplicar os pesos constantes dos índices intermediários pelas cargas mínimas propostas por Aller *et al.* (1987) se obteve a coluna com o índice 1 na tabela 10, que ao serem somados geraram o Índice Final DRASTIC¹. Conforme ilustra a tabela 10, o Índice Final

DRASTIC¹ obtido foi o número intrínseco 26, o que, segundo o método e a proposta apresentada, corresponde a valores de vulnerabilidade incipiente.

Tabela 10 – Pesos e cargas dos parâmetros DRASTIC que geraram índices de vulnerabilidade incipientes

Vulnerabilidade Incipiente			
Parâmetros	Pesos	Cargas	Índice 1
D	5	1	5
R	4	1	4
A	3	2	6
S	2	1	2
T	1	1	1
I	5	1	5
C	3	1	3
Índice Final DRASTIC ¹ 26			

A tabela 11, por sua vez, apresenta os valores atribuídos para as cargas variáveis DRASTIC, consideradas pouco expressivas, uma vez que, para índices com forte peso no modelo, como os parâmetros “D” e “C” foram atribuídos valores 3 e 2, respectivamente. Desta vez, o valor intrínseco 71 foi obtido para o Índice Final DRASTIC², correspondente, portanto, ao limite dos valores de vulnerabilidade considerados baixos.

Tabela 11 – Pesos e cargas dos parâmetros DRASTIC que geraram índices de vulnerabilidade baixos

Vulnerabilidade Baixa			
Parâmetros	Pesos	Cargas	Índice 2
D	5	3	15
R	4	3	12
A	3	4	12
S	2	4	8
T	1	3	3
I	5	3	15
C	3	2	6
Índice Final DRASTIC ² 71			

Em seguida, os valores intermediários apresentados por Aller *et al.* (1987) para as cargas de elementos como os índices “D” e “I” foram 5 e 6, respectivamente, que quando somados aos demais índices ilustrados na tabela 12, caracterizam ambientes hidrogeológicos com vulnerabilidade média, uma vez que, o Índice Final Drastic³ obtido foi 126.

Tabela 12 – Pesos e cargas dos parâmetros DRASTIC que geraram índices de vulnerabilidade médios.

Vulnerabilidade Média			
Parâmetros	Pesos	Cargas	Índice 3
D	5	5	25
R	4	6	24
A	3	6	18
S	2	6	12
T	1	5	5
I	5	6	30
C	3	4	12
Índice Final DRASTIC ³ 126			

A partir do Índice Final Drastic³, as cargas impostas por Aller *et al.* (1987) para os parâmetros investigados se aproximam dos valores máximos propostos pelos autores, conforme ilustra a tabela 13, sendo que a soma de todos seus índices gerou o Índice Final Drastic⁴, cujo valor numérico de 180, corresponde ao limite de ambientes cuja vulnerabilidade das águas subterrâneas é considerada alta.

Tabela 13 – Pesos e cargas dos parâmetros DRASTIC que geraram índices de vulnerabilidade altos.

Vulnerabilidade Alta			
Parâmetros	Pesos	Cargas	Índice 4
D	5	7	35
R	4	8	32
A	3	8	24
S	2	8	16
T	1	9	9
I	5	8	40
C	3	8	24
Índice Final DRASTIC ⁴ 180			

Por fim, através das cargas máximas dos parâmetros utilizados no modelo DRASTIC, conforme apresentado na tabela 14, foi obtido o índice máximo permitido pelo método, que corresponde ao valor 226 e é característico de ambientes hidrogeológicos cuja vulnerabilidade das águas subterrâneas é muito alta.

Tabela 14 – Pesos e cargas dos parâmetros DRASTIC que geraram índices de vulnerabilidade muito altos.

Vulnerabilidade Muito Alta			
Parâmetros	Pesos	Cargas	Índice 5
D	5	10	50
R	4	9	36
A	3	10	30
S	2	10	20
T	1	10	10
I	5	10	50
C	3	10	30
Índice Final DRASTIC ⁵ 226			

Com base nas tabelas 10 a 14, que foram produzidas a partir dos valores das cargas variáveis dos parâmetros DRASTIC propostas por Aller *et al.* (1987) se formulou a escala de vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas, conforme apresentado na figura 1. A escala proposta acompanha a tabela de cores apresentada por Struckmeier & Margat (1995) cujos valores de baixa vulnerabilidade são representados pela cor verde oliva claro; vulnerabilidade média pela cor amarela, alta vulnerabilidade com coloração rosa e vulnerabilidade muito alta representada por vermelho alaranjado.

De acordo com a escala de vulnerabilidade proposta e representada pela figura 1, os valores limite de vulnerabilidade 26 e 226 representam índices de vulnerabilidade incipiente e extrema, respectivamente. Entre este intervalo, valores de vulnerabilidade obtidos entre 26 e 71 são considerados baixos; entre 71 a 126 a vulnerabilidade é média; entre 126 e 180 a vulnerabilidade é considerada alta; e, valores localizados entre 180 e 226 representam uma vulnerabilidade muito alta.

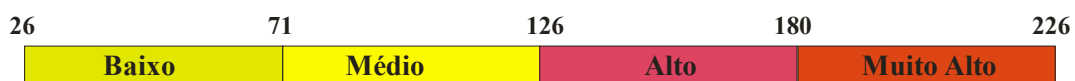


Figura 1 – Escala de vulnerabilidade intrínseca com seus respectivos intervalos propostos para usuários do método DRASTIC, com base nas cargas variáveis determinadas por Aller *et al.*(1987).

4. Conclusões

Mapas de vulnerabilidade tem se apresentado como as ferramentas mais apropriadas para a proteção das águas subterrâneas, por este motivo, diversos métodos foram desenvolvidos nas últimas décadas, sendo o modelo DRASTIC desenvolvido por Aller *et al.* (1987) amplamente aplicado nos cinco continentes. No entanto, a ambigüidade existente no método devido aos valores de vulnerabilidade em uma determinada área não representarem, especificamente, índices de baixa a alta vulnerabilidade gera erros e má interpretação dos índices finais DRASTIC. A adoção de uma escala com intervalos de baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade de acordo com a proposta apresentada neste trabalho facilita o entendimento do mapa por profissionais das mais diversas áreas, inclusive geólogos e hidrogeólogos, além dos tomadores de decisão locais. Esta escala permite ainda a unificação da classificação dos índices de vulnerabilidade, evitando que valores intrínsecos sejam mal interpretados por autores variados, permitindo que, os mapas gerados a partir de então sejam correlacionados entre si mais claramente.

5. Referência Bibliográfica

ADAMS, B. & FOSTER, S. 1992. Land-surface zoning for groundwater protection. Journal Institution of Water and Environmental Management, n.6, 312-320p.

ALBINET, M. & MARGAT, J. 1970. Cartographie de la vulnerabilite a la pollution des nappes d'eau souterraine. Bull BRGM 2me Series 3(4):13-22.

ALLER, L.; BENNET, T.; LEHR, J. H. & PETTY, R. J. 1987. DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. United States Environmental Protection Agency. EPA/600/2-85/018. pg. 29.

ARTUSO, E.; OLIVEIRA, M. M. & LOBO FERREIRA, J. P. 2002 Assessment of groundwater vulnerability to pollution using six different methods: AVI, GOD, DRASTIC, SI, EPPNA and SINTACS. Application to the Évora Aquifer, LNEC, Rel. 184/02-GIAS.

BABIKER, I. S.; MOHAMED A.A. MOHAMED; HIYAMA T. & KATO, K. 2005. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, Central Japan. Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601, Japan.

CIVITA, M. 1994. Le Carte della vulnerabilità degli acquiferi all inquinamento: Teoria e pratica. Pitágora Editrice, Bologna.

EPPNA, M. 1998. Informação cartográfica dos planos de bacia. Sistematização de figuras e cartas a imprimir em papel. Equipa de projecto do plano nacional da água, 29 p.

FOSTER, S. 1987. Fundamental concept in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. "Vulnerability of soil and groundwater to pollution" (Nordwijk, The Netherlands, April 1987).

FOSTER, S. & HIRATA, R. C. A. 1988. Groundwater pollution risk assessment: a methodology based on available data. CEPIS/PAHO Technical Report. Lima, Peru.

FRANCÈS, A., PARALTA, E., FERNANDES J. & RIBEIRO, L. 2001. Development and application in the Alentejo region of a method to assess the vulnerability of groundwater to diffuse agriculture pollution: The Susceptibility Index. Lisboa, Geosystem Center IST, Third International Conference on Future Groundwater Resources at Risk.

LOBO FERREIRA, J. P. & OLIVEIRA, M. M. 2004. Groundwater vulnerability assessment in Portugal. Geofísica Internacional. Vol. 43, n. 4, pp. 541-550.

MELO JUNIOR, H. R. 2002. Mapeamento da vulnerabilidade e análise de risco de contaminação como instrumentos de proteção das águas subterrâneas em áreas industriais: Caso da ALBRAS, Barcarena – PA. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. Dissertação de Mestrado, 154 p.

MELO JUNIOR, H. R. & KOZERSKY, G. R. 2008. Caracterização hidrogeológica e mapeamento da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas em um aterro sanitário na Amazônia Ocidental: estudo de caso de Ariquemes, Rondônia. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - CABAS. Natal, R.N. CD-ROM.

STIGTER, T. Y.; RIBEIRO, L. & DILL CARVALHO, A. M. M. 2006. Evaluation of an intrinsic and specific vulnerability assessment method in comparison with groundwater salinisation and nitrate contamination levels in two agricultural regions in the South of Portugal. *Hidrogeology Journal*. Vol. 14, n. 1-2, pp. 79-99.

STRUCKMEIER, W. F. & MARGAT, J. 1995. Hydrogeological maps: A guide and standard legend. *International Association of Hydrogeologists*. V. 17, 177 p.

VAN STEMPOORT, D. , EWERT, L. & WASSENAAR, L. 1992. AVI: A method for groundwater protection mapping in the Prairie Provinces of Canada. PPWD Pilot Project. Groundwater and Contaminants Project, Environmental Sciences Division, National Hydrology Research Institute.

VRBA, J. & ZAPOROZEC, A. 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. *International Association of Hydrogeologists*. Verlag Heinz Heise, v.16. 131p.