

RECURSOS HÍDRICOS

VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS DO MUNICÍPIO DE CACOAL-RO: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD

Weliton Teixeira da Cruz – welitoneiteixeira74@gmail.com
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Claudinei Domingos Cassimiro – claudinei.domingoseng@gmail.com
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Gabriel Freire Paes – paesfreire@gmail.com
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Nara Luísa Reis de Andrade – naraluisar@gmail.com
Fundação Universidade Federal de Rondônia

Resumo: Por ser um componente indispensável à vida, a água é um elemento que vem sendo amplamente discutido nas suas diferentes fases. Não obstante, as águas subterrâneas, devido ao seu caráter estratégico, têm sido vastamente estudadas, principalmente no que se refere à vulnerabilidade de aquíferos. Mediante a isso, o presente trabalho teve por objetivo utilizar a metodologia GOD para a obtenção do grau de vulnerabilidade natural do aquífero na cidade de Cacoal-RO, utilizando como base uma amostragem de 10 poços. Para a aplicação da metodologia, foram utilizados dados de grau de confinamento, litologia no perfil do nível estático e a distância até o lençol freático que podem ser obtidos na plataforma do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Na região estudada foi possível observar que o aquífero é predominantemente do tipo confinado, com um total de sete poços, o que está relacionado a uma menor vulnerabilidade dos mesmos. Para a região dos poços de números 3 e 10, sendo eles de solo arenoso, tem-se que aquela parte do aquífero seja mais vulnerável à contaminação, com valor em torno de 0,56. Essa condição faz com que o processo de infiltração seja facilitado, justificando maior vulnerabilidade. Os valores de vulnerabilidade encontrados foram influenciados principalmente pela variação da camada litológica, visto que o tipo de aquífero e o nível estático receberam valores próximos.

Palavras-Chave: Poluição, Subterrânea, Recursos hídricos, Nível freático, Litologia.

1. INTRODUÇÃO

Por ser um componente indispensável à vida, a água é um elemento que vem sendo amplamente discutido nas suas diferentes fases. Não obstante, as águas subterrâneas são vastamente estudadas, principalmente no que se refere à vulnerabilidade de aquíferos. A contaminação dos aquíferos tem sido observada e estudada para que se tenha uma boa gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

As águas subterrâneas respondem a cerca de 14,16% de água doce, sendo que grande parcela no que se refere ao abastecimento e utilização da mesma. (OLIVEIRA, 2012). Sendo utilizada para vários fins, como abastecimento industrial e residencial, irrigação de lavouras, criação de gados, entre outros, sendo de suma importância à vida, porém não é dada a atenção devida à proteção das mesmas (CAMPONOGARA *et al.*, 2005).

Mediante a esses e outros fatores, as águas subterrâneas devem ser preservadas para que haja uma maior quantidade e qualidade da mesma, se fazendo necessária à sua proteção aos problemas de contaminação.

A vulnerabilidade natural, ou seja, à contaminação do aquífero, é o conjunto de características intrínsecas que determinam a sua susceptibilidade a ser eventualmente afetado por uma carga contaminante (FOSTER *et al.*, 2002). Segundo Barros (2014), estes estudos surgem como ferramenta de monitoramento e apoio técnico no que se refere nas tomadas de decisões e proteção das águas subterrâneas. Essa técnica de mapeamento de aquíferos é o primeiro passo para a avaliação da contaminação da água subterrânea e de sua proteção, que pode ser utilizado em escala municipal ou estadual (FOSTER *et al.*, 2006).

Essa análise depende de suas propriedades físicas do aquífero, assim como de sua sensibilidade a impactos naturais ou antrópicos. A vulnerabilidade baseia-se na ideia que o aquífero oferece certo grau de proteção às águas subterrâneas contra a contaminação, mas essa proteção pode ser alta ou nenhuma (GUIGUER & KOHNKE, 2002).

Dentre os métodos para determinação de vulnerabilidade de aquífero podemos mencionar o método DRASTIC, (D= Profundidade da zona não saturada, R= Recarga do aquífero, A= Material do aquífero, S= Tipo de solo, T= Topografia, I= Influência da zona vadosa e C= Condutividade hidráulica do aquífero); o método AVI (*Aquifer Vulnerability Index*) ; o método GOD (G = grau de confinamento hidráulico da água subterrânea; O = ocorrência de estratos litológicos; D = profundidade do nível d'água subterrânea); entre outros (ALLER *et al.*, 1985 *apud* BOS, 2012; FOSTER & HIRATA, 1988; ROMEIRO, 2014).

Mediante a isso, o presente trabalho teve por objetivo utilizar a metodologia GOD para a obtenção do grau de vulnerabilidade natural do aquífero na cidade de Cacoal-RO.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O município de Cacoal está localizado no Estado de Rondônia, na porção Centro-Leste do Estado, a uma distância de 400 km de Porto Velho, capital do Estado, na mesorregião do Leste Rondoniense, fazendo fronteira com Presidente Médici, Pimenta Bueno, Espigão d'Oeste, Rolim de Moura e Castanheiras (Figura 1).

Segundo a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, Localiza-se na bacia do rio Ji-Paraná, inserido no domínio da região Amazônica. Segundo Koppen, a classificação do clima da região é do tipo AM, que é clima de monção, com média de 24°C. A vegetação é de transição, passando de floresta aberta para savana.

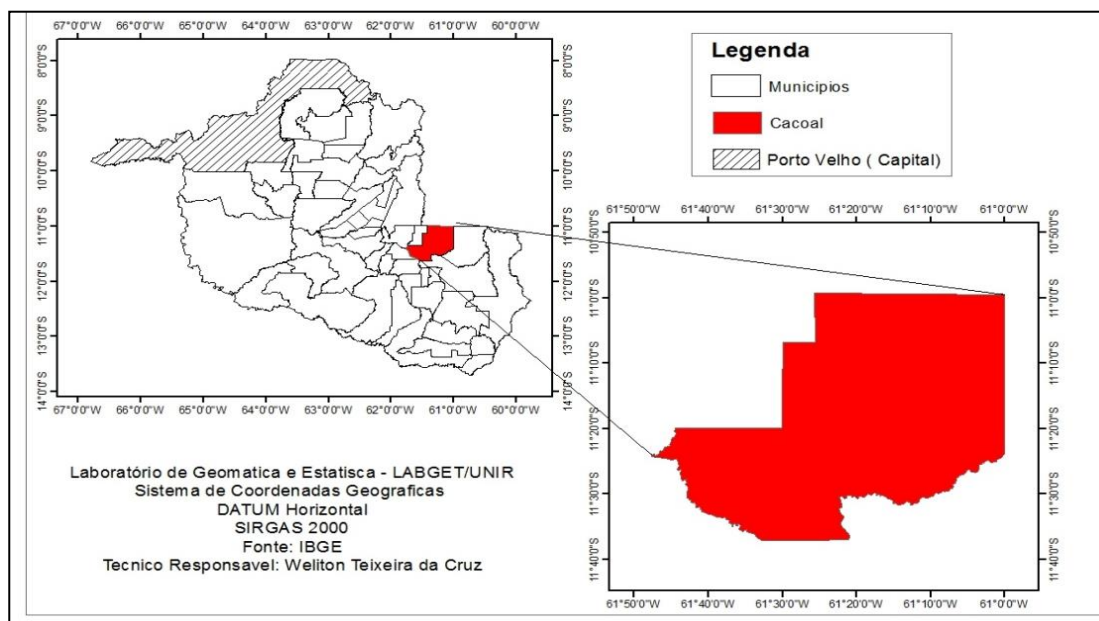


Figura 1- Localização do município de Cacoal – RO.

2.2 Metodologia GOD

No presente estudo, para realização da análise da vulnerabilidade natural de aquífero, foi empregada a metodologia GOD, proposta por Foster e Hirata (1988), que leva em consideração a avaliação de três parâmetros: o tipo de aquífero (G), que varia de acordo com o grau de confinamento, tendo grande correlação com o grau de vulnerabilidade, podendo admitir valores de 0 a 1. Litologia (O), o solo e a litologia situada acima da zona saturada do aquífero condicionam o tempo de deslocamento de contaminantes e vários processos de sua atenuação. Cada tipo de solo tem sua capacidade de atenuação. A ocorrência de estratos litológicos pode ter valores de 0,3 a 1. O último parâmetro a ser analisado é a Profundidade da Água no Aquífero (D), que corresponde a profundidade do aquífero, sendo a distância que o contaminante terá de percorrer para alcançar a zona saturada do aquífero. A Profundidade ou nível estático pode assumir valores de 0,4 a 1 (TERRA *et al.*, 2013).

Mediante a isso, o índice de vulnerabilidade natural é dado pela multiplicação dos parâmetros e pode ser considerado insignificante (valores de 0 a 0,1), baixa (0,1 a 0,3), média (0,3 a 0,5), alta (0,5 a 0,7) e extrema (0,7 a 1,0) (FOSTER & HIRATA, 1988).

Esse método é amplamente utilizado pela sua facilidade de aplicação e pelo fácil acesso das informações necessárias para que possa ser realizado o estudo. Vale ressaltar que esse método é utilizado apenas para se obter a vulnerabilidade natural do aquífero, sem levar em consideração o tipo de contaminação que possa estar acontecendo (SANTOS *et al.*, 2013).

A Figura 2 mostra o esquema e os valores de cada parâmetro, utilizado no cálculo da vulnerabilidade pela metodologia GOD.

Para a aplicação da metodologia, os dados de grau de confinamento, litologia no perfil do nível estático e a distância até o lençol freático foram obtidos na plataforma do Sistemas de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).

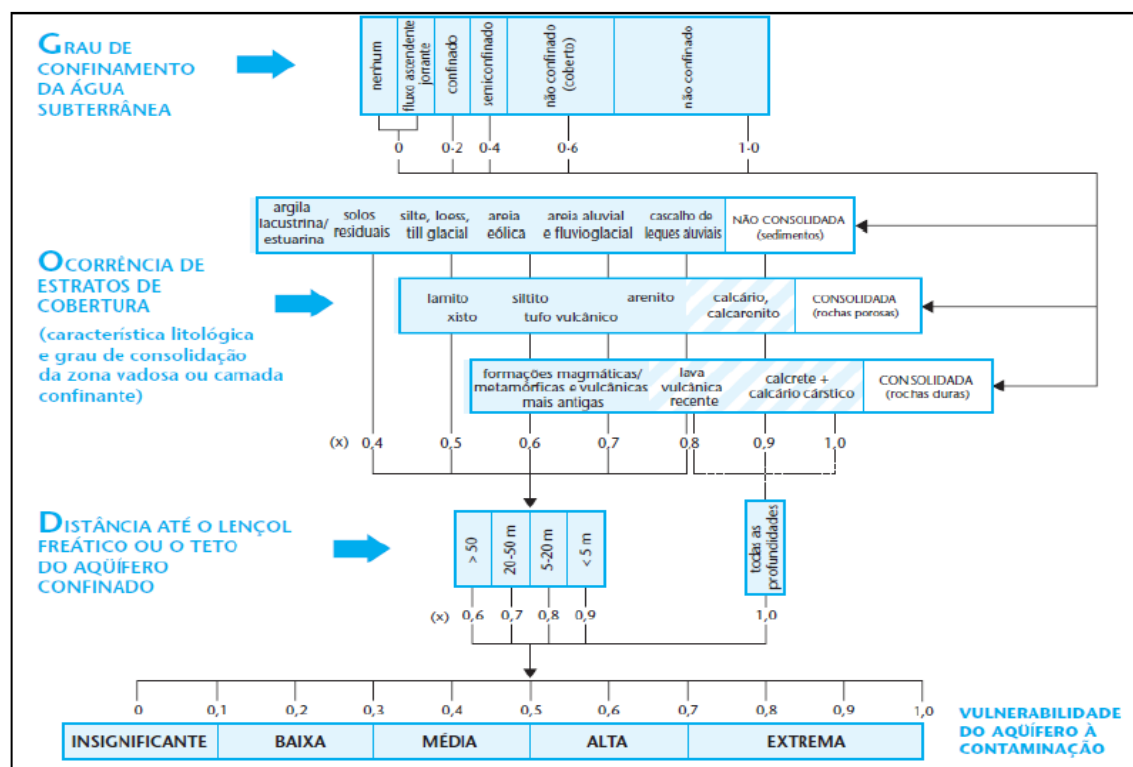


Figura 2- Diagrama explicativo da metodologia GOD.

Fonte: Foster e Hirata (2002)

Levantamento preliminar ao estudo indicou que o município de Cacoal-RO possui 52 poços cadastrados (SIAGAS), contudo, somente 10 poços apresentaram os dados necessários para a aplicação da metodologia, sendo os mesmos utilizados na geração do mapa de interpolação.

Os dados dos 10 poços, coletados no SIAGAS, foram computados em uma planilha do Excel (Tabela 1), os valores finais da metodologia foram dados pela multiplicação dos parâmetros individuais. Posteriormente os pontos de cada poço foram espacializados no ArcGis 10.2 e foi realizada a interpolação dos mesmos utilizando o método da Ponderação do Inverso da Distância (IDW), disponibilizada pela extensão *Spatial Analyst*, assim como realizado por Nicochelli *et al.* (2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de vulnerabilidade natural do aquífero determinada pela metodologia GOD estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1- Aplicação da metodologia GOD

Poços	Coordenadas Geográficas		Tipo de Aquífero	Litologia	Nível Estático (m)	VALORES			Vulnerabilidade
	X	Y				G	O	D	
1	61,18	11,24	Confinado	Argila	21	0,2	0,4	0,7	0,056
2	61,40	11,28	Confinado	Argila	7	0,2	0,4	0,8	0,064
3	61,46	11,43	Não Confinado	Arenoso	13	1	0,7	0,8	0,56
4	61,44	11,43	Não Confinado	Areia Fina	8	1	0,6	0,8	0,48
5	61,43	11,44	Confinado	Argila	28	0,2	0,4	0,8	0,064
6	61,40	11,22	Confinado	Argila	10	0,2	0,4	0,8	0,064
7	61,37	11,23	Confinado	Argila	12	0,2	0,4	0,8	0,064
8	61,46	11,43	Confinado	Arenito	18	0,2	0,8	0,8	0,128
9	61,29	11,25	Confinado	Argila	28	0,2	0,4	0,7	0,126
10	61,49	11,44	Não Confinado	Arenoso	15	1	0,7	0,8	0,56

Na região estudada foi possível observar que o aquífero é predominantemente do tipo confinado, totalizando de sete dos 10 poços observados, o que condiciona a uma menor vulnerabilidade dos mesmos.

Com relação ao valor empregado para a litologia, foram considerados os valores das tipologias de texturas e/ou solo e rocha presente na camada vadosa, que é a camada localizada acima do nível freático de cada poço, onde predominou uma maior camada argilosa, adquirindo valores de 0,4. Nos poços com presença de sedimentos de arenito, admitiu-se valores de 0,6 a 0,8. No que se refere aos valores de distância até do nível d'água os valores obtidos foram de 0,7 e 0,8.

O Grau de confinamento hidráulico do aquífero é o primeiro parâmetro a ser analisado para aplicação do método GOD, de acordo com o SIAGAS, pode adotar-se os valores de 0,2 e 1, sendo esses, confinados e não confinados, respectivamente.

A interpolação final foi realizada a partir do valor de vulnerabilidade de cada poço e a partir desses valores o interpolador fez uma estimativa para todo aquífero da área estudada, representado na Figura 3.

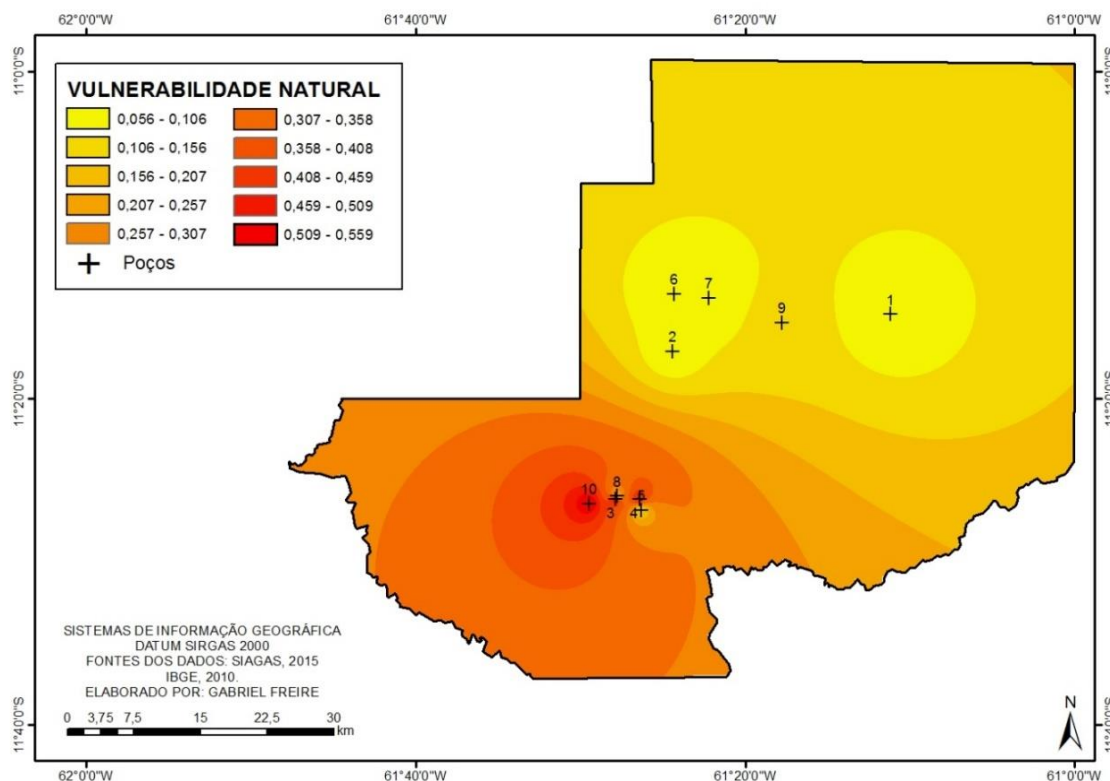
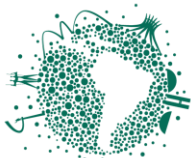


Figura 3 - Mapa da Vulnerabilidade do Aquífero Estudado.

A tipologia do solo vai ser um fator predominante na definição da vulnerabilidade, no qual os mesmos são solos arenosos. Essa condição faz com que o processo de infiltração seja facilitado, o que pode justificar um maior valor da vulnerabilidade. Os níveis estáticos dos poços variaram de 7 a 28 metros. Poços mais rasos tendem a determinar uma maior vulnerabilidade e recebem valores mais altos de acordo com a metodologia adotada.

De acordo com a Figura 3, foi observado que o valor da vulnerabilidade do aquífero varia de insignificante até alta significância de vulnerabilidade. De um modo geral, observou-se que os valores de vulnerabilidade encontrados foram influenciados principalmente pela variação da camada litológica, visto que o tipo de aquífero e o nível estático apresentam características semelhantes entre eles.

Observando a Figura 3, cerca de 50% dos poços são insignificantes, onde Barros (2014) observou que 47,22% do aquífero possui insignificância. Nesse contexto constatou-se que 20% dos poços são de baixa significância, 10% de média significância e 20% dos poços possuem alta significância, onde Barros (2014) encontrou 38,89% dos poços com média significância e 13,89% de alta significância.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia é imprescindível para determinar a vulnerabilidade dos aquíferos, onde pode ajudar os municípios a gerirem os recursos hídricos, assim como o uso e cobertura do solo na área urbana no que se refere ao lançamento de esgotos, onde podem representar risco à saúde (SANTOS *et al.*, 2013).

A metodologia é simples comparada com os outros métodos de estimativa de vulnerabilidade de aquíferos, onde consistindo apenas em um estudo preliminar da área, sendo necessário que se realize estudos complementares para se obter uma melhor resposta.

Essa metodologia consistiu em uma coleta reduzida do número de dados, no qual apresentam grande relevância e coerência, permitindo a obtenção de um melhor resultado.

A cartografia de vulnerabilidade de aquíferos foi obtida através de técnicas de geoprocessamento, instrumentos estes que podem ser empregados como ferramenta auxiliar na gestão dos recursos hídricos e bacias hidrográficas.

5. REFERÊNCIAS

BARROS, C.G.D; **Estimativa da vulnerabilidade natural do aquífero Parecis utilizando o método GOD: estudo de caso do município de Vilhena – RO.** Ji-Paraná, 2014. Monografia (Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Rondônia.

BÓS, S. M.; THOMÉ, A. **Métodos para Avaliar Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas.** 1ª edição. 82 p. ISBN 978-85-66146-02-8. Porto Alegre, RS, 2012.

CAMPONOGARA, I., MAZIERO, L., FRANTZ, L. C., SILVA, J.L.S. **Exemplo de utilização do aplicativo surfer 8.0 na análise de parâmetros hidrodinâmico tendo como área de estudo Quaraí-BR e Artigas-UY.** In: 1º SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL - RS-SC-PR, 2005, Santa Maria. Disponível em: <
<http://jararaca.ufsm.br/websites/labhidro/download/134.pdf>>, acesso em: 18/11/2015.

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

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies.** World Bank, GWMAE. Washington, 101 p., 2002.

FOSTER, S; HIRATA, R; GOMES, D; D'ELIA, M; PARIS, M. **Proteção da Qualidade da Água Subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais.** São Paulo, Servemar. 2006.

GUIGUER, N; KHONKE, M. W. **Métodos para determinação da vulnerabilidade de aquíferos.** In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2012. Disponível em: <
<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/22314/14657>>, acesso em: 18/11/2015.

NICOCELLI, L.M., SIQUEIRA, A. J. B., MIGLIORINI, R. B., ALBRECHT, K.J., DELGUINGARO, A. R, **Análise de vulnerabilidade à contaminação de aquífero no Distrito Industrial de Cuiabá – MT, através do método GOD.** In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009. Disponível em: <
<http://marte.sid.inpe.br/3ERPFQRTBW/348PLSF?languagebutton=en>>, acesso em: 18/11/2015.

ROMEIRO, C. I. R. **A Tecnologia SIG Aplicada ao Estudo da Vulnerabilidade à Poluição das Águas Subterrâneas na Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste**. 2012. 123 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Sistema de Informação Geográfica). Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informações da Universidade Nova de Lisboa, 2012.

SANTOS, A.C.B., MENDES, R.L.R., SILVA, G.N, TAVARES, A.N., **Vulnerabilidade dos aquíferos do município de Irituia-PA: Uma aplicação do método GOD**. IN: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em:

https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/41d907eb17180b7a2c54613617830cd8_2d1d6923072978b9d9731f134cce02a0.pdf>, acesso em: 18/11/2015.

SIAGAS, **Sistemas de informações de águas subterrânea** [base de dados na internet], 2015. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>, acesso em: 18/11/2015.

TERRA, L.G., LÖBER, C.A., SILVA, J.L.S, ERTEL, T. **Análise dos recursos hídricos subterrâneos do município de Santiago-RS, como ferramenta de gestão**. In: XIX

Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013. Disponível em:

< https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/b3c52c8b9730287b9627fca5ea34072f_37eeba28b70cd006d7d3cf79d9f68b43.pdf>, acesso em: 18/11/2015.