



**Estimativa de Recarga de Aquífero e Enquadramento dos Corpos de
Água em Sub-Bacias Parcialmente Florestadas no Noroeste do Rio Grande do Sul**
Aquifer Recharge Estimate and Framework of Water
Bodies in Partially Forested Sub-Basins in the Northwest of Rio Grande do Sul

Cristiane Graepin¹; Malva Andrea Mancuso²;
Mariza Camargo²; José Luiz Silvério da Silva¹ & Willian Fernando de Borba¹.

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental,
Av. Roraima, nº 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

² Universidade Federal de Santa Maria, Linha 7 de setembro, s/n, BR 386 km 40, Frederico Westphalen, RS, Brasil
E-mails: crisgraepin@hotmail.com; malvamancuso@ufsm.br; mariza@ufsm.br; silverioufsm@gmail.com; borbawf@gmail.com

Recebido em: 09/05/2016 Aprovado em: 11/07/2016

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2016_3_25_31

Resumo

A água subterrânea vem assumindo importância relevante como fonte de abastecimento, devido a fatores que restringem a utilização das águas superficiais, como sua escassez ou qualidade. Esse trabalho tem por objetivo estimar a recarga do SASG e caracterizar a qualidade da água superficial, em duas sub-bacias hidrográficas contíguas, em diferentes condições de uso e ocupação do solo na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. A estimativa de recarga do aquífero foi realizada por meio de medições de vazão, sem a presença de precipitação, sendo calculada posteriormente ao tempo de concentração em ambas sub-bacias, após cada evento de precipitação. As estimativas e leituras dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água foram realizadas durante um ano hidrológico. Para a obtenção das informações de uso e ocupação do solo foram utilizadas imagens do Google Earth. A recarga do aquífero foi de 0,58252 m³/ano/m² na sub-bacia 1 e 0,95476 m³/ano/m² na sub-bacia 2, sendo maior na sub-bacia 2. A sub-bacia 2 possui um percentual de vegetação superior que a sub-bacia 1, propiciando melhores condições para a infiltração da água oriunda da precipitação. Os parâmetros físico-químicos caracterizaram as águas correntes de ambas sub-bacias como de Classe 1, de acordo com a legislação vigente.

Palavras-chave: Aquífero fraturado; Bacia hidrográfica; Mata Atlântica; Vazão

Abstract

Groundwater has become an important source for water supply, due the increase of restriction for surface water supply, today with scarcity and poor quality conditions. This study aims to estimate the groundwater recharge of SASG and the surface water quality from two small watershed. The watersheds, with different land use, are located at northwest of Rio Grande do Sul State. The groundwater recharge was calculated base on the drain flow rate data, collected in dry conditions. To estimate the runoff time in each watershed it was calculated the concentration time. The flow rate on a dry period was considered as water withdraw from the aquifer. The monitoring program included physical and chemical data from surface water measured during a hydrological year. The land use was mapped base on Google Earth images. The recharge was estimated in 0,58252 m³/year/m² in the watershed 1 and 0,95476 m³/year /m² in the watershed 2. The watershed 2 has higher forest land use. According to the water use classification, indicated in the legislation, the surface water is classified as from Class 1.

Keywords: Fractured aquifer; River basin; Atlantic forest; Flow

1 Introdução

A água é um componente essencial à vida, sendo foco principal para várias propostas de uso, estudos e base para a caracterização e proteção dos ecossistemas. Além de servir a diversos usos, a água é um indicador de qualidade do manejo da terra pelo homem (Junqueira Júnior *et al.*, 2007).

O uso e ocupação do solo, no gerenciamento dos recursos hídricos, influenciam a quantidade e qualidade das águas nas bacias hidrográficas. Observou-se, na área pesquisada, que as práticas agrícolas estão sendo desenvolvidas em locais inadequados, não se respeitando as Áreas de Preservação Permanente (APPs), previstas no Código Florestal - Lei Nº 12.651/2012 (Brasil, 2012), o que pode ocasionar alterações a qualidade e quantidade das águas subterrâneas que alimentam os córregos.

O monitoramento de parâmetros físico-químicos, tais como o Potencial hidrogeniônico (pH), potencial redox (Eh), turbidez, Condutividade Elétrica (C.E.), Oxigênio Dissolvido (O.D.) e temperatura da água, ajudam a acompanhar a qualidade da água dos cursos d'água associando-os aos usos e ocupação dos solos conforme previsto na legislação brasileira.

A área do estudo está localizada na região noroeste do Estado Rio Grande do Sul e apresenta substrato geológico típico do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). Na sua porção superior, as águas subterrâneas fluem em condição livre, de aquífero freático. Foram selecionadas duas sub-bacias contíguas representativas com diferentes usos do solo. Salienta-se que esse sistema aquífero ultrapassa a área das sub-bacias hidrográficas e do estado, estendendo-se a vários estados, sendo inclusive transfronteiriço com a Argentina, Uruguai e Paraguai, onde é denominado de Lavas Arapey (OEA/PEA/GEF, 2009).

Esse estudo visa estimar a recarga na zona de intemperismo do aquífero fraturado (SASG) em duas sub-bacias hidrográficas parcialmente florestadas e avaliar a qualidade de suas águas correntes, conforme o uso e ocupação do solo, classificando seus corpos de água de acordo com a legislação vigente.

2 Caracterização do Local de Estudo

Nesse estudo foram estudadas duas sub-bacias hidrográficas cujos cursos d'água fazem

parte da bacia hidrográfica do Rio Lajeado Pardo, pertencente à bacia do Rio da Várzea – U100 (SEMA, 2004), localizadas entre os municípios de Frederico Westphalen/RS e Taquaruçu do Sul/RS. As sub-bacias sem nome específico serão chamadas de sub-bacia 1 e sub-bacia 2, com exutórios nas coordenadas 27° 24' 8" S e 53° 25' 33" W, 27° 23' 55" S e 53° 25' 14" W e áreas de 0,8517 e 0,1228 km², respectivamente.

Segundo Breunig *et al.* (2013), o clima em Frederico Westphalen/RS é do tipo Cfa (subtropical), com precipitação média anual de 1.665 mm, onde as precipitações são bem distribuídas ao longo do ano. Em relação às atividades econômicas da região, têm-se principalmente culturas agrícolas (soja, trigo e milho), além da criação de suínos (FEPAM, 2016). A atividade de suinocultura, segundo IBGE (2006), ocorre em Frederico Westphalen e Taquaruçu do Sul, que concentram um rebanho de 49.729 e 23.909 mil cabeças, respectivamente.

No que se refere à geologia, está presente na área de estudo, segundo a CPRM (2007), a Formação Serra Geral (Fsg), Fácies Paranapanena (K1_beta_pr). Essa formação caracteriza-se por rochas basálticas e seus produtos de intemperização. Em relação a hidrogeologia, a área de estudo está inserida no Sistema Aquífero Serra Geral I – SASG I (Machado & Freitas, 2005). Sendo este, um aquífero fraturado que, segundo os autores, apresenta alta a média possibilidade para águas subterrâneas em rochas com porosidade por fraturas.

Em relação a espessura de solo, nas duas sub-bacias estudadas não havia informações disponíveis, seja de espessura, interface entre a zonas aerada e vadosa ou saturada (Azevedo & Albuquerque Filho, 1998; Heath, 1983). Assim, buscou-se as informações disponíveis de captações por poços tubulares, nos perfis geológicos disponíveis no *sítio* do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS (SIAGAS, 2015), mantido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM/Serviço Geológico do Brasil.

3 Metodologia

3.1 Estimativa da Espessura de Solo e Superfície Potenciométrica

Utilizou-se o Programa *Surfer 8* (Golden Software, 2002) com o interpolador *Inverse Distance*

Weighting - IDW (Landim, 2000), buscando-se estimar a espessura da interface solo/rocha e ainda, a Superfície Potenciométrica - SP (Heath, 1983), indicadora da direção do fluxo subterrâneo. De acordo com Landim *et al.* (2002) o IDW é um dos interpoladores mais utilizados e permite uma rápida avaliação do comportamento da variável estimada.

3.2 Estimativa da Recarga Subterrânea, Vazão e Uso do Solo

A recarga do aquífero foi estimada considerando-se o escoamento subterrâneo nas duas sub-bacias contíguas, sendo este determinado por meio de medições de vazão *in loco*. As medições seguiram o proposto por Pinto (2010), onde foram realizadas leituras em 5 repetições nos exutórios de cada sub-bacia, com periodicidade semanal. As medições foram realizadas na ausência de precipitação, considerando-se após cada evento de precipitação, um tempo superior ao Tempo de Concentração (Tc) de cada sub-bacia.

Selecionaram-se os métodos Medida Direta, para volumes pequenos e Medida de velocidade e área para volumes grandes. A estimativa de recarga foi realizada com medições direta de vazão, devido à ausência de dados suficientes para a determinação da recarga profunda do aquífero fraturado nas sub-bacias. Destaca-se que a área de estudo não possui piezômetros de monitoramento do nível da água subterrânea e nem poços da Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas – RIMAS/CPRM.

A variação do uso e ocupação do solo durante o período analisado, foi monitorada utilizando-se ferramentas de Sistema de Informação Geográfica – SIG com uso do *software* ArcGIS 10.1 (Esri, 2015). Isso foi possível através da análise de imagens obtidas no Google Earth Pro® (Google, 2007) e interpretação visual direta em campo, observando-se os cultivos agrícolas em cada uma das sub-bacias monitoradas ao longo de um ano hidrológico (Setembro de 2012 a agosto de 2013).

3.3 Análise Físico-Química da Água

As amostras de água superficial utilizadas para a caracterização físico-química de sua qualidade

foram coletadas semanalmente no exutório de cada sub-bacia. A caracterização foi realizada com base nos parâmetros Condutividade Elétrica (C.E.), Potencial Hidrogeniônico (pH), potencial redox (Eh), Oxigênio Dissolvido (O.D.), Turbidez e Temperatura. As metodologias empregadas para ambos os parâmetros estão de acordo com o *American Public Health Association* – APHA (APHA, 2012).

4 Resultados e Discussão

4.1 Estimativa da Espessura de Solo e Superfície Potenciométrica

A partir das análises dos perfis geológicos disponíveis na base de informações do SIAGAS (2015), os valores de espessura de solo variaram de 0 (Neossolos), classe esta que predomina nas duas sub-bacias, até valores de 12 m. Em relação a carga potenciométrica obtida a partir da superfície potenciométrica, os valores variaram, na sub-bacia 1 entre 301 e 401 m, enquanto que na sub-bacia 2, a variação foi entre 401 e 528 m. A direção principal do fluxo subterrâneo regional é para Nordeste em direção aos rios da Várzea e Uruguai (U100) (SEMA, 2004), os fluxos locais se dirigem às drenagens.

Nas sub-bacias avaliadas observa-se fluxo preferencial para sudeste, sendo que a sub-bacia 2 apresenta cargas potenciométrica maiores. A estimativa da superfície potenciométrica é de suma importância, pois segundo Monteiro (2003), indica as zonas de recarga (altos potenciométricos, como na sub-bacia 2) e descarga (baixos potenciométricos).

4.2 Uso e Ocupação do Solo

De acordo com a interpretação visual realizada semanalmente na área de estudo em ambas as sub-bacias, o mapeamento a campo e a cartografia digital (Google Earth, 2007), foi definido o percentual de área florestada e o percentual de área com uso agrícola, conforme ilustrado na Tabela 1.

Uso e ocupação do solo	Sub-bacia 1		Sub-bacia 2	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Área agrícola	0,701	82,3	0,093	76,3
Área com cobertura vegetal	0,150	17,7	0,029	23,7
Total	0,851	100	0,122	100

Tabela 1 Uso e ocupação do solo nas sub-bacias.

Deve-se ressaltar que as sub-bacias podem sofrer alterações de qualidade da água, devido a atividade de suinocultura executada na região. Porém, análises mais específicas para esse diagnóstico não foram realizadas.

4.3 Recarga do Aquífero Superior (Freático)

No que se refere aos valores de escoamento subterrâneo (E_{sub}), a sub-bacia 2 apresentou descarga subterrânea de $117.244,8 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$ e a sub-bacia 1 de $496.130,4 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$. Assim, considerando-se as áreas das sub-bacias, obteve-se um escoamento subterrâneo de $0,95476 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{m}^2$ para a sub-bacia 2, enquanto para a sub-bacia 1 de $0,58252 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{m}^2$. Há assim, uma variação de $0,37224 \text{ m}^3/\text{ano}/\text{m}^2$ entre as sub-bacias.

Percebeu-se, que quando ocorre o aumento da precipitação, também há aumento do escoamento subterrâneo, devido à recarga do aquífero, que ocorre por infiltração das águas pluviais (Figura 1). Parte das águas infiltradas, possivelmente compõem a recarga de aquíferos profundos, como é o caso do Aquífero fraturado Serra Geral; subjacente a zona de intemperismo.

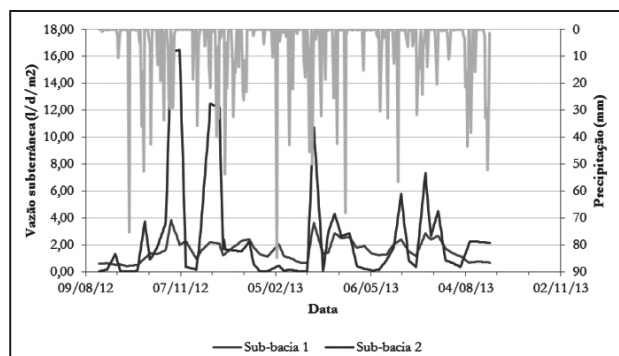


Figura 1 Vazão subterrânea ($\text{L}/\text{d}/\text{m}^2$) versus precipitação pluviométrica (mm).

Na sub-bacia 2 observam-se maiores vazões subterrâneas por área. Esta sub-bacia apresenta 23,7% de cobertura vegetal, percentual maior que a sub-bacia 1. A preservação da vegetação resulta, em uma taxa de infiltração mais elevada do que a sub-bacia 1. Nesses casos a preservação de áreas de preservação permanente (APPs) favorece a retenção das águas das chuvas nas folhas, no caule das árvores e na serapilheira, retardando o escoamento superficial.

Salienta-se, também, que em áreas florestadas há menor compactação dos solos, do que em

áreas agrícolas, devido ao tráfego de máquinas e implementos agrícolas pesados. A sub-bacia 2 apresentou elevados picos de escoamento subterrâneo. A mesma se localiza próximo da nascente da bacia hidrográfica do Rio Lajeado Pardo. Os picos de vazão indicam tempos diferentes de retenção de águas subterrâneas, em relação à sub-bacia 1. A sub-bacia 2 é menor que a sub-bacia 1 e apresenta maior tempo de retenção das águas subterrâneas no sistema. A sub-bacia 1 com menor vegetação, indica maior escoamento superficial e menor tempo de retenção das águas no manto de intemperismo. Em relação a sub-bacia 2, nas áreas de uso agrícola, onde o nível freático se localiza próximo à superfície do solo, observam-se processos erosivos, que ocorrem junto às margens do curso d'água.

4.4 Qualidade da Água

A relação entre a turbidez e a vazão subterrânea na sub-bacia 1 e sub-bacia 2 está ilustrada nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Em ambas as sub-bacias, a vazão apresentou uma grande relação com a turbidez da água. Na medida em que a vazão aumentava ou reduzia, a turbidez acompanhava esse aumento ou declínio. Esse fato indica que a precipitação ocasiona escoamento superficial, carregando partículas (sedimentos) de dimensões de silte (diâmetro 0,062 a 0,002 mm) e argila (partículas menores do que 0,002 mm) para o curso d'água. A turbidez da água na sub-bacia 1 ficou em uma faixa de 7,16 NTU a 17,04 NTU, enquanto na sub-bacia 2 numa faixa de 5,64 NTU a 20,36 NTU. A sub-bacia 1 apresentou uma média anual de 13,08 NTU, enquanto a sub-bacia 2 apresentou uma média anual inferior, com cerca de 12,57 NTU.

Em relação à C.E. ocorreu a mesma relação descrita anteriormente na sub-bacia 1 para o parâmetro da turbidez, quando a vazão do curso d'água aumentava, a C.E. também aumentava, conforme apresenta a Figura 4. Porém, na sub-bacia 2, não ocorreu a mesma situação, ou seja, quando a vazão do curso d'água aumentava a C.E. decrescia. Na sub-bacia 1, a C.E. oscilou na faixa entre $55,99 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ até $104,36 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$. Enquanto que na sub-bacia 2 variou em uma faixa de $73,3 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ até $117,61 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$, conforme Figura 5. Comparando-se as duas sub-bacias, conclui-se que a sub-bacia 1 apresentou uma menor C.E. do que a sub-bacia 2.

Estimativa de Recarga de Aquífero e Enquadramentos dos Corpos de Água em Sub-Bacias Parcialmente Florestadas no Noroeste do Rio Grande do Sul

Cristiane Graepin; Malva Andrea Mancuso; Mariza Camargo; José Luiz Silvério da Silva & Willian Fernando de Borba

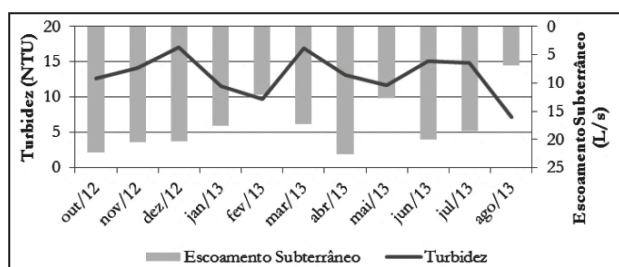


Figura 2 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus Turbidez (NTU) na sub-bacia 1.

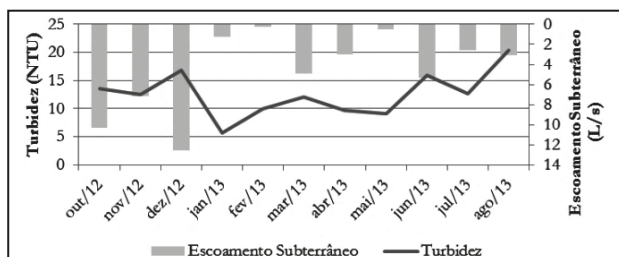


Figura 3 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus Turbidez (NTU) na sub-bacia 2.

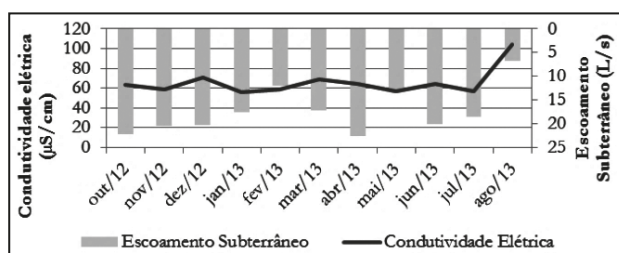


Figura 4 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus C.E. (µS.cm⁻¹) da sub-bacia 1.

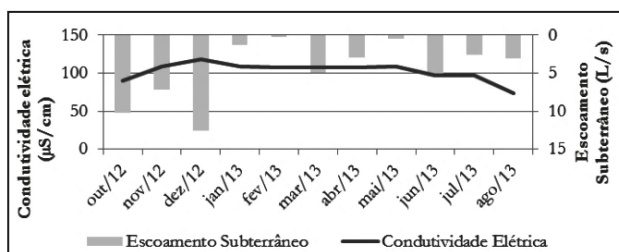


Figura 5 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus C.E. (µS.cm⁻¹) da sub-bacia 2.

De acordo com a Figura 6 e 7, o pH apresentou para ambas as sub-bacias (1 e 2, respectivamente) valores constantes próximos a 7. Variando na faixa de 6,92 a 7,37 para a sub-bacia 1 e na faixa de 6,80 a 7,37 para a sub-bacia 2. Comparando-se as sub-bacias, obteve-se valores bem próximos, caracterizando um pH neutro para ambas as sub-bacias avaliadas.

Na sub-bacia 1 as concentrações de O.D. ficaram na faixa de 7,52 mg.L⁻¹ a 9,00 mg.L⁻¹, sendo que estes valores tiveram relação diretamente proporcional com a vazão, na maioria das vezes,

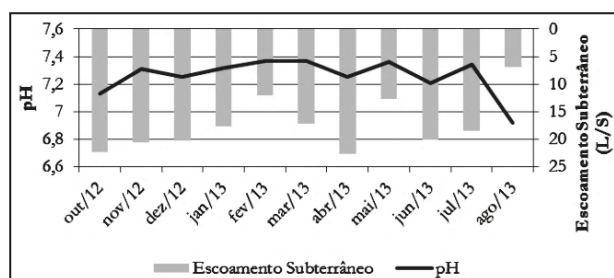


Figura 6 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus pH da sub-bacia 1.

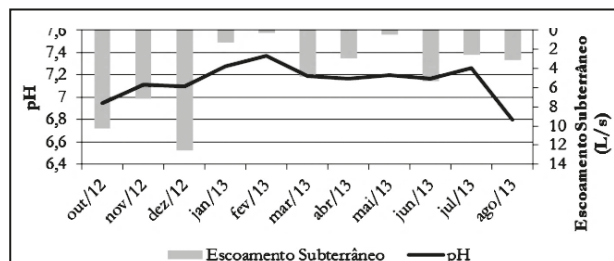


Figura 7 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus pH da sub-bacia 2.

ou seja, quando a mesma aumentava ou diminuía, a concentração de O.D. também acompanhava essa variação (Figura 8). Na sub-bacia 2, as concentrações ficaram na faixa de 6,80 mg.L⁻¹ a 8,53 mg.L⁻¹, sendo que diferentemente da sub-bacia 1, as concentrações de O.D. aumentaram, quando a vazão diminuía, conforme mostra a Figura 9. Comparando-se as duas sub-bacias estudadas, os valores se apresentaram próximos, porém nesse parâmetro a sub-bacia 1 se destaca com uma melhor qualidade da água.

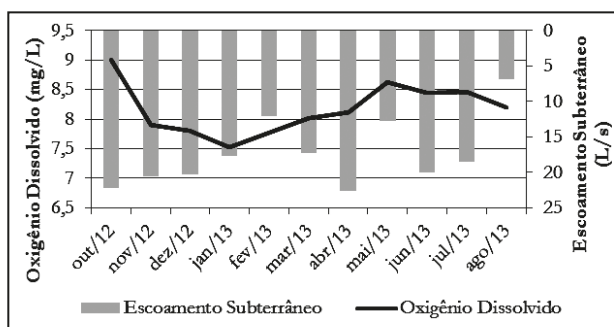


Figura 8 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus O.D. (mg.L⁻¹) da sub-bacia 1.

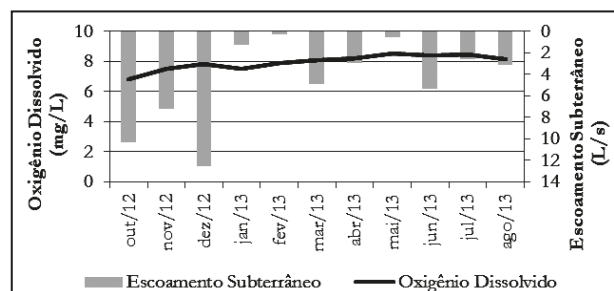


Figura 9 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus O.D. (mg.L⁻¹) da sub-bacia 2.

Observando-se a Figura 10 e 11, a temperatura da água nos cursos superficiais da sub-bacia 1 e sub-bacia 2, respectivamente, ficou na faixa de 14,7 °C a 22,5 °C para a sub-bacia 1. Enquanto que, para a sub-bacia 2 obteve-se valores na faixa de 14,8 °C até 25,0 °C. A mesma variou de acordo com as estações do ano, havendo um declínio dos valores em meses mais frios (inverno climático no sul do país, meses de junho, julho, agosto, setembro) em função do menor número de horas de insolação diária. Quanto ao parâmetro Eh, os resultados para a Sub-bacia 1 ficaram entre -22,3 mV a 0,8 mV, enquanto que na sub-bacia 2 entre -11,5 mV a 6,0 mV.

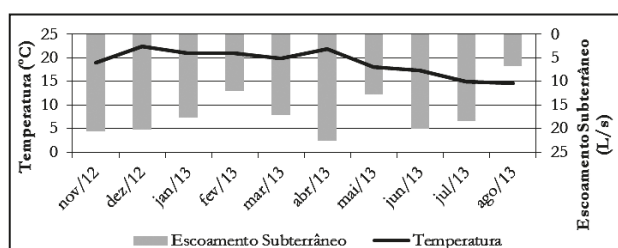


Figura 10 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus temperatura (°C) da sub-bacia 1.

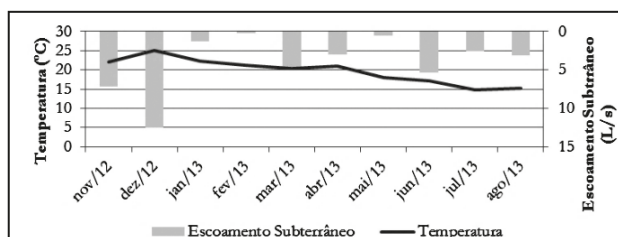


Figura 11 Escoamento Subterrâneo (L.s⁻¹) versus temperatura (°C) da sub-bacia 2.

Atualmente, no âmbito dos Comitês de Bacia Hidrográfica, se faz necessário enquadramento dos corpos d'água. Segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/2005 (Brasil, 2005) a qual dispõe sobre a classificação dos corpos da água. De acordo com o CONAMA Nº 357/2005, as águas doces de classe I são destinadas ao abastecimento para consumo humano, a proteção das comunidades aquáticas, bem como para a recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, as quais são consumidas cruas e devem seguir condições e padrões conforme indicado na Tabela 2. Os cursos da água avaliados em ambas as sub-bacias hidrográficas, apresentaram uma boa qualidade, enquadrando-se nas águas doces de classe 1, segundo esta Resolução e de acordo com os parâmetros analisados.

Condições e padrões estabelecidos		Médias das análises	
Parâmetro	Valor CONAMA*	Sub-bacia 1	Sub-bacia 2
Turbidez (NTU)	40	7,16 - 17,04	5,64 - 20,36
O.D. (mg L ⁻¹)	Superior a 6	7,52 - 9,00	6,80 - 8,53
pH	6,0 - 9,0	6,92 - 7,37	6,80 - 7,37

*Fonte: Adaptado de BRASIL (2005)

Tabela 2 Condições e padrões estabelecidos para águas doces de Classe 1 (CONAMA Nº 357/2005) e média das análises.

5 Conclusões

A partir dos resultados obtidos, conclui-se, que a sub-bacia 2 apresenta maiores taxas de recarga do aquífero, e conseqüentemente maior escoamento de base. Esse fato pode estar principalmente relacionado com um percentual maior de área com cobertura vegetal nessa sub-bacia em relação a sub-bacia 1.

Os valores de recarga variaram de 0,95 m³/ano/m² na sub-bacia 2, que apresenta maior percentual de área florestada (23,7%) para 0,58 m³/ano/m² na sub-bacia 1, com percentual de uso florestal de 17,7%.

O uso do solo não influenciou na qualidade da água, ambas as sub-bacias apresentaram qualidade potável em relação aos parâmetros avaliados, enquadrando-se como corpos de água doce (Classe I), segundo a legislação vigente.

6 Referências

- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 2012. *Standard Methods for Water and Wastewater*. Washington: American Water Works Assn, 1496p.
- Azevedo, A.A. & Albuquerque Filho, J.L. 1998. *Águas subterrâneas. Geologia de Engenharia*. Ed. Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Sérgio Nertan Alves de Brito. São Paulo, ABGE, cap. 8, p. 11-130.
- BRASIL, Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, Código Florestal. Brasília, DF, 25 maio. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 16 outubro de 2013.
- BRASIL, Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU Nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.
- Breunig, F.M.; Balbinot, R.; Vendruscolo, R. & Spohr, R.B. 2013. Situação ambiental do campus da UFSM de Frederico Westphalen, RS. In: SIMPÓSIO

**Estimativa de Recarga de Aquífero e Enquadramentos dos Corpos de
Água em Sub-Bacias Parcialmente Florestadas no Noroeste do Rio Grande do Sul**
Cristiane Graepin; Malva Andrea Mancuso; Mariza Camargo; José Luiz Silvério da Silva & Willian Fernando de Borba

- BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16, Foz do Iguaçu. *Anais São José dos Campos: MCT-INPE*, 2013. v. 1. p. 7241-7248
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. 2007. *Mapa Geológico do Rio Grande do Sul, escala 1:750.000*. CPRM: Brasília.
- ESRI - Maps throughout this book were created using ArcGIS® software by Esri. ArcGIS® and ArcMap™ are the intellectual property of Esri and are used herein under license. Copyright © Esri. All rights reserved. For more information about Esri® software, please visit www.esri.com, 2015.
- FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. *U100 - Varzea*. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/bacia_uru_varzea.asp> Acesso em: 23 Fevereiro de 2016.
- GOOGLE. *Google Earth Pro. Version 7.1*. 2007. Frederico Westphalen-RS. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>.
- GOLDEN SOFTWARE. 2002. *Surfer 8: User's guide*. Colorado. Heath, R.C. 1983. *Basic Ground-water hidrology*. Virginia: USGS.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. *Censo agropecuário 2006*. Brasília: IBGE. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 Fevereiro de 2016.
- Junqueira Júnior, A.J.; Mello, C.R.; Silva, A.M. & Pinto, D.B.F. 2007. Comportamento Hidrológico de duas nascentes associadas ao uso do solo numa Sub-bacia hidrográfica de Cabeceira. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1.
- Landim, P.M.B. 2000. *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas*. Rio Claro: DGA/IGCE/UNESP, 20 p.
- Landim, P.M.B.; Monteiro, R.C. & Corsi, A.C. 2002. *Introdução a confecção de mapas pelo software Surfer*. Rio Claro: DGA/IGCE/UNESP, 29p.
- Machado, J.L.F. & Freitas, M.A. 2005. *Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CPRM.
- Monteiro, R.C. 2003. *Estimativa espaço-temporal da superfície potenciométrica do Sistema Aquífero Guarani na cidade de Ribeirão Preto (SP)*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Estadual Paulista, Tese de Doutorado, 233 p
- OEA/PEA/GEF ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS AMERICANOS – OEA/ PLANO ESTRATÉGICO DE AÇÃO – PEA/ GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY –GEF. 2009. *Projeto de proteção ambiental e desenvolvimento sustentável do Sistema Aquífero Guarani*. Programa Estratégico de Ação – PEA. [S.l.], 102 p.
- Pinto, N.L.S. 2010. *Hidrologia Básica*. Ed. Blucher, São Paulo, p.194-197.
- SEMA – SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. 2004. *Mapa das bacias hidrográficas e municípios do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: SEMA.
- SIAGAS - Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 28 fev./2015.