

Relação entre a pluviometria e a condutividade elétrica em Zona de Afloramento do sistema Aquífero Guarani

Relationship between rainfall and electrical conductivity in the outcrop zone Guarani Aquifer System

Carlos Alberto Löbler¹, Willian Fernando de Borba², José Luiz Silvério da Silva³

¹Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEAmb/UFSM), Santa Maria, Brasil. carloslobler@gmail.com

²Engenheiro Ambiental e Sanitarista, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (PPGEAmb/UFSM), Santa Maria, Brasil

³Geólogo, Professor Doutor do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

Resumo

A atual condição envolvendo a qualidade e a quantidade das captações de águas subterrâneas, através de poços, surgem atualmente, diversas pesquisas que visam analisar a ocorrência ou a forma que tais processos ocorrem no meio ambiente subterrâneo (aquífero). Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo relacionar as variáveis na água subterrânea como a Condutividade Elétrica (CE) e as precipitações pluviométricas. Avaliaram-se quatro poços no Campus da Universidade Federal de Santa Maria, situado na região Central do Estado do Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil, na borda da Bacia Sedimentar do Paraná. O estudo ocorreu entre os anos de 2012 e 2013, em captações que penetram o Sistema Aquífero Guarani (SAG) na Zona de Afloramento. O monitoramento foi realizado com frequência semanal, usando-se um freatímetro sonoro Solinst TLC (Temperatura, Nível da água e Condutividade). O aparelho é de fácil manejo e fornece registros acurados no perfil do poço. Esses parâmetros foram comparados com os dados de chuvas, obtidos em estação meteorológica do campus e ordenados com soma semanal. Dos quatro poços estudados, constatou-se a diminuição da CE em função das chuvas, em três deles desativados. Em um poço tubular ativo não houve relação direta, possivelmente, devido há exploração contínua de água das reservas aquíferas. Portanto, infere-se que a precipitação foi um fator de influência na CE das águas subterrâneas, na área do estudo.

Palavras-chave: Aquífero, condutividade elétrica, precipitação.

Abstract

The current condition involving the quality and quantity of groundwater abstractions through wells. At present time there are several studies in groundwater that aim to analyze the occurrence or the way that this process occurs in the underground environment (aquifer). Recharge varies from year to year, depending on the amount of direct precipitation, its seasonal distribution, air temperature, land use, and other factors like geology. Therefore, this paper aims to relate the Electrical Conductivity (EC) in groundwater and variable rainfalls. We evaluated four wells on the campus of the Federal University of Santa Maria-RS, in the years 2012 and 2013. They penetrate the Guarani Aquifer System (SAG) at outcrop zone. The data was produced with a weekly frequency, using a Solinst water level meter TLC (Temperature, Level, and Conductivity). The TLC meter is ideal for profiling conductivity and temperature in wells. These parameters were compared with rainfall data, obtained from a weather station in the campus and ordered a weekly sum. Of the four wells studied, there was a decrease in EC because of rain, three of them disabled, in a pit no direct relationship. One active well there is no relationship this parameter probably associated to exploitation of groundwater reservoir. Therefore, it is inferred that the rainfall was a factor influencing the (EC) values on groundwater, at studied area.

Keywords: aquifer, electrical conductivity, rainfall.

1 Introdução

Em função da gradativa poluição dos corpos d'água superficiais em consequência da expansão demográfica e da falta de obras de infraestrutura adequada ocorrida nos últimos anos, tem-se aumentado constantemente o consumo das fontes subterrâneas de água. Isso ocorre principalmente pelo fato de, na maioria das vezes, não ser necessário o tratamento para sua utilização, sendo seu custo de bombeamento inferior ao praticado pelas companhias de abastecimento. Porém, o uso desenfreado do recurso subterrâneo ou de maneira inadequada, pode gerar graves problemas ambientais.

Dos aproximados 3% de água doce no planeta, cerca de 22% são águas subterrâneas. Essa situação, aliada a necessidade de água de boa qualidade, a utilização das águas das reservas subterrâneas vem aumentando (VASCONCELOS *et al.*, 2006; KEMERICH *et al.*, 2012).

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), desde de sua criação, em 1960, ela utiliza águas subterrâneas para o fornecimento de água à população acadêmica que reside e frequenta o Campus. Essas águas são explotadas da zona de afloramento (ZA) do Sistema Aquífero Guarani – SAG (OEA/PEA/PSAG, 2009). O abastecimento é complementado pela Companhia Rio-Grandense de Saneamento (CORSAN), responsável por fornecer água ao Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM).

O monitoramento quali-quantitativo de águas subterrâneas é uma importante ferramenta na gestão deste recurso. Uma vez que a Condutividade Elétrica CE é um parâmetro de fácil determinação e de suma importância. Ela pode indicar a carga de diferentes elementos na água. Os valores são representados pela carga de cátions (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , M^{2+}) e ânions (NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) presentes, e pode variar, dentre vários fatores devido ao material geológico de origem penetrado em cada poço. Assim quanto maior for à quantidade de íons presentes dissolvidos na água maior será a sua CE Os valores de CE são expressos em $\mu\text{S cm}^{-1}$.

A CE da água subterrânea também é um indicador de salinização ou perda de sais do solo, pelo processo de lixiviação, intemperismo e translocação. Trabalhos de AMORIM *et al.* (2010), ANDRADE *et al.* (2012) e SILVA *et al.* (2010) apresentaram dados e discussões sobre o tema, mostrando o importante papel do seu monitoramento que vai da qualidade da água até a evolução do grau de salinidade no solo. Ela pode ser expressa em termos de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) multiplicando-se sua concentração por valores estimados em uma faixa de 0,55 – 0,75. Dessa forma, sua unidade fica expressa em miligramas/litro (mg L^{-1}) e pode ser comparada a resolução CONAMA número 357/2005.

Com isso, pode-se enquadrar nos tipos de água doce (até 500 mg L^{-1} de STD), salobras (500 a maiores que $300.000 \text{ mg L}^{-1}$). Complementarmente adota-se para comparação a Resolução CONAMA número 396/2008, onde fica especificado para os usos preponderantes de águas subterrâneas.

Segundo ANDRADE *et al.* (2012) “a qualidade da água subterrânea nos vales aluviais apresenta, quanto à salinidade, uma variação sazonal, pois é influenciada pelos condicionantes hidrológicos e climáticos, seja pelo efeito da diluição dos sais pela recarga pluviométrica direta, seja pelo efeito de concentração pela evaporação acentuada”. Portanto a precipitação pode causar uma influência direta na variação da CE da água subterrânea, nessas condições.

LUIZ e SILVÉRIO DA SILVA (2013) avaliaram a variabilidade na CE em dois poços de monitoramento rasos (15 m), em áreas impactadas por resíduos orgânicos “in natura” em área próxima a casa do estudante universitário (CEU). Pesquisas semelhantes foram desenvolvidas por SILVÉRIO DA SILVA e DO CARMO (2013) em poços de monitoramento entre 15 e 31 m de profundidade na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, captando o SAG.

Com base no exposto, o presente estudo tem por objetivo relacionar as variáveis condutividade elétrica e as precipitações pluviométricas nas águas subterrânea de 4 poços de abastecimento no campus da Universidade Federal de Santa Maria-RS, nos anos de 2012 e 2013.

2 Material e Método

2.1 Caracterização da área de estudo

O Campus da Universidade Federal de Santa Maria está localizado no Bairro Camobi, na porção leste do Município de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, conforme mostra a Figura 1. Ela possui uma circulação diária de

aproximadamente 25.000 pessoas (*site* da UFSM). O Campus da UFSM compreende a área que é originária de sua fundação na década de 60 e outra denominada “Área Nova” (Figura 1), que foi adquirida em 29 de abril de 1988 (MARION *et al.*, 2010), e faz parte da área total do Campus. Ao total a área da UFSM engloba 1.153 hectares.

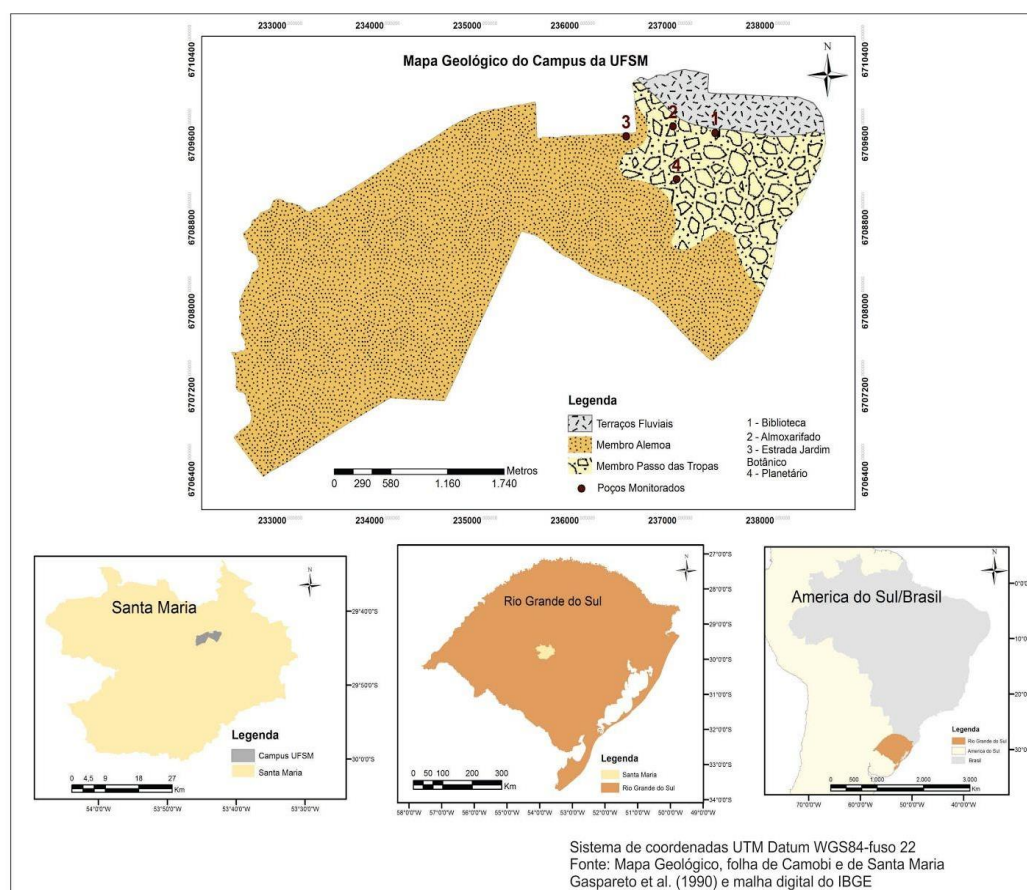


Figura 1: Localização da área de estudo, com as litologias da zona aflorante (ZA) SAG

Pode-se observar, no mapa da Figura 2, três classes litológicas na (ZA) SAG no Campus da UFSM, duas unidades sedimentares clásticas, provenientes da Formação Santa Maria depositados na era Mesozóica e no período Triássico superior que são:

- Membro Alemoa: Constituído por Siltitos argilosos maciços de cor vermelha. Com níveis esbranquiçados de concreções calcárias sub-horizontais de ambiente continental, com calcetes.

- Membro Passos das Tropas: Constituído por Arenitos feldspáticos médios a grosseiros, por vezes conglomeráticos, com estratificação cruzada acanalada na base, seguidos de siltitos arenosos roxo-avermelhados de ambiente fluvial,

além de arenitos finos e siltitos laminados, de cor rosa a lilás de ambiente flúvio lacustre, contendo localmente impressões de restos da flora triássica. Segundo Gaspareto *et al.*, (1990) tal membro forma um excelente aquífero.

A terceira classe foi formada na era Cenozóica, no período Quaternário e na época/ano Pleistoceno, que são os Terraços Fluviais os quais apresentam conglomerados, arenitos médios argilosos com estratificação cruzada e planar e siltitos arenosos de cores cinza-clara, rosa e amarela de ambiente fluvial.

O Membro Passo das Tropas é a litologia que concentra a maior parte dos poços monitorados no estudo (mesmo onde não está aflorante esses ocorrem em bolsões em subsuperfície), mesmo

que o poço Estrada do Jardim Botânico esteja no afloramento do membro Alemoa em subsuperfície o poço penetra na sua maior parte o Membro passo das tropas. Essa geologia caracteriza o aquífero estudado como sendo de natureza livre e, portanto mais susceptíveis as ações climáticas (GIARDINI e FACINI, 2004; SILVÉRIO DA SILVA, 2012).

2.2 Procedimentos técnicos e análise estatística

A coleta dos dados foi realizada através de verificações de campo efetuadas semanalmente com auxílio de um freatímetro sonoro TLC (Temperatura, Nível, Condutividade Elétrica) da marca Solinst. O monitoramento foi efetuado em quatro poços do Campus da UFSM, que são: Almoarifado, Biblioteca e Planetário (desativados) e ainda o Estrada Jardim Botânico (ativo). O período definido para esta análise foi de Janeiro de 2012 até Dezembro de 2013, portanto, dois anos. O registro da CE foi efetuado no nível da água no aquífero.

Os dados de precipitação foram coletados junto ao sitio do INMET (Instituto Nacional de Meteorológica)(<http://www.inmet.gov.br/portal/>) na estação meteorológica instalada no Campus da UFSM, o qual possui boa aproximação geográfica com os poços estudados.

A análise estatística foi executada no Programa *Statistica 7*, através da matriz de correlação de Pearson, com “p” significativo <0,005. Conforme FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR (2009), existem diversos métodos para discutir a magnitude dos resultados, destacando-se os descritos por DANCEY e REIDY (2005) onde a magnitude é descrita pelos valores de r de 0,10 a 0,30 (fraco); 0,40 a 0,60 (moderado) e de 0,70 a 1,00 (forte). Com isso, os valores foram comparados à metodologia descrita, comparando-se os valores de precipitação e de concentração de CE dos poços.

3 Resultados e Discussão

Os dados referentes à precipitação na área e os valores de CE nos 4 poços tubulares do Campus da UFSM estão apresentados na Figura 2. Como pode ser observado, a precipitação teve influência “visual” na condutividade elétrica, visto que os eventos chuvosos reduzem os valores de condutividade elétrica. Por outro

lado, nos períodos de estiagem coincidem com a elevação da CE nas águas dos poços.

Tal situação pode ser explicada porque a origem dos sais dissolvidos nas águas superficiais e nas subterrâneas são causadas pela precipitação direta que causa a liberação de elementos químicos das rochas que são os reservatórios do aquífero, o aumento da concentração salina é produzido por efeito da evaporação, a qual deixa a água mais concentrada de sais, e a diminuição por dissolução de cátions e ânions na zona aerada. Essa zona é constituída por uma camada de solo de diferentes soluções e por distintas camadas de rochas sedimentares (caso do Campus da UFSM), as quais são constituídas por diferentes frações de areia, silte e argila. Os argilosminerais que fazem parte dessas rochas e solos apresentam diferentes capacidades de trocas de cátions e de trocas de ânions.

A recarga do aquífero com água menos salinas faz portanto diminuir a concentração de CE (SOUZA FILHO, 2004). Com isso, a ação da água da chuva, ocorre a dissolução dos sais presentes na água, quando não ocorre precipitação, não se tem a dissolução dos sais, podendo aumentar sua concentração.

Nesse mesmo sentido, ESTEVES (1998) e SILVA *et al.* (2008), afirmam que com baixas precipitações e predominância de rochas magmáticas na bacia de drenagem, a composição da água é, geralmente, determinada por produtos oriundos do intemperismo destas rochas, alterando as concentrações de alguns componentes da água. Por outro lado, em função da alta pluviosidade e da predominância de rochas sedimentares clásticas, a composição iônica da água é determinada pela composição das rochas.

Destaca-se ainda os trabalhos de SILVA *et al.* (2008) e RODRIGUES *et al.* (2009), que realizaram estudos envolvendo a relação entre a precipitação e a qualidade da água em geral, sendo que em ambos apontaram relação direta entre as duas variáveis avaliadas. A figura 3 mostra a relação linear presente entre as variáveis precipitação e a CE da água subterrânea, evidenciando que quando ocorre a precipitação ou quanto maiores forem os volumes de água precipitados, os valores de condutividade elétrica diminuem. Quando há um menor volume precipitado a CE tende a

diminuir. Cabe salientar que tal fenômeno não foi identificado no poço ativo Estrada do Jardim Botânico, esse acontecimento pode ser explicado, pelo fato do poço estar em bombeamento, o que pode anular a interferência da precipitação na

condutividade elétrica. Salientando-se que no processo de bombeamento são extraídas águas subterrâneas das reservas contidas no aquífero sob efeito de pressão hidrostática.

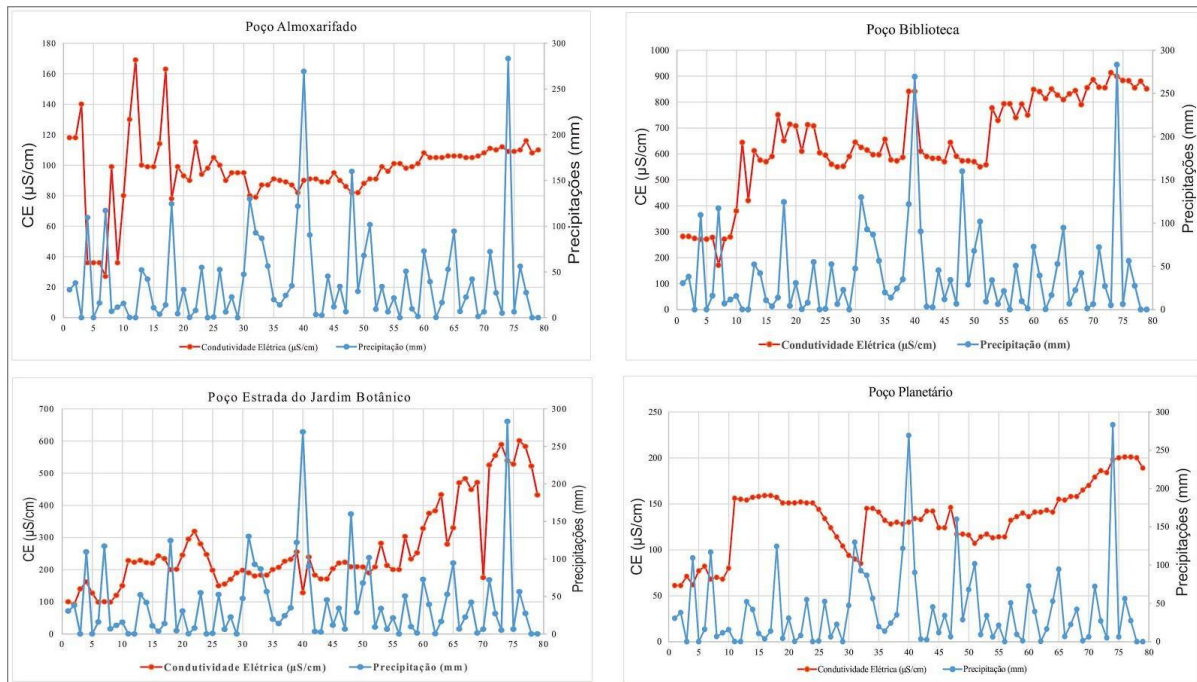


Figura 2: Relação entre a Precipitação e a Condutividade Elétrica no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2013 nos 4 poços do Campus da UFSM.

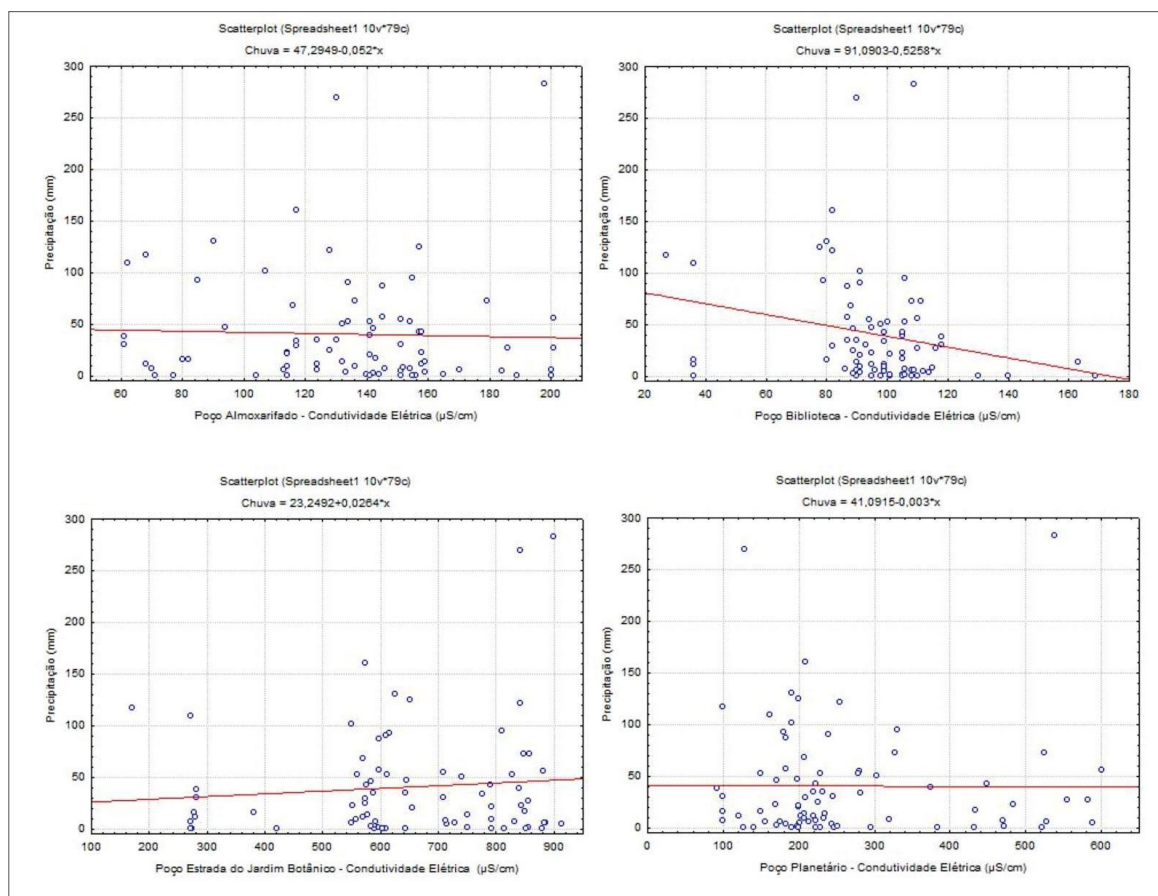


Figura 3: Regressão linear simples entre os parâmetros Precipitação e CE nos 4 poços analisados.

O coeficiente de Correlação de Pearson (r) varia em uma faixa de -1 a 1, sendo que o sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR, 2009).

A tabela 1 ilustra a correlação estatística entre os parâmetros Precipitação e os valores de CE dos 4 poços. Os valores destacados (*) apresentaram correlação significativa com $p < 0,05$.

Tabela 1: Correlação de Pearson ao nível de 5% dos parâmetros analisados.

Variáveis	Precipitação	P. Almojarifado	P. Biblioteca	P. E. Jardim Botânico	P. Planetário
Precipitação.	1,00				
P. Almojarifado	-0,22	1,00			
P. Biblioteca	0,09	0,44*	1,00		
P. E. Jardim Botânico	-0,01	0,37*	0,75*	1,00	
P. Planetário	-0,03	0,49*	0,78*	0,77*	1,00

Com base na tabela 1, seguindo-se o critério adotado por DANCEY e REIDEY (1988), o Poço Almojarifado apresentou uma correlação positiva moderada (0,44; 0,37 e 0,49) com os poços da Biblioteca, Estrada do Jardim Botânico e Planetário, respectivamente. Já o Poço Biblioteca apresentou uma forte correlação positiva (0,75 e 0,78) com os poços da Estrada do Jardim Botânico e Planetário, respectivamente, o mesmo foi identificado entre os poços da Estrada do Jardim Botânico e do Planetário (0,77).

Contudo a correlação de Pearson não provou haver significativa relação entre os valores de precipitação e os valores de CE dos poços. Apenas o método mostrou que os poços apresentaram o mesmo padrão de variação durante o período estudado.

4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos e discutidos, infere-se que a precipitação é fator de influência na CE de águas subterrâneas no Campus da UFSM. Não se recomenda a generalização deste resultado para outras áreas sem estudo prévio.

A matriz de correlação linear mostrou um resultado satisfatório, mostrando-se mais sensível com os dados do que a Correlação de Pearson. A qual não indicou uma direta relação entre os dados de precipitação e CE.

Sugere-se series históricas mais longas de monitoramento para comparar a relação dessas variáveis e outras quando possíveis de serem mensuradas.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPERGS e a CAPES pelas bolsas de Pós Graduação do 1° e do 2° Autor.

Referências

- Andrade, T. S., Montenegro, S. M. G. L., Montenegro, A. A. A., Rodrigues, D. (2012). Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16 (5), pp. 496-504.
- Amorim, J. R. A., Cruz, M. A. S., Resende, R. S. (2010). Qualidade da água subterrânea para irrigação na bacia hidrográfica do Rio Piauí. *Sergipe. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14 (8), pp. 804-811.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente, 23p.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005). Resolução nº 396, de 03 de maio de 2008. Ministério do Meio Ambiente, 66 - 68p.
- Dancey, C., Reidy, J. (2006). *Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para windows*. Artmed.
- Esteves, F. A. (1998). *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Editora Interciência/Finep. 575 pg.
- Figueiredo Filho, D. B., Silva Júnior, J. A. (2009). *Desvendando os mistérios do coeficiente de*

- correlação de Pearson (r). Revista Política Hoje, 18, (1), pp.115-146.
- Gaspareto, N. V. L., Medeiros, E. R., Veiga, P., Maciel Filho, C. L., Sartori, P. L. P., Menegotto, E. (1990). Carta Geológica de Santa Maria, 1: 50.000. FINEP/UFSM.
- Giardin, A., Faccini, U. (2004). Complexidade hidroestratigráfica e estrutural do Sistema Aquífero Guarani: abordagem metodológica aplicada ao exemplo da área de Santa Maria-RS, Brasil. Revista Águas Subterrâneas, 18 (18), pp. 39-54.
- Kemerich, P. D. C., Silva, J. L. S., Barros, G., Borba, W. F., Ucker, F. E., Foletto, C. V. (2012). Qualidade da água subterrânea em área ocupada por cemitério: uso da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-x por energia dispersiva (EDXRF). Revista Ambiente & Água, 7 (1), pp. 166-182.
- Luiz, T. B. P.; Silvério Da Silva, J. L. (2013). Variabilidade da condutividade elétrica em poços de monitoramento do campus da UFSM. In anais: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos de Bento Gonçalves.: ABRH, Porto Alegre.
- Marion, F. A., Mello Filho, J. A. De, Silvério Da Silva, J. L. (2010). Análise da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas por geoprocessamento no campus da UFSM – RS. Revista Terr@Plural, 4 (1), pp.65-76.
- OEA/PEA/ (2009). Programa Estratégico de Ação/PEA. Aquífero Guarani. Síntese Hidrogeológica do Sistema Aquífero Guarani. Série Manuais e documentos Técnicos do Projeto de Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani. Banco Mundial.
- Rodrigues, D. F. B. et al. (2009). Influência Da Pluviometria na Condutividade Elétrica no Nível da Água Subterrânea de um Vale Aluvial no Agreste de Pernambuco. In: IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE, 2009, Recife. VI Semana de Ciência e Tecnologia.
- Silva, A. E. P., Angelis, C. F., Machado, L. A. T., Waichaman, A. (2008). Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. Revista Acta Amazônica, 38 (4), pp.733-742.
- Silva, W. P. Da., Almeida, C. D. G. C., Rolim, M. M., Silva, E. F. F. E., Pedrosa, E. M. R., Silva, V. G. De F. (2010). Monitoramento da salinidade de águas subterrâneas em várzea cultivada com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 18 (4), pp. 394-401.
- Silvério Da Silva, J. L. Moreira, C. M. D. Löbler, C. A., Osorio, Q. Da S. (2012) Captações de Água Subterrânea no Campus da UFSM, Santa Maria - RS. Revista Monografias Ambientais, v.9, n.9, p. 1953-1969.
- Silvério Da Silva, J. L.; Do Carmo A. (2013). Monitoramento da Condutividade Elétrica Em Poço Raso Em Zona De Afloramentos Do Sistema Aquífero Guarani, Rs. In anais: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos de Bento Gonçalves.: ABRH, Porto Alegre.
- Souza Filho, O. A. De, Veríssimo, L. S., Silva, C. M. S. V., Santiago, M. M. F. (2004). Medidas hidroquímicas nas águas subterrâneas da região de Irauçuba, norte do Ceará. Em: XXIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.
- Vasconcelos, U., Calazand, G. M. T., Andrade, M. A. G. De, Medeiros, L. V. (2006). Evidência do antagonismo entre Pseudomonas aeruginosa sobre bactérias indicadoras de contaminação fecal da água. Revista Higiene Alimentar, 21 (140), pp.127-131.