



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Dados da CPRM/SIAGAS e Imagens STRM como Base Cartográfica na Elaboração de Mapeamento em Recursos Hídricos Subterrâneos em Escala Municipal: o Caso de Nova Palma, RS

Carlos Alberto Löbler¹, Lueni Gonçalves Terra², José Luiz Silvério da Silva³

¹ Graduado em Geografia pela UFSM, mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria PPGEAMB/UFSM. carloslobler@gmail.com Autor para correspondência

² Graduada em Geografia pela UFSM, mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria PPGEAC/UFSM. lueniterra@gmail.com

³ Geólogo, Prof. Doutor do departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. silveriufsm@gmail.com

Artigo recebido em 06/06/2014 e aceite em 15/08/2014.

RESUMO

O estudo da tendência de direção de fluxo subterrâneo baseado na superfície potenciométrica é uma importante ferramenta para o conhecimento e gestão das águas subterrâneas. Diante disso, é importante que o banco de dados utilizado para essas análises seja consistente. Assim, definiu-se o objetivo deste trabalho: comparar duas fontes de dados importantes, as informações hidrogeológicas do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/SIAGAS Web, da Companhia de Pesquisas em Recursos Minerais/ CPRM Serviço Geológico do Brasil e as cotas altimétrica da boca dos poços em formato *raster a partir da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Os dados foram tratados com auxílio dos programas *ArcGIS 10* (extração dos dados) e *Surfer8* (interpolação dos dados). Foram encontradas algumas diferenças de cotas altimétricas nos poços. As mais significativas da ordem de 150, 95, 52 e 39 metros. Porém os dados, quando espacializados, na forma de Modelo Numérico do Terreno/MNT e superfície potenciométrica indicando a tendência de direção de fluxo, as diferenças não influenciaram de maneira significativa os resultados. Isso pode ser observado aplicando-se o Coeficiente de Correlação por Postos de Spearman. Concluiu-se que, as duas bases testadas no estudo podem ser utilizadas com eficácia como base cartográfica no mapeamento de águas subterrâneas em escala local, municipal.

Palavras-chave: comparação, banco de dados, águas subterrâneas, SIG.

Data CPRM / SIAGAS and STRM stock as Base Cartographic Mapping the Development of Underground Water Resources in Municipal Scale: The Case of Palma Nova, RS

ABSTRACT

The study of the trend direction of groundwater flow based on the potentiometric surface is an important tool for the understanding and management of groundwater. Therefore it is important that the database used for this analysis presents collation. Thus, we defined the objective of this paper: comparing two important sources of data and Hydrogeological information Groundwater Information System Web, from the Research Mineral Resources Company (CPRM) Brazilian Geological Survey, and the altitudes at mouth of the wells at raster format from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). The data were processed with the use of the ArcGIS 10 (data extraction) and Surfer 8 (data interpolation) softwares. Some differences in elevations were found in wells. The most significant of the order of 150, 95, 52 and 39 meters. But when the data were spatially in the form of Digital Terrain Model / DTM, potentiometric surface and tendency to flow direction, the differences did not influence significantly the results. This can be seen by applying the Spearman Rank Correlation Coefficient. We concluded that the two bases tested in this paper can be effectively used as the basis of cartographic mapping groundwater at local scale, municipal.

Keywords: balance, database, groundwater, GIS.

Introdução

O estudo das águas subterrâneas, no Brasil, carece de um banco de dados confiável e de grande abrangência. Uma das principais fontes de dados é a base do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas *Web* da Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM/SIAGAS), o qual pode ser acessado por todos pesquisadores.

Na base de dados da CPRM estão cadastradas 232.593 captações de águas subterrâneas em poços para o país (CPRM/2014). Dessas, 13.926 para o Estado do Rio Grande do Sul/RS. Porém, verifica-se que os poços cadastrados possuem, muitas vezes, falta de informações, como a cota altimétrica do local onde está instalada a captação de água.

Desde 1970 as metodologias empregadas em estudos ambientais sofreram grande impacto das novas geotecnologias proporcionando uma maior agilidade, objetividade, consistência e precisão na obtenção de bases de dados para fins de tomada de decisões geoespaciais (CARVALHO, 2007). Nos últimos anos, verifica-se uma crescente disponibilidade de produtos a partir do uso de satélite, entre eles estão às imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

O projeto com uso de satélites SRTM foi criado com o objetivo de obter informações altimétricas da superfície terrestre gerando uma base para estudos em diferentes áreas de pesquisa, com aplicação na

hidrologia, geologia, geomorfologia e muitas outras que possuam enfoque no meio ambiente e procuram descrever a superfície terrestre (LÖBLER *et al* 2013)

Essas imagens necessitam processamento num ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG). Com isso a evolução dos SIGs também é importante para o melhor aproveitamento dos produtos de imagens de satélites e consequente evolução na ciência.

Segundo Vieira e Tagliani (2001), com as informações espaciais disponíveis em um banco de dados espacial, é possível o planejamento dos recursos naturais, considerando exigências e restrições inerentes a cada caso e apresentando o resultado em qualquer escala. Essas informações podem ser sistematizadas por meio da utilização de técnicas de geoprocessamento

Silva e Zaidan (2010) salientam que a tecnologia de geoprocessamento é uma ferramenta eficaz no que diz respeito à precisão, confiabilidade e velocidade na geração de dados relativos à análise ambiental. Além disso, tornam viáveis a manipulação de grande volume de dados e a disponibilização rápida de um universo de informações

Estudos recentes mostram que quando comparado a outras bases cartográficas as imagens SRTM apresentaram bons resultados, como os apresentados por Löbler *et al.* (2013). Os autores mostraram que, para estudos de altitude e declividade do terreno, a utilização das imagens SRTM apresentam resultados satisfatórios, principalmente na escala 1:50.000 e menores. Os autores

concluíram que as imagens podem servir de instrumento em estudos nas áreas em que há vazios de informações.

De acordo com Barbosa *et al.* (2012), o modelo numérico do terreno (MNT) é considerado uma representação digital da superfície da Terra. Para Erskine *et al.* (2007) a precisão do MNT, assim como o tamanho da grade das amostras estão intrinsecamente relacionados com a fonte de dados e o método de amostragem utilizados.

A tendência de direção de fluxo pode ser utilizada para determinar áreas de recargas e descargas de água subterrâneas e auxiliam na indicação de aquífero afluente e influente em um rio (BOEZIO *et al.*, 2006). Contudo, para estimar a tendência de direção de fluxo é necessária uma base de dados altimétricos.

Segundo Demétrio *et al.* (2006) a superfície potenciométrica é uma ferramenta importante para que seja conhecido o fluxo das águas subterrâneas. Os autores ressaltam que apesar da obtenção do mapa ser simples há uma grande dificuldade na aquisição das cotas altimétricas.

Nesse sentido e diante da relevante importância das bases cartográficas para estudos ambientais em recursos hídricos subterrâneos, delineou-se como objetivo principal deste trabalho: comparar dados de cotas altimétricas da base de dados CPRM/SIAGAS disponível na *internet* com as cotas obtidas nas imagens SRTM. O resultado permite a verificação da confiabilidade das bases cartográficas

utilizadas, através de mapas e banco de dados. Para tanto, serão construídos mapas temáticos de Modelo Numérico do Terreno/ MNT, da superfície potenciométrica indicativa da tendência de direção de fluxo e comparação das duas fontes primárias de dados.

Os estudos envolvendo a análise das águas subterrâneas com a indicação de tendência da direção de fluxo e o cálculo da superfície potenciométrica possui maior aplicabilidade quando realizados principalmente na escala municipal. O trabalho foi executado para o Município de Nova Palma, onde existe uma base considerável de dados altimétricos no cadastro CPRM/SIAGAS e também de trabalhos anteriores (LÖBLER, 2013; LÖBLER & SILVÉRIO DA SILVA, 2013).

Material e Métodos

Área de estudo

O Município de Nova Palma está situado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, na borda da Bacia sedimentar do Paraná, na zona de transição entre a Depressão Central e os derrames vulcânicos da Formação Serra Geral constituindo o Planalto. A região é conhecida como Quarta Colônia de Imigração Italiana, conforme apresentado na Figura 1. O município está inserido, na microrregião de Restinga Seca e dentro da mesorregião Centro Ocidental Sul Rio-Grandense, segundo divisões do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Segundo dados demográficos do IBGE (2010), o Município de Nova Palma possui 6.342 habitantes. Apresentando uma área de extensão total de 313,5 km² (leitura *ArcGIS*,

shape IBGE, 2005) com destaque para a produção agropecuária e cultivos como: soja, milho, fumo e também no setor industrial com a produção agroindustrial e moveleira.

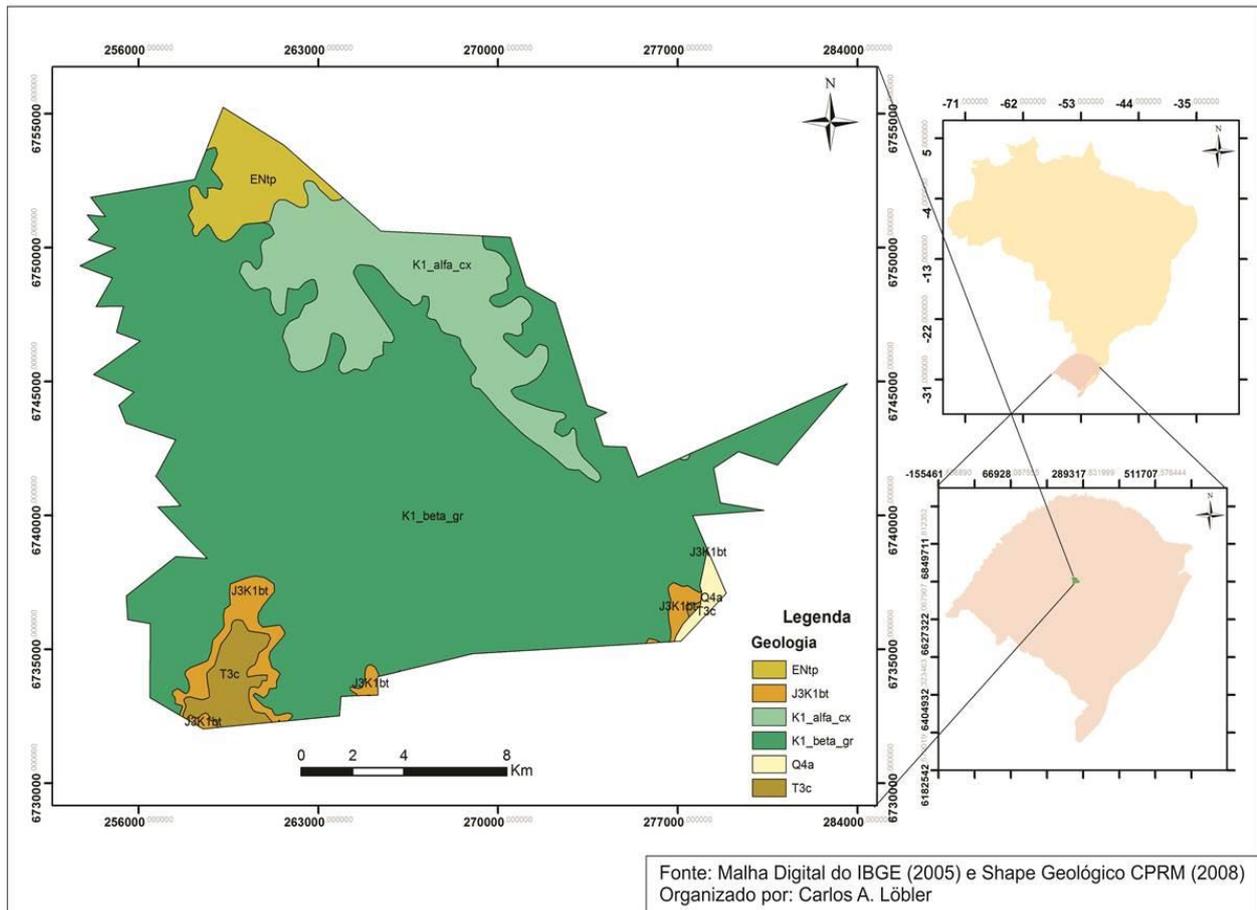


Figura 1. Mapa de localização do Município de Nova Palma com as feições geológicas. Onde: Q4a – Depósitos Aluviais, ENtp: Formação Tupanciretã, K1_alfa_cx: Fácies Caxias ((Formação Serra Geral), K1 beta gr: Fácies Gramado (Formação Serra Geral), T3c: Formação Caturrita, J3K1BT: Formação Botucatu.

Aquisição dos dados

Primeiramente, foi organizado um banco de dados com 36 poços (que vieram a serem pontos) disponíveis na base do SIAGAS/CPRM que adota na identificação do poço (ID). Utiliza os sistemas de coordenadas geográficas (SCG) e o sistema e Universal Transversa de Mercator (UTM),

Sendo adotado o *datum* SAD69 como referência. A partir disso, foram selecionados os poços cadastrados no sistema e os dados a serem utilizados na pesquisa.

Para o MNT foram usados 36 poços, que só utilizam a cota altimétrica do terreno onde está instalado o poço. Já para a superfície potenciométrica foram usados 21

registros, pois esses usam a relação entre a cota do terreno e o nível estático da água, quando da sua perfuração.

A imagem SRTM foi retirada do sítio *web* da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), posteriormente carregada no ambiente *ArcGIS*, assim como a planilha contendo as coordenadas dos poços. A partir disso, localizando-se os pontos através de suas coordenadas, possibilitando a leitura do *pixel* estimando a cota do terreno no local da captação.

Para o cálculo da superfície potenciométrica se utilizou a cota altimétrica na “boca” do poço menos o nível da água (zona saturada, onde todos os poros da rocha estão preenchidos com água) para as duas bases cartográficas de cálculo. Esse elemento também estima a direção do fluxo subterrâneo da água.

É importante salientar que para ambos os dados foi usado como *datum* de referência o WGS 84. As imagens SRTM são adquiridas neste formato, já os dados da CPRM que se apresentavam no *Datum* SAD 69 foram transformados em WGS 84 usando-se a metodologia do IBGE.

Espacialização dos resultados

Para confecção dos mapas temáticos foram usados os programas: *ArcGIS 10* (para leitura das cotas das imagens SRTM e delimitação da área de estudo com base no *shape* do IBGE, 2005), Para a interpolação dos dados se utilizou o programa *Surfer 8*, com o método de interpolação *krigagem*, onde

também foi confeccionado o *overlay* das informações com o intuito dos *layers* ficarem sobrepostos. Algumas falhas no *layout* foram solucionadas com o auxílio do programa *CorelDRAW X5*.

Para a interpolação dos dados no Programa *Surfer8* foi utilizado o método de interpolação *krigagem* por ser o que melhor representou os resultados e que possui boa aceitação na literatura. A *krigagem* é um método que permite estimar o valor desconhecido associado a um ponto, área ou volume, a partir de um conjunto de “n” dados $\{Z(x_i), i=1, n\}$ disponíveis. A *krigagem* é feita após a conclusão dos estudos geoestatísticos, os quais poderão inclusive indicar a não aplicação deste método se o comportamento da variável regionalizada for totalmente aleatório (BARBOSA, 2006).

O mapa de tendência da direção de fluxo foi construído a partir da superfície potenciométrica gerados das duas bases cartográficas. O programa *Surfer8* estimou a tendência de direção de fluxo, destacando que a água subterrânea movimenta-se das áreas de maior valor (alto potenciométrico) de superfície potenciométrica para as áreas de menor valor (baixos potenciométricos) (HEATH, 1983)

Correlação dos valores

A correlação dos dados nas diferentes bases foi analisado através do uso de correlação não paramétrica coeficiente por postos de Spearman. De acordo com Siegel (2006) de todas as estatísticas baseadas em

postos essa é talvez a mais conhecida. O autor a descreve como uma medida de associação entre duas variáveis que se apresentam. O objetivo da correlação por postos de Spearman é verificar o nível de significância entre as variáveis apresentadas, através de uma tabela preestabelecida de coeficientes (tabela 1).

Segundo Cargnelutti Filho *et al.* (2010) mesmo que o método seja mais eficaz para amostras de até 30 elementos (n) ainda pode-se usar a correlação por postos de Spearman e ter uma representação significativa para amostras excessivamente maiores. Visto que a amostra selecionada para esta pesquisa é um pouco superior ainda há uma boa significância quando os resultados são próximos a 1.

Tabela 1. Valores críticos de r_s , coeficiente de correlação por Postos de Spearman.

N	Nível de significância	
	0,05	0,01
4	1,000	
5	0,900	1,000
6	0,829	0,943
7	0,714	0,893
8	0,643	0,833
9	0,600	0,783
10	0,564	0,746
12	0,506	0,712
14	0,456	0,645
16	0,425	0,601
18	0,399	0,564
20	0,377	0,534
22	0,359	0,508
24	0,343	0,485

26	0,329	0,465
28	0,317	0,448
30	0,306	0,432

Fonte: Siegel (2006).

As variáveis foram tabuladas com auxílio do Programa *Microsoft Office Excel*. A partir disso, aplicou-se a equação proposta por Spearman, conforme a equação 1. Depois disso determinaram-se os diversos valores d_i = diferença entre os dois postos.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{N^2 - N} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

d_i = a diferença entre cada posto de valor correspondentes de x e y, e

n= o número dos pares dos valores.

Eleva-se ao quadrado cada d_i e soma-se o total, obtendo, $\sum_{i=1}^N d_i^2$. Substituindo na equação 1, junto com o número de indivíduos obtém-se o nível de significância.

Resultados e Discussão

A partir dos resultados pode-se observar que em dois pontos avaliados houve uma diferença significativa, maior do que 150 metros, outros dois pontos apresentaram diferença de 95 metros e 52 metros, entre as cotas altimétricas obtidas pela imagem SRTM e àquelas disponibilizadas pelo SIAGAS (quadro 1). As demais diferenças foram menores do que 39 metros podem ser explicadas pelo modo sua aquisição e o tipo

de *GPS (Global Position System)* utilizado para a registro das captações por poços, na base de dados da CPRM/SIAGAS. Já que cada aparelho pode apresentar uma diferente precisão e erros na altitude altimétrica de até 15 metros.

Após aplicado o Coeficiente de Correlação por Postos de Spearman, foi obtido o valor 0,887 para um nível de sigificância de 99 %. Isso indica, como os

valores foram próximos de 1, que há correlação entre os dados obtidos com uso da base de dados do *raster SRTM* e da base de dados da CPRM/SIAGAS.

A espacialização dos dados observados e representado na figura 2. Pelo modelo MNT pode-se contatar que, de uma maneira geral, não há um grande comprometimento das informações apresentadas em cartogramas.

Quadro 1. Dados altimétricos extraídos da base se dados do *raster SRTM* e do banco CPRM/SIAGAS.

Ponto	Nível estático	Cota CPRM	Cota SRTM	SP/CPRM	SP/SRTM
2707	5,5	100	112	94,5	106,5
7693	2,1	100	61	97,9	58,9
7676	0,9	102	92	101,1	91,1
2706	1,39	105	123	103,61	121,61
7675	1,33	105	113	103,67	111,67
7677	5,88	105	102	99,12	96,12
7715	-	106	123	-	-
7702	-	114	105	-	-
7682	38	123	115	85	77
7679	5,5	124	112	118,5	106,5
7692	-	127	287	-	-
7694	25	129	90	104	65
7678	4,69	132	169	127,31	164,31
7681	18	140	152	122	134
7695	-	140	102	-	-
7701	-	218	200	-	-
7703	20	308	298	288	278
7684	-	334	335	-	-
7685	-	353	357	-	-
7683	0,93	378	398	377,07	397,07
7680	-	397	415	-	-
7686	-	410	426	-	-
7687	18,9	420	419	401,1	400,1
7689	-	440	452	-	-
7688	1,12	448	450	446,88	448,88
7696	80	465	413	385	333
7691	-	490	474	-	-
7698	-	490	494	-	-
7699	26,28	490	494	463,72	467,72
7700	-	499	491	-	-

7711	-	499	341	-	-
7690	9,71	505	484	495,29	474,29
7697	-	566	532	-	-
2704	0,9	82	98	81,1	97,1
2703	1,33	86	100	84,67	98,67
2705	2,29	95	190	92,71	187,71

Fonte: Base de dados CPRM/SIAGAS e dados do *Raster* SRTM. Organizado pelo autor

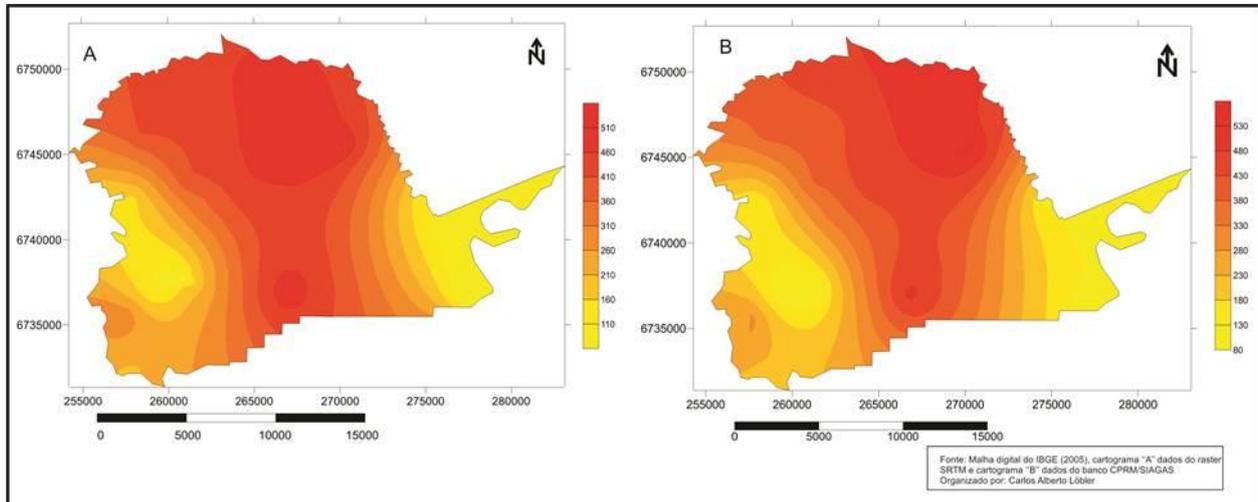


Figura 2. Cartograma “A” MNT com base nos dados da SRTM e cartograma “B” MNT com base nos dados da CPRM.

A partir da observação das figuras 3 (A e B) apresentadas para demonstrar as direções de fluxo das águas subterrâneas com base nas cotas extraídas das imagens SRTM e às obtidas na base SIAGAS, pode-se verificar que as diferenças entre os valores não representaram mudança significativa na

predisposição de direção do fluxo. Algumas diferenças podem ser observadas nos extremos sul e sudoeste, o que também pode ser explicado por ser a área correspondente aos pontos de maior divergência dos dados comparados (quadro 1).

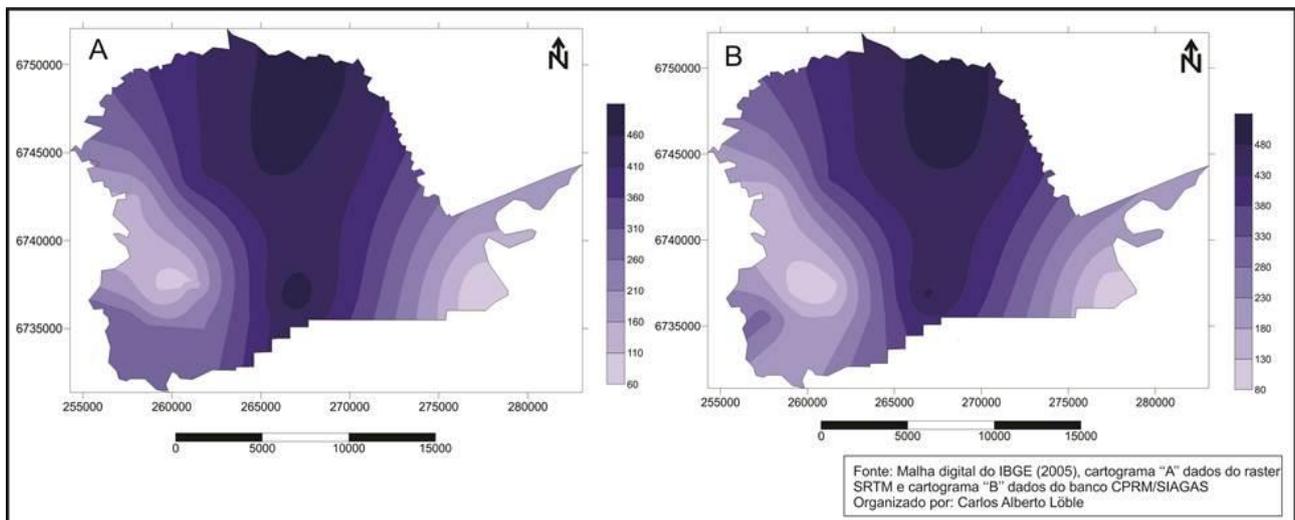


Figura 3. Cartograma “A” Superfície potenciométrica com base nos dados da SRTM e Cartograma “B” Superfície potenciométrica com base nos dados da CPRM/SIAGAS.

A partir da observação das estimativas de direção de fluxo das águas subterrâneas, representadas na figura 4, nos cartogramas A e B, pode-se perceber que, para o estudo em questão às divergências encontradas nas bases dos dados não são significativas, tendo em vista que o resultado final apresentou significativa semelhança. Assim, não

comprometendo a análise final de pesquisas que objetivam avaliar a direção do fluxo no ambiente subterrâneo, incluindo-se aquífero livre (rochas sedimentares clásticas, aquíferos porosos intergranulares) e confinados constituídos por (rochas cristalinas da Formação Serra Geral, aquíferos fissurais).

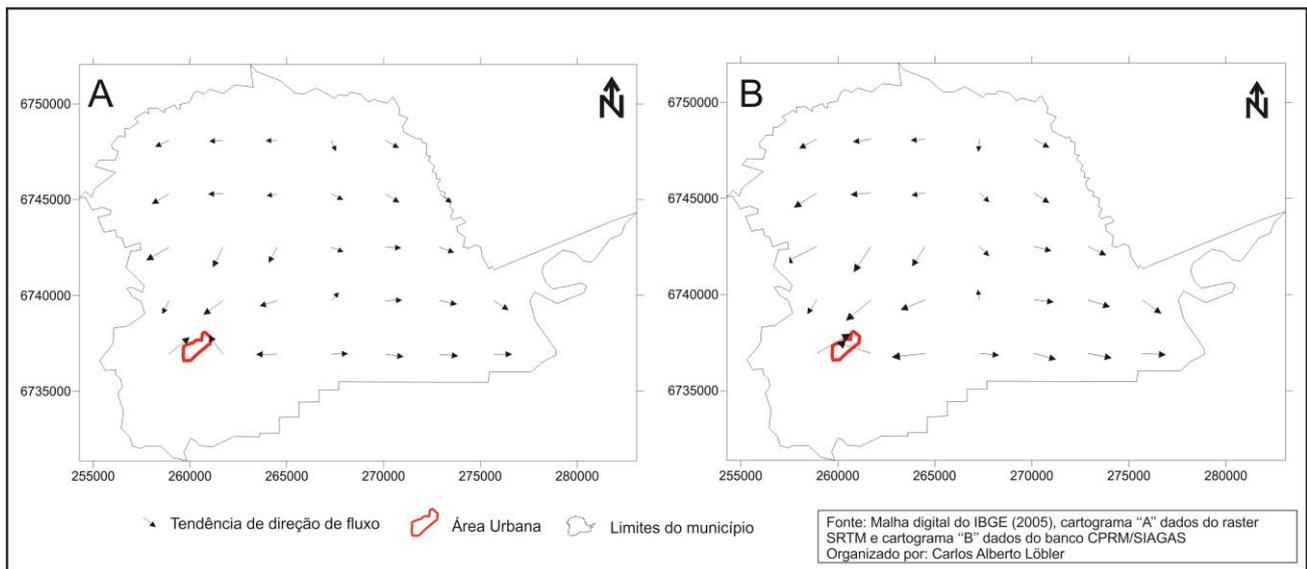


Figura 4. Cartograma “A” tendência de direção de fluxo com base nos dados da SRTM e Cartograma “B” tendência de direção de fluxo com base nos dados da CPRM/SIAGAS.

4. Conclusões

A partir da comparação de duas fontes de dados foi possível a geração de mapas/cartogramas com informações relativas às captações de águas subterrâneas cadastradas no SIAGAS para o Município de Nova Palma. Através da extração de cotas altimétricas de duas bases cartográficas: base *raster* SRTM e os dados disponíveis no banco de dados CPRM/SIAGAS. Concluiu-se que

houve pouca significância na divergência dos resultados, o que foi corroborado pela correlação por postos de Spearman.

A posterior espacialização dos dados obtidos, em escala municipal, permitiu concluir que as diferenças das duas bases não foram relevantes ou significativas visualmente. Diante disso, concluí-se, pela semelhança observada nos resultados especializados em cartogramas e os resultados da aplicação estatística, que tanto as imagens

SRTM quanto os dados da CPRM/SIAGAS são eficazes como base cartográfica no mapeamento de águas subterrâneas quando trabalhado em escala local, municipal.

5. Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul/FAPERGS e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES por disponibilizar bolsas de pós-graduação PPGEAMb e PPGEC/UFSM.

Referências

- Heath, R. C. 1983. Hidrologia básica de águas subterrâneas. Denver: 86 p. USGS Paper nº20. Wrege, M. e Potter, P. (Trad.) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS.
- Vieira, E.; Tagliani, C. R. 2001. Criação de um banco de dados geográficos para o Município de Capão do Leão - RS. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 10. (SBSR), 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2001. p. 1039-1046. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.13.03>>. Acesso em: 14 fev. 2013.
- Barbosa, J. P. M. 2006. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. *Caminhos de Geografia*, V. 9 (17), p. 85 a 96.
- Boezio, M. N. M.; Costa, J. F. C. L.; Koppe, J. C. 2006. Cokrigagem colocada aplicada ao mapeamento do nível de água subterrânea. *Revista Escola Minas*, v. 59, n. 2.
- Demetrio, J. G.; Correia, L. C.; Saraiva, A. de L. 2006. Utilização de imagens SRTM na confecção de mapas potenciométricos. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. ABAS, São Paulo. SP.
- Siegel, S. 2006. Estatística não paramétrica: para as ciências do comportamento. 2ed. São Paulo: Arted. 448 p.
- Carvalho, T. M. 2007. Métodos de sensoriamento remoto aplicados à geomorfologia. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 1, n. 1, p. 44-54.
- Erskine, R. H.; Green, T. R.; Ramirez, J. A.; Macdonald, L. H. 2007. Digital elevation accuracy and grid cell size: Effects on estimated terra in attributes. *Soil Science Society of America Journal*, v.71, p.1371-1380.
- Silva, J.X.; Zaidan, R.T. 2010. Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações. 4ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Cargnelutti, F. A. et al. 2010. Tamanho de amostra para estimação do coeficiente de correlação linear de Pearson entre caracteres de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 12, p. 1363-1371.
- Cardozo, C. L.; Lima L. A. de; Alves, L. F.; Neres, A. O.; Menezes, J. M. 2011. Uso de Geotecnologias e Análise de Multicritério para Mapeamento de Recarga Hidrogeológica da Região Sul Fluminense do RJ. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE p.3835.
- Nummer, A. V.; Guareschi, V. D.; Sangói, D. S. 2011. A fragilidade ambiental do Aquífero Serra Geral na sub-bacia hidrográfica do Alto Uruguai-Brasil. *Revista Mercator*, v. 10, n. 23, p. 187-205.
- Barbosa, A. P.; Silva, A. F.; Zimback, C. R. L. 2012. Modelo numérico do terreno obtido por diferentes métodos em cartas planialtimétricas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.6, p.655-660.
- Galvão, P. H. F.; Demétrio, J. G. A.; Souza, E. L. de; Pinheiro, C. do S. da S.; Baessa, M. P. M. 2012. Hidrogeologia e geometria dos aquíferos das formações Cretáceas Içá e

Solimões, Bacia Paleozoica do Solimões, na região de Urucu, Amazonas. 42 (Suppl1): 142-153.

Löbler, C. A.; Silvério da Silva, J. L. 2013. Análise da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas do município de Nova Palma, estado RS. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

Löbler C. A.; Scoti A. A. V.; Terra L. G.; Ertel T.; Silvério da Silva, J. L. 2013. Estudo

comparativo entre imagens SRTM e cartas do exército para estudo plano altimétrico em bacias hidrográficas. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 15 n. 15 Out. 2013, p. 3005- 3011.

BRASIL, Serviço Geológico- Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais/CPRM. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas/SIAGAS. Disponível em <http://www.cprm.gov.br>. Visitado em Janeiro 2014.