

Distribuição espacial da precipitação acumulada no verão 2013/14 nas áreas de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo

Vitor Fidelis Monteiro Gonçalves¹
Lucas Vituri Santarosa¹
Donizeti Aparecido Pastori Nicolete¹
Thiago Ramires¹
Rodrigo Lilla Manzione²

¹ Mestrando (Irrigação e Drenagem)
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP
Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu
Fazenda Lageado - Rua José Barbosa de Barros, nº 1780 CEP: 18.610-307
Botucatu, SP, Brasil.
vitorfmg3@gmail.com
lucasviturissantarosa@gmail.com
dnicolete@gmail.com
thiramires@gmail.com

² Professor Doutor
Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP
Campus de Ourinhos
Av. Vitalina Marcusso, nº 1500 CEP: 19.910-206 Ourinhos, SP, Brasil
manzione@unesp.ourinhos.br

Abstract: The summer of 2013/14 was one of the driest ever record at São Paulo State, Brazil. This work presents the using of a geoestatistical framework to analyze the rainfall captured by the Tropical Rainforest Measurement Mission (TRMM), a NASA satellite, in the summer of 2013/14 at the outcrops of Guarani Aquifer System (GAS) at São Paulo State. From variography and ordinary kriging, was produced a map for the average rainfall for summer periods of 2002 to 2012 to be comared with another map for the accumulated rainfall for the summer of 2013/14. It had been analyzed the percentage differences between the two maps, showing a reduction in the rainfall in all areas. These decreases of the rainfall in the outcrops of GAS can influence in the recharge rates of the aquifer.

Palavras-Chave: rainfall, groundwater, recharge, precipitação, águas subterrâneas, recarga

1.Introdução

Com a escassez hídrica ocasionada pela baixa pluviosidade no verão 2013/2014, recorde dos últimos 30 anos, cresce a preocupação com a disponibilidade dos recursos hídricos. O movimento da água na Terra através do ciclo hidrológico, depende da chuva como principal entrada para esse sistema. O ciclo hidrológico ocorre através da evaporação e transpiração das plantas. Esse vapor d’água ascende à atmosfera e condensa, voltando para a superfície através de precipitação, na forma de neve ou chuva. A água pode infiltrar e percolar até o lençol freático e recarregando os aquíferos, ou escorrer superficialmente encontrando rios e lagos. Assim, para que se compreenda os mecanismos de recarga das águas subterrâneas se faz necessário o estudo da precipitação incidente sobre as áreas de recarga dos sistemas aquíferos.

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um conjunto de rochas sedimentares que se encontram saturadas por água, variando de 200 a 800 metros de profundidade, distribuídos em uma área de 1.195.000 km², compreendendo os estados do Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Goiás e Santa Catarina (Rosa Filho et al., 2003). É um aquífero confinado, e a sua recarga ocorre de duas formas:

através da chuva direta nas áreas de afloramento (nas bordas), ou indiretamente, através de fissuras e discontinuidades na área de confinamento, lentamente. A água infiltrada se aloja na formação Botucatu (granulação fina a média) sotoposta à formação Pirambóia (granulação fina), sendo a segunda uma barreira natural, favorecendo a acumulação (Gomes et al., 2008). No Estado de São Paulo, sua área de afloramento compreende 92 municípios (Figura 1) e é considerada como área de recarga direta do SAG (Albuquerque Filho et al., 2012).

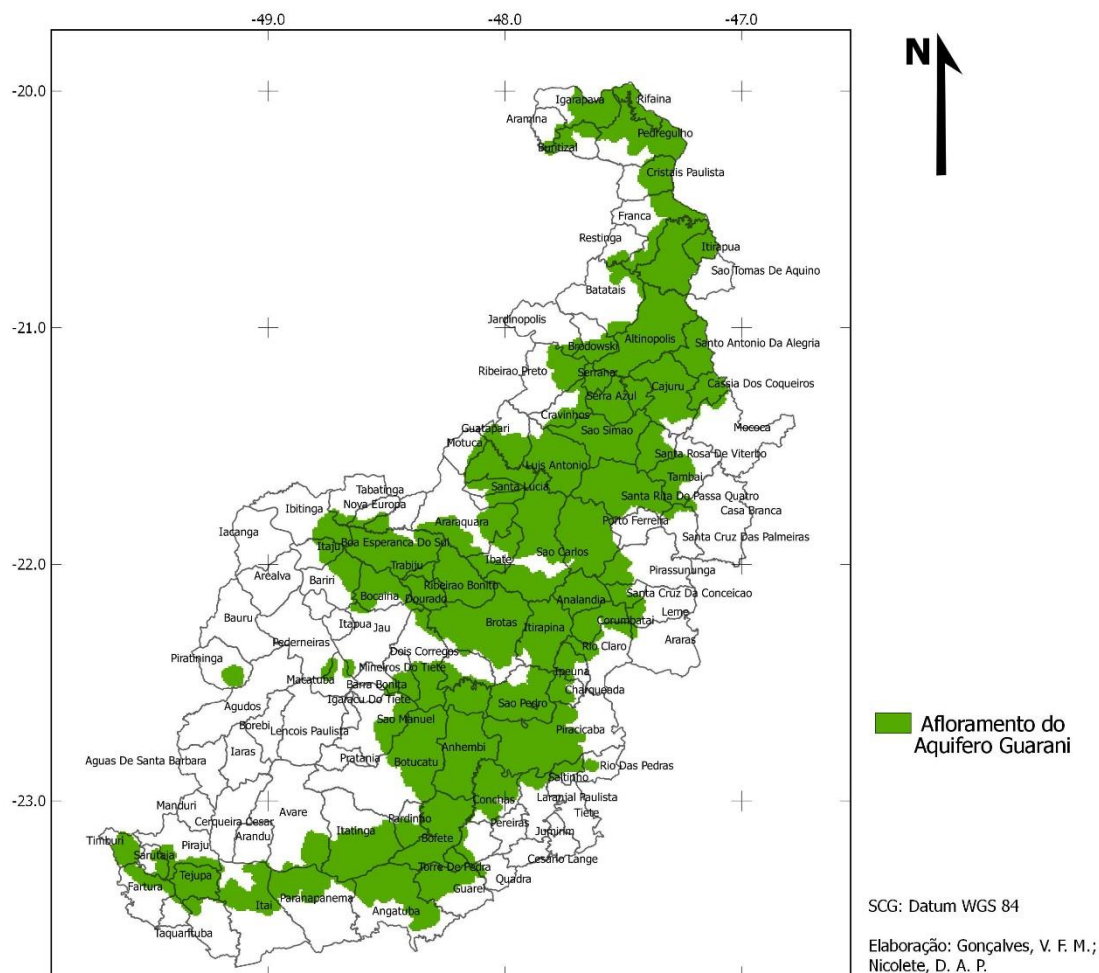


Figura 1: Mapa com a localização do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo

O *Tropical Rainforest Measurement Mission (TRMM)* é um satélite construído em parceria entre a Nasa (*National Aeronautics and Space Administration*) e a JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*), e foi lançado 27 de Novembro de 1997 (Silva e Rocha, 2013). Este satélite foi construído para medir o acumulado de precipitação no globo. O satélite possui 5 instrumentos: o *Precipitation Radar (PR)*, *TRMM Microwave Imager (TMI)*, *Visible and InfraRed Scanner (VIRS)*, *Cloud and Earth Radiant Energy Sensor (CERES)* e *Lightning Imaging Sensor (LIS)*. O PR é um instrumento feito para prover mapas tridimensionais da estrutura de tormentas (*storm structure*), com resolução horizontal de 5 km e faixa de varredura com 247 km de largura. Esse radar pode gerar perfis verticais de chuva e neve superficial de até 20 km, com possibilidade de detectar desde eventos de chuva leve (0.7 mm) até eventos mais extremos. O TMI é um sensor de

micro-ondas passivo desenvolvido para gerar informações quantitativas sobre a chuva na área de varredura do satélite, com possibilidade de quantificar o vapor de água, a água na nuvem e a intensidade da chuva na atmosfera, através da medida das porções de energia micro-ondas emitida pela Terra e sua atmosfera, minuto a minuto. O VIRS é um sensor que capta a radiação vinda da Terra em 5 regiões espectrais, do visível ao infravermelho (0.63 a 12 μm), com possibilidade de delinear o evento de chuva e a intensidade de radiação em diversas bandas possibilita medir a insolação e a temperatura da superfície. Com os dados gerados pelo CERES pode-se estudar a troca de energia entre o sol, a atmosfera, a superfície, as nuvens e o espaço, entretanto ficou em operação entre Janeiro e Agosto de 1998, e Março de 2000. O LIS é um sensor capaz de detectar os relâmpagos (lightning) nas áreas tropicais do globo, é uma importante fonte de dados para as previsões de tempo imediatas.¹

O objetivo deste trabalho foi demonstrar a quantidade de pluviosidade para as áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo para o verão 2013-2014, comparado a média dos mesmos dados para um período anterior de 10 anos (2002-2012), através dos métodos de análise de dados, tendo como base os dados do satélite TRMM.

2. Materiais e Métodos

Para o trabalho, foi considerado verão, os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, sendo o início no primeiro dia de dezembro e término no dia no dia 31 de março. Para o primeiro mapa, foram agrupados estes meses, em um período de 10 anos, de 2002 a 2012. A partir desses dados foi calculada a média para os verões no período. Essa média foi comparada aos valores para dezembro de 2013, janeiro, fevereiro e março de 2014.

O software utilizado para mapeamento desses dados foi o SAGA GIS 2.1.2. Foi utilizado um *shapefile* da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani para o Estado de São Paulo (Albuquerque Filho et al., 2012), para delimitação da área de estudo. Foi utilizado como método de interpolação inverso do quadrado da distância. Este método estima um ponto de acordo com sua vizinhança, e a média criada para essa estimativa é ponderada pela distância entre os vizinhos e o ponto a ser interpolado. Esse método proporciona um cenário onde os valores estimados nunca são maiores que aqueles amostrados a campo (Miranda, 2010). Nesse método, os pontos de amostragem mais próximos ao ponto interpolado possuem maior valor do que aqueles mais distantes. Entretanto, pode-se utilizar ao invés do inverso da distância simples, outras potências, mudando, assim, a taxa de decréscimo da função de ponderação, em acordo com a seguinte fórmula (MIRANDA, 2010):

$$\hat{v} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^p}\right) * v_i / \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^p}\right) \quad (1)$$

Onde, \hat{v} é a potência de distância, no caso deste trabalho foi utilizado a potência quadrado, sendo assim, o inverso do quadrado da distância.

Após a obtenção dos mapas interpolados com os dados referentes ao verão de 2013-2014 e à média decenal dos verões de 2002 a 2012, foi aplicada a técnica de álgebra de mapas (Cordeiro et al., 1998) para obtenção do percentual de precipitação incidente na área de estudo em relação à média dos últimos 10 anos.

¹ Dados obtidos no site: http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/instrumentfacts.html

3.Resultados e discussões

A partir do banco de dados criado gerou-se o mapa com a distribuição espacial da média da precipitação para os verões 2002-2012, conforme a Figura 2. Verificou-se uma distribuição regular de chuvas, com valores mais altos ao norte da área de afloramento do SAG e valores mais baixos na porção sul/sudoeste. A média dos dados de precipitação para esse cenário foi de 840,4 mm.

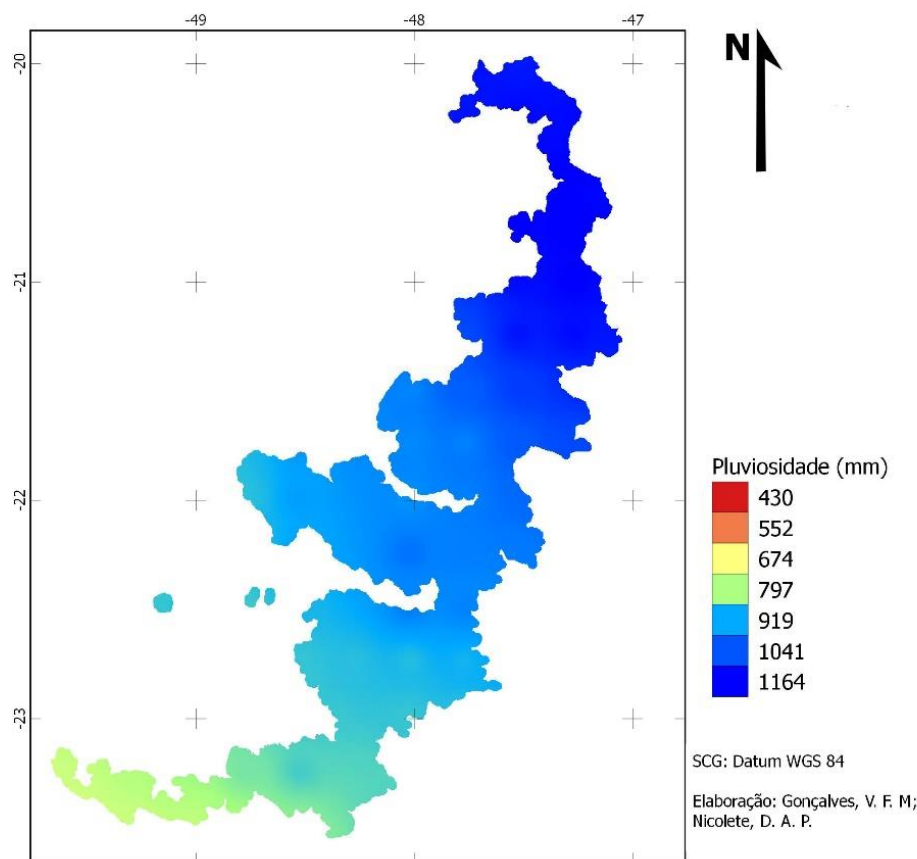


Figura 2: Mapa da distribuição espacial da pluviosidade acumulada para a região de afloramento do Sistema Aquífero Guarani, para o período 2002-2012.

Em um segundo cenário, baseando apenas no verão 2013-2014 (Figura 3), verifica-se uma diminuição nos totais precipitados em toda a área. O mapa gerado para esse período demonstra uma não uniformidade do fenômeno sobre a área analisada tendo menor quantidade de pluviosidade nas regiões nordeste e sudoeste do total de afloramento do SAG, e maior pluviosidade na região central. A média dos dados de precipitação para o verão 2013-2014 foi de 568,3 mm, correspondendo a 67,62% do total dos últimos 10 anos. Ou seja, houve uma redução de 32,37% nas chuvas na região.

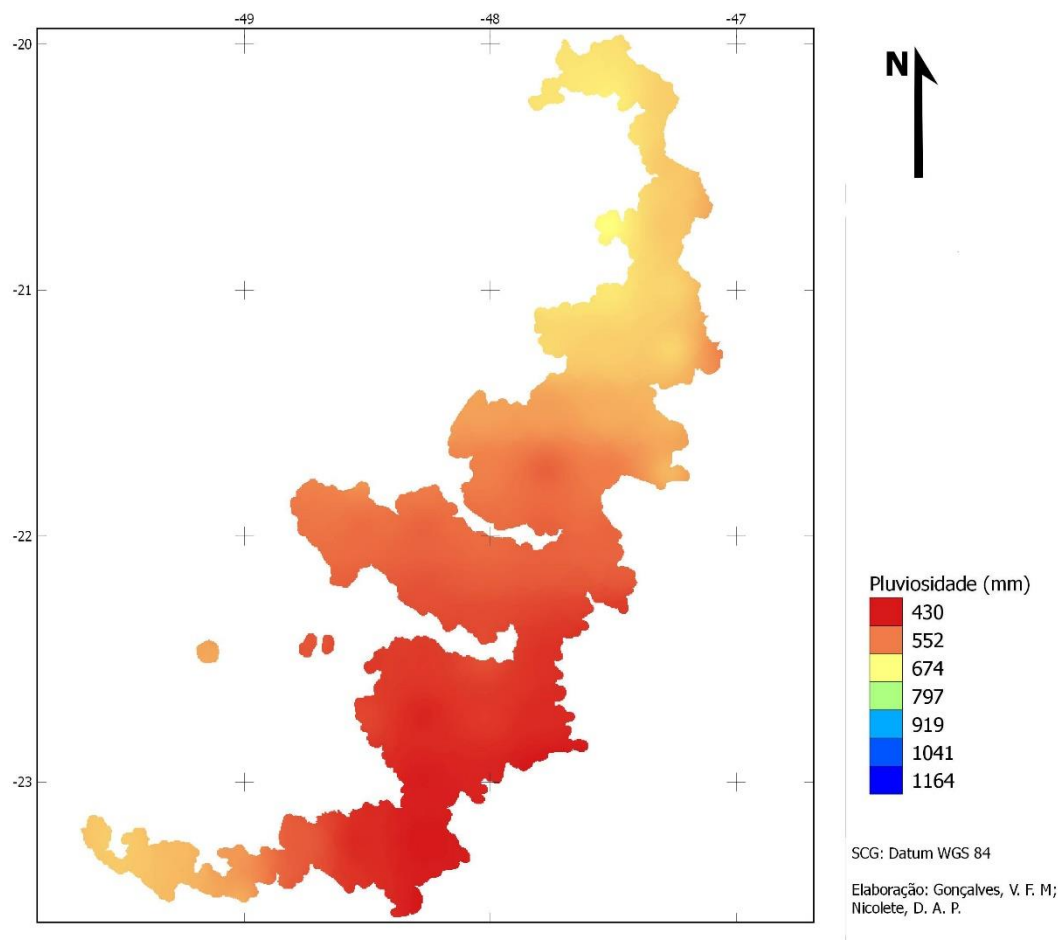


Figura 3: Mapa da distribuição espacial da pluviosidade acumulada para a região de afloramento do Sistema Aquífero Guarani, para o verão 2013-2014

Para efeito comparativo entre os cenários gerados e verificação das áreas com maiores e menores diferenças, realizou-se a elaboração de um terceiro mapa onde estariam as porcentagens relativas às diferenças entre os totais precipitados na área (Figura 4). Verificou-se um menor déficit para a região sul da área de afloramento quando comparada à média de dez anos de dados. A região mais crítica se situa na porção central da área, próximo aos municípios de Itirapina e Rio Claro, com uma redução nas chuvas acima de 50%.

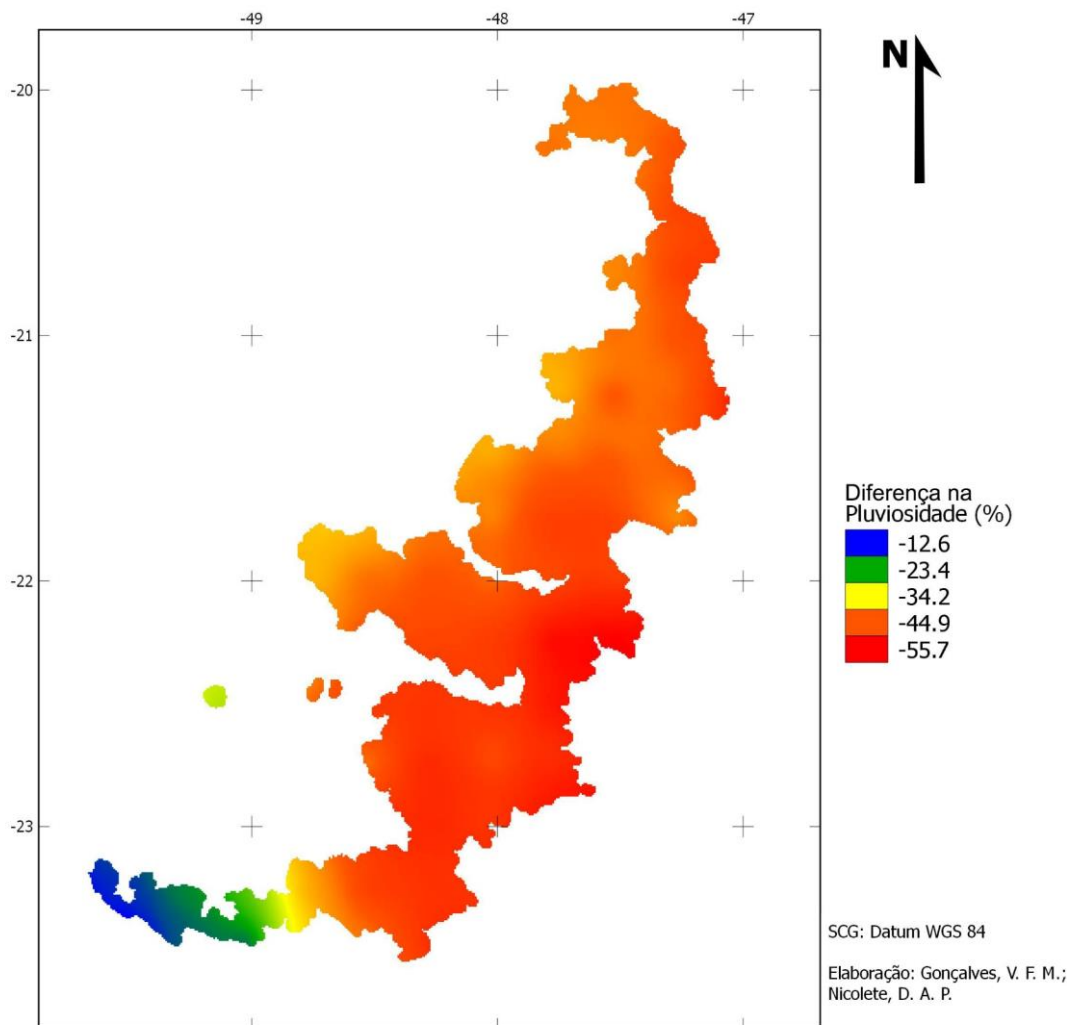


Figura 4: Mapa do saldo percentual de precipitação para a área de afloramento do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo

Nas regiões ao sul da área de afloramento, próximas a Fartura e Tejuπά, a precipitação acumulada não foi tão mais baixa como nas áreas centrais e norte, mas mesmo assim foi entre 15 e 20% menor que a média dos últimos 10 anos. Essas regiões apresentam importantes polos de agricultura irrigada, vulneráveis a diminuições drásticas no volume precipitado.

Outro aspecto de influência da menor precipitação é a possível redução da recarga do SAG, uma vez que as áreas de afloramento no Estado de São Paulo são consideradas áreas de recarga direta do aquífero. A redução na precipitação na área de afloramento do SAG pode influenciar os mecanismos de recarga, influenciando na disponibilidade hídrica nos anos que se seguem. Uma menor recarga pode comprometer as reservas de água do aquífero que vem sendo explorado das mais diversas formas, dentre elas, usos agrícolas, urbanos e industriais das cidades localizadas sobre as áreas de afloramento do SAG.

4. Conclusões

Os dados fornecidos pelo satélite TRMM foram eficientes na estimativa da precipitação incidente na área de estudo, permitindo a estimativa dos totais acumulados

durante um evento crítico como a seca no verão 2013/14 e a comparação com eventos passados.

As maiores diminuições na precipitação ocorreram próximas ao centro da área de estudo, próximo aos municípios de Itirapina e Rio Claro, chegando a mais de 50%.

Mesmo nas áreas de menores decréscimos nas taxas de precipitação, como na região próxima a Fartura e Tejupá, os decréscimos foram na ordem de 15 a 20% quando comparados à média histórica dos últimos 10 anos.

Referências

- Albuquerque Filho, J. L.; Carvalho, A. M.; Ikematsu, P.; Barbosa, M. C.; Iritani, M.; Pressinotti, M. M. N.; Rocha, G.; Silva, M. P. M.; Theodorovicz, A. **Diretrizes para o desenvolvimento e proteção ambiental da área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo, Brasil**. Boletín Geológico y Minero, v. 123, n. 3, p. 353 – 366, 2012.
- Cordeiro, J.P.; Barbosa, C.C.F.; Câmara, G. Álgebra de mapas. In: Câmara, G. et al. **Introdução à ciência da geoinformação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap8-algebra.pdf>. Acesso em: 04/11/2014.
- Gomes, M.A.F., Filizola, H. F., Spadotto, C. A., Pereira, A.S. **Caracterização das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil** – Proposta de Gestão Sustentável. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.
- Gomes, M.A.F. **Uso agrícola das áreas de afloramento do Aquífero Guarani no Brasil: Implicações para a água subterrânea e propostas de gestão com enfoque agroambiental**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 417p.
- Miranda, J.I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas** – 2.ed.rev.ataul. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.425p.
- Rosa Filho, E. F.; Hindi, E. C.; Rostirolla, S. P.; Ferreira, F. J. F.; Bittencourt, A. V. L. **Sistema Aquífero Guarani** – Considerações preliminares sobre a influência do arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. Rev. Águas Subterrâneas n°17/ Maio 2003.
- Silva, D.F.; Rocha, J.V. **Interpolação dos dados observados de precipitação pluvial e comparados com dados estimados pelo satélite TRMM**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Foz do Iguaçu. Paraná. Brasil. 13 – 18 de Abril. INPE. 2013.