

## ESCOLHA DE PARÂMETRO PARA INTERPOLAÇÃO DE PRECIPITAÇÃO DIÁRIA UTILIZANDO O INTERPOLADOR INVERSE DISTANCE WEIGHT (IDW)

*Jackscilene Nascimento Silva<sup>1</sup> ; Estela da Silva Caiado<sup>2</sup> ; Marco Aurélio Costa Caiado<sup>3</sup>\**

**Resumo** - Este trabalho teve por objetivo verificar quais são os valores de potência e do número de estações mais adequados para a interpolação dos valores de pluviosidade diária de postos pluviométricos instalados na bacia hidrográfica do rio Benevente-ES e arredores utilizando o método Inverse Distance Weight (IDW). A citada bacia se localiza no sul do Espírito Santo e apresenta grande variação topográfica (0 a 1.590 m em 60 km) e pluviométrica (1.194 mm/ano na região da foz e 2.134 mm/ano nas cabeceiras). Para este trabalho, foram utilizadas séries históricas de 16 postos pluviométricos localizados no interior da bacia e em seus arredores, cujos dados foram processados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Dados obtidos foram comparados com dados medidos por meio do cálculo do Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) e do Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (CoE). Os resultados mostraram que, para a área estudada, quatro pontos para interpolação de pluviosidade diária se mostrou mais adequado que os demais valores (maiores valores de CoE e  $r^2$ ), enquanto que, com relação ao valor da potência, valores de potência = 1 apresentou melhor CoE, enquanto a de potência = 2 apresentou melhor  $r^2$ , podendo ambos serem utilizados sem prejuízos à qualidade da interpolação.

**Palavras-Chave** - Precipitação, Bacia hidrográfica, Interpolação.

## CHOICE OF PARAMETER FOR INTERPOLATION OF DAILY PRECIPITATION USING THE INVERSE DISTANCE WEIGHT (IDW) AS INTERPOLATOR

**Abstract** – This study aimed to determine which are the better value of power and number of stations for interpolating daily rainfall from rain gauge stations installed in the basin of the Benevente river and surrounding region using the Inverse Distance Weight (IDW) method. The basin is located in southern Espírito Santo state, Brazil, and has large topographical variation (0-1,590 m in 60 km) and rainfall (1,194 mm/year close to the mouth and 2,134 mm/year in the headwaters). For this work, we used historical series of 16 rain gauge stations located within the basin and its surroundings and the data were processed in Geographic Information Systems (GIS). Simulated data were compared with measured data by the coefficient of determination ( $r^2$ ) and the coefficient of Nash-Sutcliffe (CoE). The results showed that, for the studied area, four points for the interpolation of daily rainfall was more appropriate than other values (higher values of  $r^2$  and CoE), while, with respect to the value of power, power values = 1 presented best CoE, while power = 2 had better  $r^2$ , in this way, both values can be used without harming the quality of the interpolation.

**Keywords** – Precipitation, watershed, Interpolation

<sup>1</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal Espírito Santo (IFES). E-mail: jackkns7@hotmail.com

<sup>2</sup> Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). E-mail: estelacaiado@gmail.com

<sup>3</sup> Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES). E-mail: mcaiado@ifes.edu.br

\* Autor Correspondente

## INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para estudos hidrológicos. O conhecimento da distribuição espacial e do comportamento da mesma é de suma importância para o desenvolvimento de projetos relacionados ao aproveitamento e à gestão dos recursos hídricos. As chuvas, independentemente da intensidade, representam a entrada efetiva de água na bacia hidrográfica e o deflúvio superficial, a saída do sistema, sendo fatores como relevo, tipo do solo e seu uso exemplos de condicionantes do sistema hidrológico (VIOLA et al., 2009).

Tradicionalmente, as informações pluviométricas são pontuais já que o monitoramento da precipitação é realizado em estações pluviométricas. Desta forma, para a criação de uma superfície contínua de precipitação e o consequente cálculo da mesma em uma área, faz-se necessária a utilização de interpoladores.

A interpolação é uma técnica utilizada para estimativa do valor de uma variável em locais não amostrados a partir de dados pontuais existentes na mesma região. A ideia básica que envolve os processos de interpolação é que os valores da variável estudada tendem a ser mais similares aos de locais mais próximos que aos de locais mais distantes (SILVA, 2007).

Existem vários métodos que podem ser utilizados na interpolação de dados pluviométricos, dentre eles os métodos de Krigagem (KRG), Spline, método dos vizinhos mais próximos, Inverse Distance Weight (IDW) e Topo-to-Raster são facilmente aplicáveis utilizando Sistema de Informação Geográfica, já que os principais pacotes computacionais apresentam algoritmos para estes métodos em forma de funções.

Júnior et al. (2012), utilizando os métodos de krigagem com modelo semivariograma esférico, IDW, Spline regularizada, vizinho natural e Topo to Raster na espacialização da precipitação na bacia do rio Itapemirim, ES, observaram que o método Krigagem com modelo semivariograma esférico foi o que apresentou as melhores estimativas da variável estudada, seguido pelo método IDW com potência 2. Ribeiro e Reis (2009), por sua vez, observaram que o método IDW foi o que melhor se adequou para avaliar o padrão de distribuição espacial das precipitações médias no interior da bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, a qual se situa muito próximo à bacia do rio Benevente e apresenta características fisiográficas muito semelhantes às da mesma.

O IDW realiza a estimativa da variável ao longo do espaço, ponderando pesos a cada um dos valores mais próximos ao ponto para onde a variável está sendo calculada. Desta forma, o peso de cada valor é função do inverso de uma potência da distância, ou seja, quanto mais próximo do ponto a ser estimado, maior é o peso a ser atribuído ao valor amostrado. Segundo Mello et al. (2003) *apud* Junior et al (2012), O IDW é um interpolador amplamente utilizado com o expoente dois, por isto, o método recebe a denominação de inverso do quadrado da distância, entretanto, a utilização constante do expoente dois nas interpolações tornou-se uma das questões a serem analisadas. Além disso, o número ótimo de pontos a ser utilizado na interpolação deve também ser verificado para cada região.

O presente trabalho teve por objetivo verificar quais são os valores de potência e do número de estações que são mais apropriados para avaliar o padrão de distribuição espacial das precipitações diárias na Bacia hidrográfica do rio Benevente- ES utilizando o método Inverse Distance Weight (IDW).

## METODOLOGIA

A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Rio Benevente, que se localiza no sul do estado do Espírito Santo, conforme apresentado na Figura 01. A bacia abrange total ou parcialmente os municípios de Anchieta, Alfredo Chaves, Iconha, Guarapari e Piúma e apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 1.260 km<sup>2</sup>, com uma malha hidrográfica de cerca de 827 km de extensão e disponibilidade hídrica estimada em 30 m<sup>3</sup>/s (IEMA, 2008).

Conforme pode ser observado na Figura 02, a pluviosidade da bacia apresenta uma grande variação, com mínimo de 1.194 mm/ano na região da foz e máximo de 2.134 mm/ano nas cabeceiras, diferença esta causada, principalmente, à ocorrência de chuvas orográficas ocasionadas pela presença de uma cadeia de montanha a oeste da bacia.

A frequência das chuvas é moderada, com cerca de 115 dias de chuva por ano. As chuvas intensas se acentuam da foz para as cabeceiras, sendo de 130mm/24horas na parte inferior da bacia, 150 mm/24horas em sua porção mediana e 200mm/24horas em sua parte superior (SEAMA, 2010).

As informações fluviométricas necessárias ao desenvolvimento deste trabalho foram obtidas nas bases de dados da Agência nacional de Águas ( ANA) e do Centro Capixaba de Meteorologia e Recursos Hídricos - CECAM do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – (INCAPER), tendo sido utilizados dados das estações pluviométricas em operação localizadas no interior e nas adjacências da bacia hidrográfica do rio Benevente com séries históricas superiores a 30 anos de registros. A Figura 03 apresenta a distribuição das dezesseis estações pluviométricas utilizadas no estudo.

Após o devido preenchimento das falhas existentes, foram apropriados os valores diários de precipitação das 16 estações escolhidas para o período compreendido entre abril de 2010 e março de 2011.

Foram retirados do banco de dados, por sorteio, os dados de três estações pluviométricas: Vila Nova Maravilha e Corindiba, localizados no interior da bacia, e Iconha, localizado fora da mesma, as quais foram denominadas “Estações teste”.

Em seguida executaram-se interpolações dos dados de pluviometria diária de quinze dias selecionados aleatoriamente, sendo alguns destes com chuva em todas as estações e outros sem chuva em algumas delas. Para tanto, foi utilizada ferramenta apropriada disponível no sistema de informação geográfica ARCGIS 9.3, utilizando o interpolador IDW.

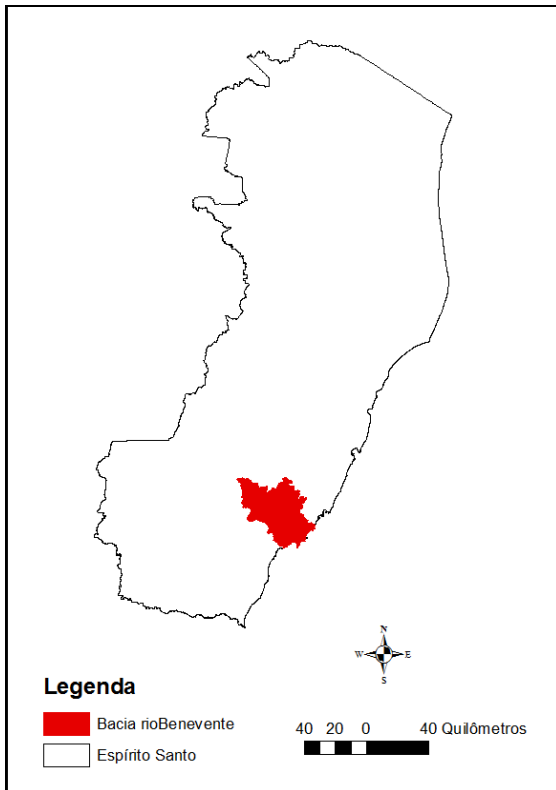


Figura 01: Localização da bacia do rio Benevente no Espírito Santo.  
Fonte: Produção dos autores.

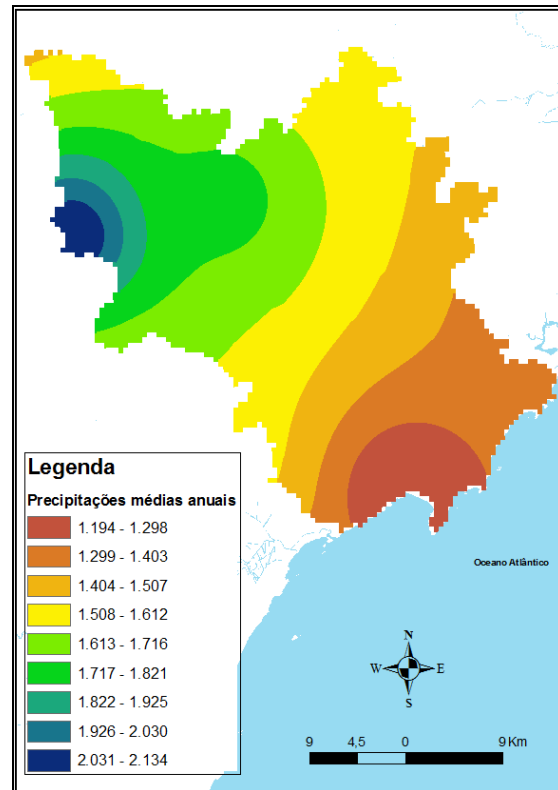


Figura 02: Pluviosidade anual média na bacia do rio Benevente.  
Fonte: CTA, 2010.

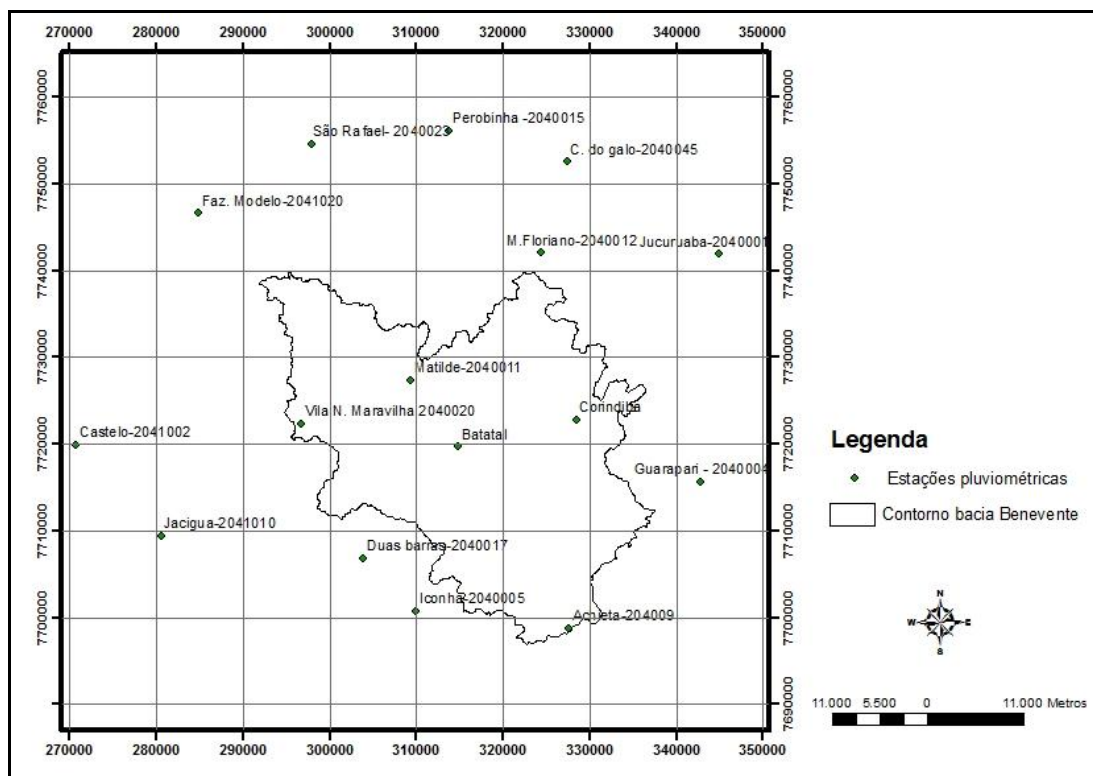


Figura 3. Localização das 16 estações pluviométricas utilizadas neste trabalho em relação à bacia Hidrográfica do rio Benevente - ES.  
Fonte: Produção dos autores.

Para estimar um valor para qualquer local sem medida, o IDW assume que cada ponto medido tem uma influência que diminui com a distância. Assim, o interpolador utiliza dois parâmetros, o primeiro é a potência com que cada ponto com medida influencia na interpolação e o segundo, o número de elementos a serem utilizados para o cálculo do valor interpolado, respectivamente denominados Potência e Número de Pontos. Quando Potência é zero, todos os pontos influenciam igualmente no cálculo. Quanto maior o valor de Potência, maior é a influência dos pontos mais próximos na interpolação. Foram feitas interpolações utilizando-se Potência variando entre 1 e 3 e o Número de Pontos variando entre 4 e 6, totalizando nove interpolações.

Os valores de pluviometria medidos em cada uma das Estações Teste nos quinze dias escolhidos foram comparados com os valores calculados pelo interpolador para o pixel onde se localiza cada uma das estações. As estatísticas utilizadas na comparação foram o Coeficiente de Determinação ( $r^2$ ) e o Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (CoE), tendo sido, desta forma, utilizados 45 valores para o cálculo de cada valor de  $r^2$  e CoE (15 dias x 3 Estações Teste). Metodologia semelhante foi utilizada por Silva et al. (2007), para a bacia do rio Itapemirim ES, para testar interpoladores de variáveis climatológicas.

A Figura 04 apresenta o resultado da interpolação da pluviosidade do dia 30 de abril de 2010, utilizando Potência = 2 e Número de Pontos = 6.

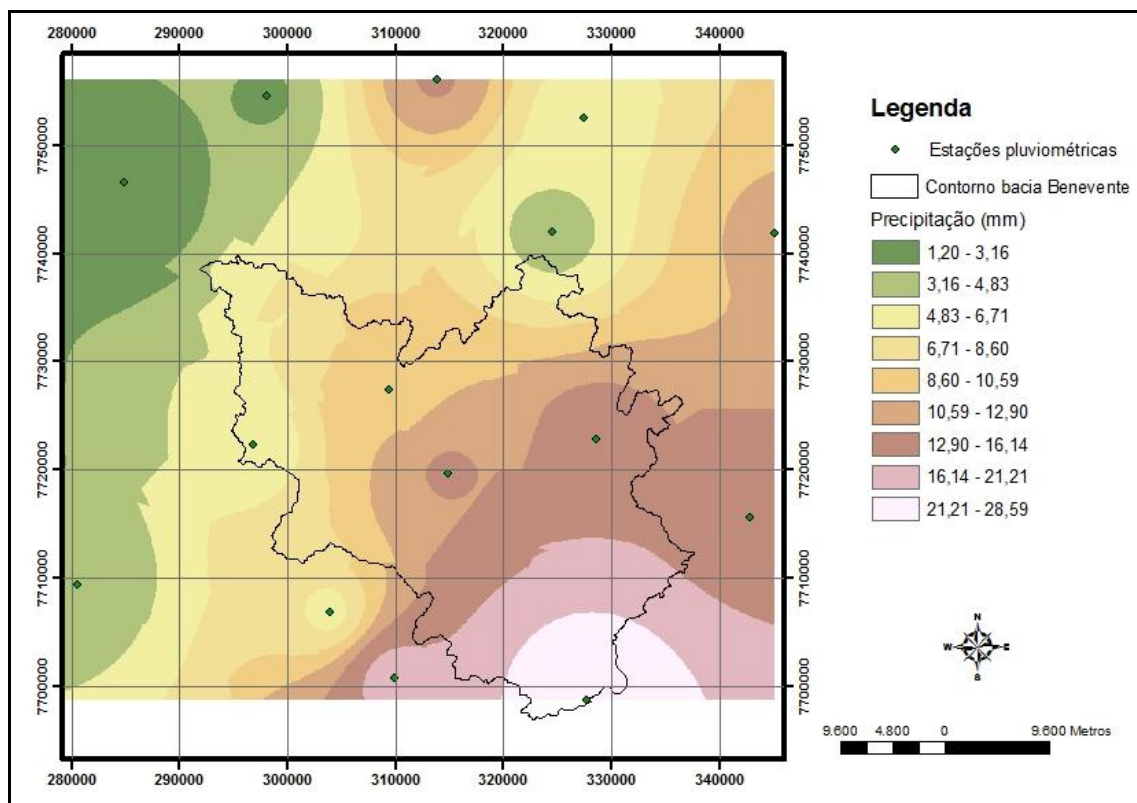


Figura 04: Resultado da interpolação da pluviosidade do dia 30 de abril de 2010, utilizando Potência = 2 e Número de Pontos = 6.

Fonte: Produção dos autores, 2012.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 01 apresenta os valores de  $r^2$  e de CoE para cada uma das interpolações realizadas.

Tabela 01: Valores de  $r^2$  e de CoE para cada uma das interpolações realizadas.

POTÊNCIA	NÚMERO DE PONTOS	COE	R2
3	6	0,48	0,50
3	5	0,73	0,50
3	4	0,52	0,52
2	6	0,75	0,52
2	5	0,49	0,51
2	4	0,74	0,51
1	6	0,71	0,50
1	5	0,73	0,51
1	4	0,74	0,51

Conforme pode ser observado, para todas as combinações, o valor de  $r^2$  variou muito menos que a variação de CoE. Entre 0,50 e 0,52 para  $r^2$  e entre 0,48 e 0,74 para CoE, desta forma, esta análise focou as diferenças entre os valores de CoE.

As médias de CoE para Potência = 3, Potência = 2 e Potência = 1 foram, respectivamente, 0,57, 0,66 e 0,726, enquanto as médias de CoE para Número de Pontos = 6, Número de Pontos = 5 e Número de Pontos = 4, foram, respectivamente, 0,65, 0,65 e 0,67. Observa-se, desta maneira, que a variação do valor de Potência foi mais significativo para o valor de CoE que a variação do Número de Pontos utilizados na interpolação.

Em termos de valores médios, os melhores resultados de CoE foram observados para Potência = 1 e para Número de Pontos = 4, devendo-se observar, entretanto, que os pares Potência = 1 com Número de Pontos = 4 e Potência = 2 com Número de Pontos = 4 resultaram em CoE igual a 0,74, enquanto o par Potência = 2 com Número de Pontos = 6 foi o que apresentou os maiores valores de CoE (e também de  $r^2$ ) - respectivamente 0,75 e 0,52.

Não foi observado nenhum padrão na variação de CoE entre os diferentes pares Potência e Número de Pontos, já que, com Potência=3, o maior valor de CoE foi obtido com Número de Pontos=5; com Potência=2, o maior valor de CoE foi obtido com Número de Pontos=6; e com Potência=1, o maior valor de CoE foi com Número de Pontos=4.

Por fim, deve-se observar que valores de Potência iguais a 1, 2 e 3 e Número de Pontos iguais a 4, 5 e 6, resultaram em valores variados de CoE, mas algumas combinações entre eles resultaram em maiores valores de CoE. Como os pares Potência = 2 com Número de Pontos = 6, Potência = 2 com Número de Pontos = 4, Potência = 1 com Número de Pontos = 4, Potência = 3 com Número de Pontos = 5, Potência = 1 com Número de Pontos = 5 e Potência = 1 com Número de Pontos = 6 apresentaram pequena variação nos valores de CoE (entre 0,71 e 0,75), estes podem ser utilizados para a interpolação de dados pluviométricos na bacia do rio Benevente sem diferenças significativas para a qualidade da interpolação.

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Para a interpolação de dados pluviométricos na bacia do rio Benevente utilizando o método IDW, o uso de valores de Potência iguais a 1, 2 e 3 e de Número de Pontos iguais a 4, 5 ou 6 resultaram em valores variados do Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (CoE), apropriados a partir da comparação entre valores interpolados e medidos; entretanto, algumas combinações entre eles resultaram em mais elevados valores.

O par Potência = 2 com Número de Pontos = 6 foi o que apresentou maiores valores de  $r^2$  e CoE entre os pares estudados.

Os pares Potência = 2 com Número de Pontos = 6, Potência = 2 com Número de Pontos = 4, Potência = 1 com Número de Pontos = 4, Potência = 3 com Número de Pontos = 5, Potência = 1 com Número de Pontos = 5 e Potência = 1 com Número de Pontos = 6 apresentaram pequena variação nos valores de CoE (entre 0,71 e 0,75) e podem ser utilizados para a interpolação de dados pluviométricos na bacia do rio Benevente sem diferenças significativas para a qualidade da interpolação.

## REFERÊNCIAS

1. AMORIM, R. C. F, RIBEIRO, A, LEITE, C. C, LEAL, B. G, da SILVA, J. G. B. (2008). Avaliação de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o estado de Alagoas. *Revista Acta Scientiarum Technology*. [2008]. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/3182/>>. Acesso em: 11 ago. 2012.
2. ANA – Agência Nacional de Águas. Dados Hidrológicos/Série Históricas: HidroWeb (Sistema de Informações Hidrológicas). Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/> Acesso em: 11 maio. 2012.
3. COELHO, Gustavo Brasileiro. (2006). *Análise e simulação do processo de transformação de chuva em vazão com suporte de sistema de informações geográficas (SIG)*. 2006. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Centro de Tecnologia e Geociências - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
4. CTA Serviços em Meio Ambiente LTDA. (2010). *Diagnóstico da bacia do rio Benevente e análise de outros possíveis mananciais de água superficial para abastecimento da CSU (rios Itapemirim, Iconha e novo) quanto aos recursos hídricos. Análise da disponibilidade hídrica do rio Benevente*. CTA-DT\_175/10. Relatório Técnico. CTA, Vitória.
5. IEMA. Instituto Estadual do Meio Ambiente do Estado do Espírito Santo. *As águas do Rio Benevente*. Disponível em: <<http://www.iema.es.gov.br>>. Acesso em: 20 jul. 2012.
6. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – (INCAPER). Meteorologia e recursos hídricos. Disponível em: [www.incaper.es.gov.br/](http://www.incaper.es.gov.br/). Acesso em 20 de maio de 2011.

7. JUNIOR, B. S. G, MAGALHÃES, I. A. L, FREITAS, C. A. A, CECÍLIO, R. A. (2012). Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). *Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava, V.8, N.1, p. 61 – 71.
8. MELLO, C. R. de, LIMA, J. M., SILVA, A. M., MELLO, J. M., SILVA, M. S. (2003). Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n. 5, p. 925-933.
9. RIBEIRO, G. A., REIS, J. A. T. (2009). Avaliação de métodos discretos e de modelos distribuídos de interpolação para a apropriação da precipitação média na bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória – ES. *Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia*, Vitória, n. 5, p.1-8.
10. RODRIGUES, M. T. et al. (2011). *Utilização de métodos de interpolação para análise espacial pluviométrica na bacia hidrográfica do Paraíba do meio – Alagoas e Pernambuco*. [2011]. Disponível em: <<http://sic2011.com/sic/arq/21068475392722106847539.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2012.
11. SEAMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Disponível em:<<http://www.seama.es.gov.br/scripts/SEA1003.ASP>>. Acesso em : 05 julho 2012.
12. SILVA, K. R.; PAIVA, Y. G.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M. (2007). *Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis climáticas na bacia do rio Itapemirim-ES*. In: Anais do 13 Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis, NPE, 2007. p. 3141-3146.
13. VIOLA, M.R et al. (2010). Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial . *Revista Brasileira de Engenharia Ambiental*. Campina Grande, PB, UAEA/UFCCG, v.14, n.9, p.970–978.