

CONSTRUÇÃO E REPRESENTAÇÃO DE MODELOS NUMÉRICOS DO TERRENO NO SIG SPRING PARA O RELEVO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO JOÃO DIAS, MINAS DO CAMAQUÃ-RS.

BRUCH, A. F. ¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, alexandrefelipebruch@ibest.com.br

GRUBER, N. L. S. ²

²Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nelson.gruber@ufrgs.br

HANSEN, M. A. F. ³

³Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE-CRS, marco.hansen@crs.inpe.br e Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC

RESUMO: Os diferentes tipos de Modelos Numéricos de Terreno, ou MNT são ferramentas muito úteis de representação dos fenômenos espaciais. Através deles é possível se fazer diversas análises de forma muito mais segura e rápida. São úteis não somente na representação de aspectos morfológicos, como é o caso deste trabalho, mas de qualquer fenômeno espacialmente contínuo. O presente estudo visa analisar os diferentes tipos de interpoladores de grades de MNT através da visualização de imagens geradas a partir das grades. E avaliar qual destes interpoladores representa mais fielmente o relevo da sub-bacia hidrográfica do arroio João Dias, Minas do Camaquã, RS/Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: MODELOS NUMÉRICOS DE TERRENO-MNT; INTERPOLADORES; SPRING.

BUILDING AND REPRESENT OF NUMERICAL MODELS OF GROUND IN THE SPRING SIG FOR THE RELIEF OF THE HYDROGRAPHIC SUB-BASIN OF JOÃO DIAS CREEK, THE MINES CAMAQUÃ - RS

ABSTRACT: The different types of digital terrain model (DTM) are very useful tools for representing spatial phenomena and with them it is possible to make many rapid and accurate analyses. It is very useful, not only for representing morphological features as in the case of this work, but also for many types of continuous spatial phenomena. The present paper aims to analyze the different types of grid interpolators of DEM by the quality of the images created with the grids, and evaluate which of these interpolators accurately represents the relief of the Hydrographic Sub-basin of João Dias Creek, the Mines Camaquã – RS.

KEYWORDS: DIGITAL ELEVATIONS MODELS – DEM; INTERPOLATORS; SPRING.

INTRODUÇÃO: Em todo estudo que envolva algum tipo de fenômeno espacial, ou de dados que tratam do espaço geográfico, não há dúvidas de que a melhor maneira de se analisar estes dados é através de uma representação gráfica, algo com uma visualização mais “palpável”, tal como um mapa, um gráfico, ou um Modelo Numérico de Terreno (MNT). Este último consiste em uma forma de espacialização de dados alfanuméricos, ou seja, representação matemática computacional da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real, Maguire *et al.* (1996).

O presente trabalho aborda a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), o *software* adotado para este trabalho foi o Sistema de

Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) pelo fato de ser gratuito, tendo sido desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, na elaboração de modelos numéricos de terreno, utilizando, para isso, os dados de altimetria (pontos cotados) e feições (linhas e polígonos) que representam os corpos d'água e as curvas de nível da Sub-bacia do arroio João Dias.

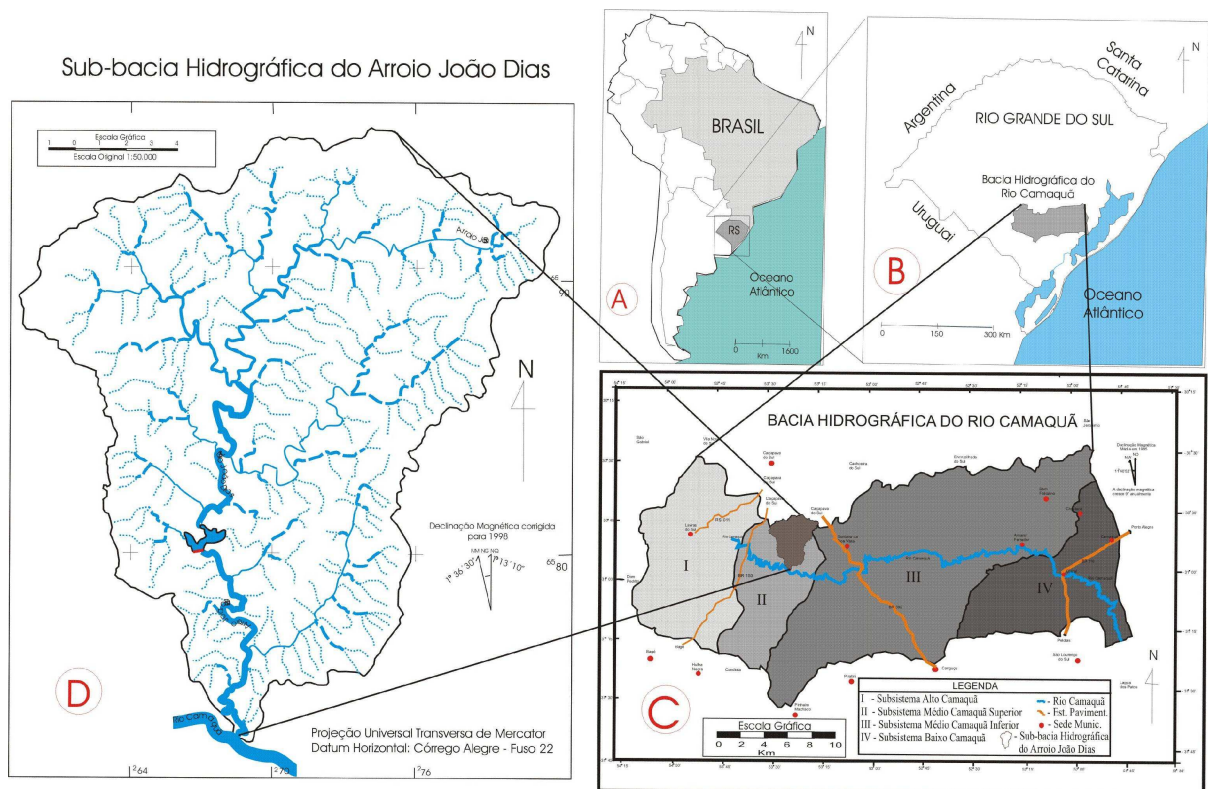
ÁREA DE ESTUDO: A Sub-bacia Hidrográfica do Arroio João Dias - SbHAJD, localiza-se na região média superior (II) da Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã¹ - BHRC, delimitada pelas coordenadas 30° 44' 12" e 30° 57' 56" S e 53° 30' 41" e 53° 16' 51" W (Figura 1), servindo de limite geográfico natural, em quase toda sua extensão, entre os municípios de Caçapava do Sul e Santana da Boa Vista.

O arroio João Dias corresponde a um afluente da margem esquerda do Rio Camaquã e contribui com 308 km² da área dessa bacia, ocupando 0,1084 % da superfície do estado. Seu divisor Norte é extensivo aos formadores do Rio Irapuá da Bacia do Rio Jacuí, onde ocorrem suas principais nascentes e corresponde ao Cerro do Martim, no Município de Caçapava do Sul e ao Passo da Varzinha entre os municípios de Caçapava do Sul e Santana da Boa Vista.

A sua foz localiza-se no Rio Camaquã, na região conhecida como Passo da Barquinha. Recebe dois importantes afluentes na sua margem esquerda; o primeiro, sem nome, que drena a região da Serra do Apertado, e o segundo, o Arroio Marmeleiro, ambos no município de Santana da Boa Vista.

A SbHAJD apresenta amplitude topográfica de 260 metros, com cotas que variam de 360m nas porções mais elevadas do setor nordeste, onde a área apresenta uma alta energia do relevo com declividades superiores a 30 %, formando altiplanos (maior que 200 m) com estrutura ondulada, inclinada e tabular horizontal, onde encontram-se as nascentes do Arroio João Dias. E na sua foz ou no setor sul da sub-bacia encontram-se as menores cotas, em torno de 100 m de altitude, com áreas de planícies aluviais e de inundação, de declividade inferior a 2%.

¹ O Rio Camaquã faz parte das bacias da vertente Atlântica, corta o Escudo Sul-riograndense no sentido Oeste-Leste, e drena uma área de aproximadamente 17.448 km².



A SbHAJD apresenta pedoformas com estrutura de relevo tabulares predominando sobre convexas, representando paisagens com platôs ruiniformes, colinas (coxilhas), morros testemunhos à montante, enquanto à jusante, expõe uma superfície de denudação aplainada inferior com algumas cristas alinhadas, (Hansen e Fensterseifer, 1999). Trata-se de um relevo tectônico com estruturas inclinadas, falhadas e tabulares, formando vales escarpados, segundo alinhamentos estruturais NE-SW. Algumas porções proeminentes do relevo, devido aos basculamentos (Morro da Cruz e elevações próximas), formam feições com cristas alinhadas. A região dessa sub-bacia, de montante a jusante, apresenta superfícies de erosão e solos residuais. A declividade geral é menor do que 12%, sendo que, o relevo regional da sub-bacia é acidentado e ruiniforme, com uma série de feições esculturais em platôs.

METODOLOGIA: Na elaboração dos MNT foram geradas várias grades regulares e irregulares, com e sem linha de quebra, com a finalidade de melhor representar-se os dados da sub-bacia hidrográfica em questão.

A geração de grades regulares é utilizada em análises qualitativas dos dados, pois uma das formas de visualização da grade regular é através de uma

imagem em níveis de cinza, onde os valores mais escuros correspondem aos pontos de valor de cota da grade mais baixos e os tons de cinza mais claros aos valores mais altos. Esta forma de representação não preserva a quantidade e nem a espacialização original dos dados, no entanto permite uma fácil avaliação visual, qualitativa do desempenho do interpolador. Já a grade triangular irregular, *Triangular Irregular Network* (TIN), conserva a quantidade dos dados, favorecendo uma análise mais quantitativa, Câmara *et al.* (1996).

A geração de grades regulares consiste em regularizar a amostra de pontos e isolinhas, ou seja, interpolar as amostras a fim de formar uma malha retangular de pontos-nós onde seja mais fácil de estabelecer operações matemáticas computacionais. Já para a geração de grades triangulares irregulares, não há necessidade de interpoladores. O valor das amostras é mantido e os pontos são conectados formando triângulos numa estrutura vetorial com topologia do tipo arco-nó, Câmara *et al.* (1996).

As amostras disponíveis para elaboração das grades representavam o comportamento do relevo da região, dispostas numa malha de pontos e isolinhas com informações altimétricas distribuídas irregularmente (Figura 2).

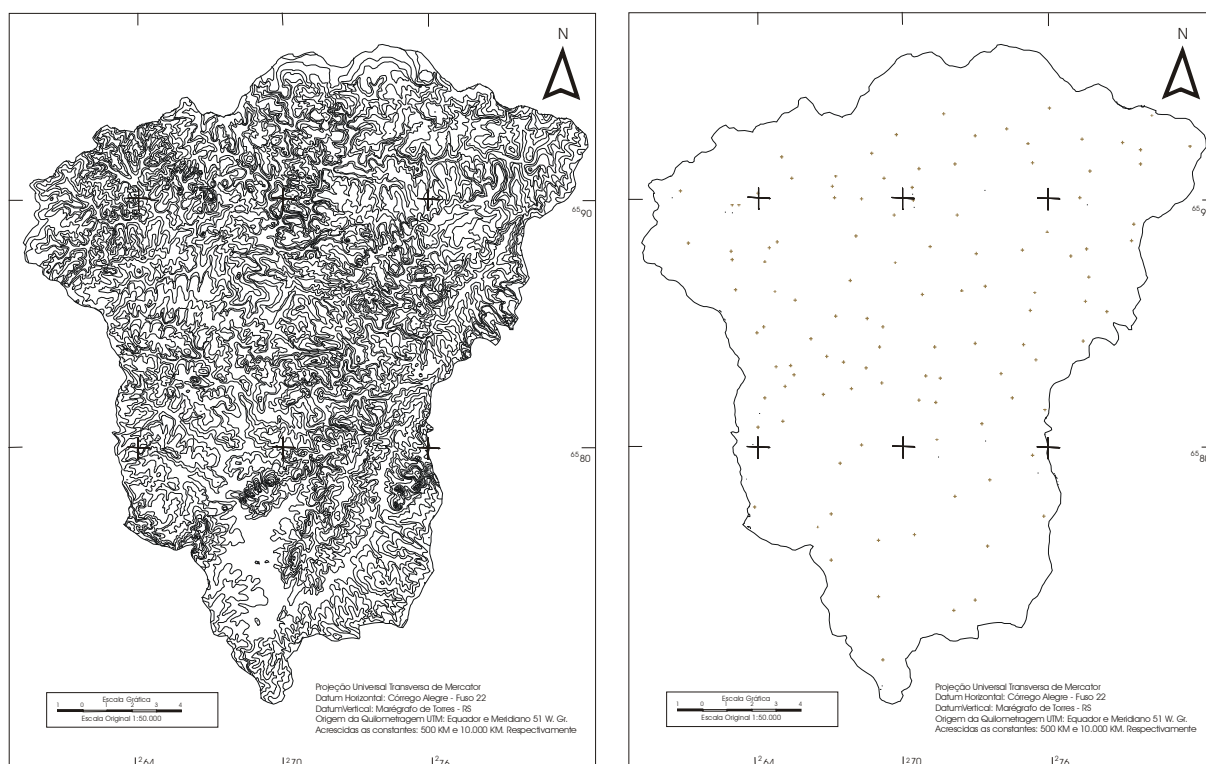


Figura 2: Disposição das amostras (pontos cotados e isolinhas) na área de estudo .

A malha de pontos e isolinhas foi gerada através da digitalização das amostras tendo como base três cartas topográficas produzidas pelo Diretório do

Serviço Geográfico-DSG do exército brasileiro, sendo que a vetorização foi realizada no ambiente SPRING. Também foram digitalizados os Planos de Informação com linhas e polígonos que representam a hidrografia. As cartas topográficas utilizadas foram as folhas: Minas do Camaquã (SH.22-Y-A-V-3:MI-2996/3); Arroio Carajá (SH.22-Y-A-V-3:MI-2995/4) e Caçapava do Sul (SH.22-Y-A-V-3:MI-2996/1).

Para melhor ilustrar o projeto foram importadas fotografias aéreas da região que, após serem registradas, serviram de base para algumas edições vetoriais das informações dos corpos d'água, sendo também utilizadas como textura para as visualizações tridimensionais geradas a partir das grades regulares posteriormente. Importados os dados para o SIG, para se elaborar os Modelos Numéricos de Terreno, a primeira providência a ser tomada é a geração de grades, regulares ou irregulares, cada grade serviria para focar um tipo de análise.

O SPRING oferece cinco variações de interpoladores por média móvel para a geração de grades regulares: Vizinho Mais Próximo; Média Simples; Média Ponderada; Média Ponderada por Quadrante e Média Ponderada por Quadrante e por Cota. Oferece ainda o recurso de refinamento de grade regular, através do adensamento da malha de pontos pela utilização dos interpoladores bilinear, o qual produz superfícies pouco suavizadas, mas requer menos esforço computacional e bicúbico, que fornece uma grade mais suave, com cada retalho de grade mais contínuo em relação ao seu vizinho.

Na geração da TIN, o modo de triangulação utilizado neste trabalho foi o de Delaunay, que favorece a criação de triângulos o mais próximo de equiláteros possível. Nessa grade, podem ser inseridas linhas de quebra, o que permite que sejam representadas nesse modelo as feições topográficas do terreno, Aranoff (1989).

RESULTADOS: Durante o trabalho, foram testados os principais tipos de interpoladores do SPRING, para a geração de grade regular, foram adotadas resoluções de 2m e 1m, que corresponde a uma média das menores distâncias encontradas entre um ponto da amostra e outro. As interpolações foram realizadas sempre de forma global, ou seja, utilizando todas as amostras para interpolar cada ponto.

O interpolador Vizinho Mais Próximo é usado quando se deseja preservar os valores originais das cotas das amostras. Quando aplicado às amostras disponíveis, não apresentou um bom resultado (Figura 3-A).

Já com o interpolador por Média Simples, onde o valor de cada ponto da grade é estimado pela média simples das cotas dos oito pontos vizinhos mais próximos, o resultado obtido, na mesma resolução, foi melhor do que com o primeiro interpolador, mas ainda assim apresentando poucos detalhes e uma imagem gerada do MNT ainda “grosseira”.

Utilizando o interpolador por Média Ponderada, função que calcula o valor da cota pela Média Ponderada dos oito vizinhos mais próximos levando em consideração a distância do ponto cotado ao ponto da grade, o resultado que se obteve foi melhor que os anteriores, ressaltando-se que quando se utiliza a resolução de grade de 2m nesse interpolador, aparecem algumas inconsistências, que logo se resolvem ao se refinar a grade com o interpolador bilinear para 1m de resolução – essa grade refinada apresenta pouquíssima ou nenhuma diferença em relação a uma nova grade, feita a partir das amostras, por Média Ponderada, com resolução de 1m (Figura 3-B).

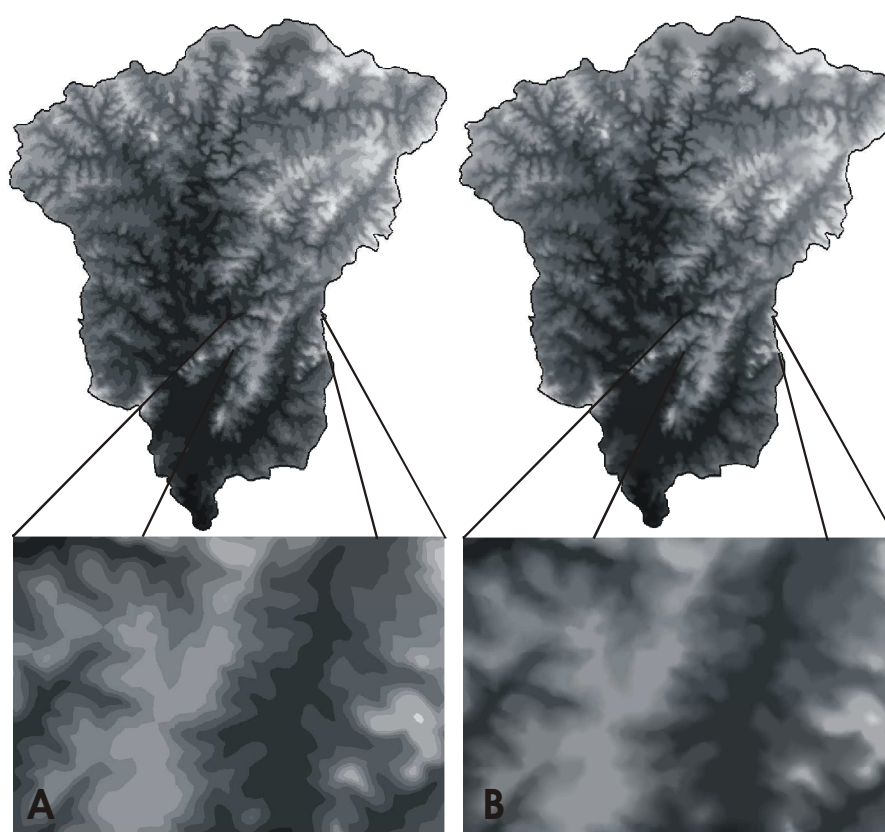


Figura 3: Imagens geradas com os interpoladores Vizinho Mais Próximo (A) e Média Ponderada (B).

Média Ponderada por Quadrante é um interpolador semelhante ao anterior, diferenciando-se por “[...] *dividir o espaço de projeção em quadrantes,*

tendo como referência o ponto da grade e considerando uma quantidade fixa de amostras por quadrante [...]” (Câmara, 2001). De acordo com Câmara (2001), esse interpolador é o mais recomendado para amostras como as deste projeto, tipo pontos, pois ele preserva uma média, pra cada ponto da grade, relacionada a cada um dos quatro quadrantes, o que é confirmado, após a avaliação da imagem gerada com a grade interpolada por Média Ponderada por Quadrante. Esta imagem se mostra mais homogênea e com poucas inconsistências em comparação às outras imagens geradas com os outros interpoladores (Figura 4-A).

O interpolador, Média Ponderada por Quadrante e Cota, é ideal para amostras do tipo isolinhas, pois executando as mesmas operações dos interpoladores por Média Ponderada e Média Ponderada por Quadrante, ainda considera o valor das cotas de cada amostra, gerando, no presente trabalho, uma grade inferior á gerada pelos interpoladores anteriores.

Na geração das TIN duas grades irregulares foram geradas neste projeto, uma sem linhas quebra, representando as variações no relevo da sub-bacia hidrográfica, e outra com linhas de quebra. As linhas utilizadas foram as que representavam a hidrografia da sub-bacia (Figura 4-B).

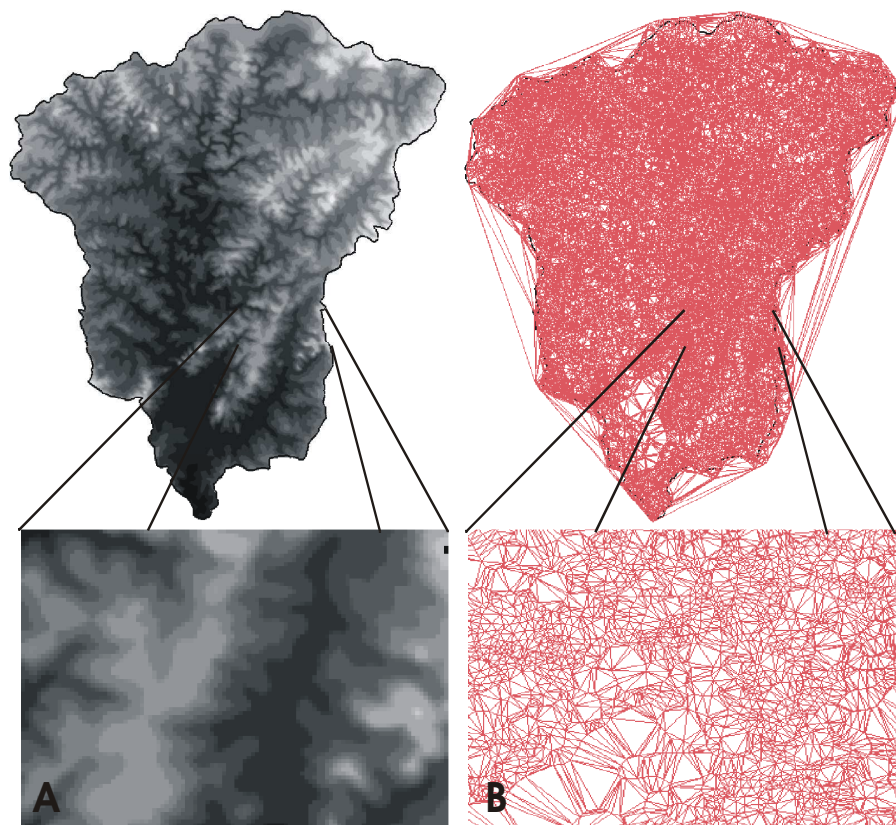


Figura 4: Imagem gerada com interpolador Média Ponderada por Quadrante e resolução de 1m (A) e TIN com linha de quebra (B).

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: Depois de testados os interpoladores de geração de grade regular disponíveis no SPRING, e depois de analisadas as grades e imagens resultantes, utilizando diferentes resoluções, verificou-se um melhor resultado com o interpolador por Média Ponderada por Quadrante, o qual apresentou um melhor desempenho na representação dos dados altimétricos da sub-bacia estudada no tocante à análise qualitativa.

A visualização tridimensional, elaborada com base na imagem da imagem gerada a partir da melhor grade obtida, resultou em uma perspectiva real do relevo da Sub-bacia do arroio João Dias, tanto numa imagem em nível de cinza com exagero vertical de 0.5 ou principalmente utilizando-se uma aerofoto da região (Morro da Cruz) como plano de textura para essa visualização (Figura 5-A e 5-B).

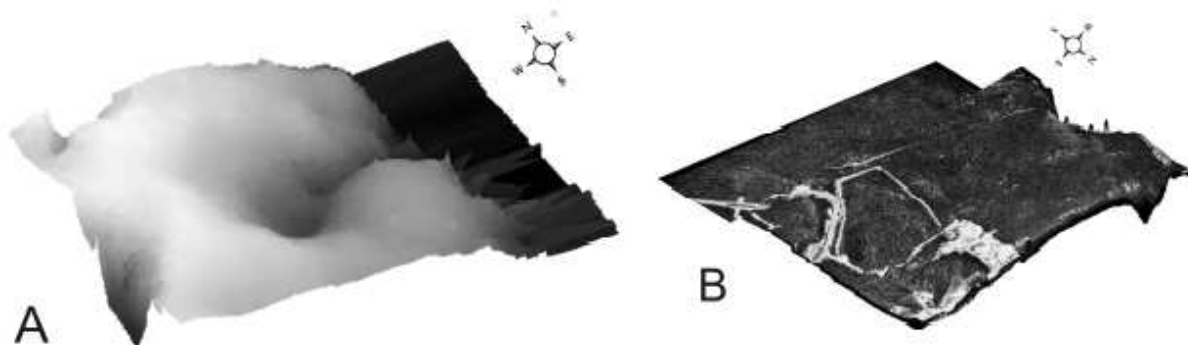


Figura 5: Visualização tridimensional em nível de cinza (A) e com aerofoto como textura (B).

Visando uma análise mais quantitativa das amostras, a TIN mostrou-se mais eficiente, permitindo, com as linhas de quebra, uma representação mais precisa do relevo local.

Os produtos gerados através dos processos apresentados, com base nas amostras disponíveis, permitiram uma variabilidade de análises importantes, que facilitam a tomada de decisão, o planejamento de ações etc. Nesse trabalho foram enfocadas as visualizações, com diferentes texturas, geração de imagens e TIN. Fora esses produtos, existem outros não menos importantes todos decisivos para o desenvolvimento de trabalhos que necessitem do apoio de informações espaciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARONOFF, S. **Geographical Information Systems: A Management Perspective.** Ottawa, WDI Publications, 1989.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M.A.; HEMERLY, A.; MEDEIROS, C.M.B.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. SBC, X Escola de Computação, Campinas, 1996.

CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (2a. edição, revista e ampliada).

HANSEN, M. A. F., FENSTERSEIFER, H. C. **Caracterização edafopedológica da Sub-bacia Hidrográfica do Arroio João Dias como ferramenta para o planejamento ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Camaquã, RS, Brasil**. In: Minas do Camaquã – Um estudo Multidisciplinar. São Leopoldo: Unisinos, 1999, p. 211-240.

MAGUIRE, D.; GOODCHILD, M.; RHIND, D. (eds.) **Geographical Information Systems: Principles and Applications**. New York, John Wiley and Sons, 1991.