Proposta metodológica para extração de veículos em Imagens de alta resolução: Estudos iniciais

Giovanni Chagas Egg [1]
Alice Marinho Etienne [1]
Marcos de Paulo Ramos [1]
Nilcilene das Graças Medeiros [1]

[1] Universidade Federal de Viçosa - UFV/DEC
P.H. Holfs, S/N - 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
{giovanni.egg, alice.etienne, marcos.ramos, nilcilene.medeiros}@ufv.br

Abstract. This paper aims to identify and eliminate high resolution images concerning vehicles on urban roads. The use of high-resolution images in urban areas has increased significantly in the past years. Due to the large amount of information contained in these images, the classification process may lead to less accurate results, because vehicles are present many similarities to other spectral response patterns. Therefore, we have used an unsupervised classification using fuzzy ARTMAP technique to identify the roads and to remove the vehicles. Subsequently, the original brightness value of the image was recovered and it was calculated the value of the pixel needed to fill the places where there were vehicles taking into account the average of non-zero pixels present in a 3x3 mask that ran from the image. The results showed that the fuzzy ARTMAP classifier was effective for recognizing the vehicle and that the filing of pixels by the proposed methodology was satisfactory. Other studies to be performed, lie in the fact of using automatic segmentation techniques for roads reconstruction of the original image, since it does not always have a file containing road network in vector format, and often the purpose of buying a picture high resolution is to obtain these pathways. Some tests could be performed, obtaining a good way of individualization, however, it is still necessary to integrate these segmented images in rebuilding roads. Further studies are recommended, especially concerning technical replacement of removed pixels.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, *fuzzy ARTMAP*, vehicle identification, sensoriamento remoto, processamento de imagens, *fuzzy ARTMAP*, identificação de veículos.

1. Introdução

Com o avanço das tecnologias voltadas a área de sensoriamento remoto, uma gama crescente de imageadores orbitais de alta resolução espacial emergiu no sentido de fornecer dados cada vez mais acurados com vistas a satisfazer as diversas necessidades de representação e monitoramento continuo do espaço.

Sensores de alta resolução espacial permitem a realização de algumas atividades relacionadas ao mapeamento urbano, dentre elas, a possibilidade de classificação de imagens, que vem sendo amplamente utilizada, permitindo assim uma melhor representação da superfície em análise. Para Jensen (2009), características relacionadas a obtenção do número de construções habitacionais para estimativa do número de pessoas, é necessário o uso de imagens que apresentem resolução espacial da ordem de 0,25 a 5m, permitindo então a discriminação de cada construção individualmente.

Contudo, ao se trabalhar em áreas urbanas utilizando imagens com alta resolução espacial, existe a influencia de fatores que podem interferir no processo de classificação ou até mesmo quando se trabalha com pares estereoscópicos. Estes fatores incluem a presença de árvores, diferentes padrões relacionados aos tipos de cobertura vegetal das cidades, padrões de telhado, ocorrência de veículos em movimento nas vias ou parados em estacionamentos, dentre outros.

Sendo assim, o estudo de técnicas com vistas a redução da influencia de parâmetros relacionados à identificação e remoção de veículos em imagens de alta resolução surge como alternativa que poderá subsidiar procedimentos necessários não só para melhoria da qualidade visual, mas também para ocultar determinados objetos presentes na imagem, sem degradar a

qualidade da mesma, tais como o ocultamento de veículos presentes em um pátio de uma montadora.

Com isso, o objetivo deste trabalho é propor uma metodologia para a remoção de veículos em imagens orbitais de alta resolução espacial, empregando o classificador *fuzzy ARTMAP* para a identificação de padrões com respostas semelhantes às diferentes classes de veículos, bem como iniciar um estudo relacionado a técnicas de preenchimento das falhas deixadas geradas pela remoção dos mesmos.

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Classificador *Fuzzy ARTMAP*

Fuzzy ARTMAP é um classificador de imagens baseado na Teoria de Ressonância Adaptativa, na rede neural artificial e na lógica fuzzy. A Teoria da Ressonância Adaptativa (ART) da rede neural foi idealizada por Carpenter e Grossberg (1992), inspirados na teoria biológica do processamento cognitivo de informações.

De acordo com Thomé e Marques (2003) o *fuzzy ART* propõe resolver o dilema da plasticidade-elasticidade, ou seja, aprender novas informações sem perder informações previamente aprendidas. A maioria dos modelos de redes neurais não resolve este dilema, pois no treinamento de uma rede pelo método multilayer percetron (MLP) simples, um novo padrão pode ter como efeito colateral a perda de informações aprendidas anteriormente.

O algoritmo de treinamento *fuzzy ART* é um algoritmo classificador de *clustering* que opera sobre vetores de padrões de entrada analógica (1 - 0). Esse vetor de entrada é continuamente modificado passando para frente e para trás (ressoa) entre as camadas em um processo cíclico.

O parâmetro de vigilância é o parâmetro mais importante que controla o "aperto" de um cluster (Sarmento, 2010). Um valor pequeno de vigilância permite que mais padrões possam ser associados a um mesmo neurônio, resultando em uma aglomeração mais flexível, enquanto um valor grande fará com que o sistema de rede tenha um único exemplar de aprendizagem.

Este processo é iterativo, o parâmetro de vigilância é um valor mínimo necessário para corrigir um erro de previsão. Como resultado, o sistema automatizado aprende um número mínimo de categorias para cumprir o critério de precisão. A proliferação da categoria é interrompida quando os dados do vetor de entrada são normalizados. Um processo de normalização chamado de modelo de código complementar leva a teoria simétrica em que o operador AND e OR da lógica *fuzzy* desempenham papéis complementares (Carpenter et al., 1992).

Neste classificador a taxa de aprendizagem é mais estável que no MLP, porque todos os pesos são rapidamente adaptados. Os pesos decrescentes correspondem ao aumento da dimensão da categoria. Pequenos valores de vigilância levam a grandes categorias. Um melhoramento do procedimento é por treinamento do sistema, que por vezes usa diferentes ordens de conjunto de entrada.

Busque e Parizeau (1997) compararam o classificador *fuzzy ARTMAP* com o *multilayer perceptron* por *back propagation*. Os resultados mostraram que embora a re-codificação da performance de ambas as redes seja similar, a convergência do *fuzzy ARTMAP* é mais rápida e incrementadamente estável que a *Perceptron*. Eles mostram experimentalmente que a rede *fuzzy ARTMAP* pode ser treinada em uma única passagem com quase nenhuma penalidade de desempenho ao utilizar o modo de aprendizagem rápido.

2.2. Imageador GEOEYE-1

A missão GeoEye representa a evolução dos satélites *OrbView* que no ano de 2006 e passou a ser controlada pela Empresa GeoEye, com sede localizada na Virgínia (Estados

Unidos). O satélite GeoEye-1 foi lançado em setembro de 2008 e alcança 41 cm de resolução espacial no pancromático e 1,6 metros no multiespectral, com visadas laterais e obtenção de imagens com estereoscopia, e tem fornecimento de imagens direcionado aos serviços Google Earth e Google Maps (EMPRAPA, 2010). A Tabela 1 apresenta as características do satélite Geoeye-1.

Tabela 1. Principais características da imagem Geoeye-1

Resolução Espacial	0.41m no Pancromático (P &B) 1.64m no Multispectral (colorido)
Resolução Espectral Pancromático	450-900 nm
Resolução Espectral Multispectral	Azul:450-520 nm Verde:520-600 nm Vermelho:625-695 nm Infra Vermelho:760-900 nm
Faixa imageada	15.2 km
Capacidade de Visada Lateral	Até 60 Graus
Resolução Radiométrica	11 bits
Vida Útil	Mais de 10 anos
Capacidade de Revisita	3 dias ou menos
Altitude	684 km
Hora de passagem	10:30 A.M. GMT

Fonte: ENGESAT, 2010

Ressalta-se que o uso das imagens com as resoluções espaciais mais altas (0,41m no modo pancromático e 1,64m no modo multiespectral) são de uso exclusivo do governo americano ou qualquer governo estrangeiro que tenha autorização de uso pelo governo americano. Com isso, as imagens vendidas para clientes comerciais são reamostradas para 0,5m, uma vez que sua licença de operação seja outorgada pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA).

O satélite GEOEYE-1 permite coletar várias imagens de uma extensa área de interesse em uma única passagem sendo de até 700 Km^2 no modulo pancromático e 350 Km^2 no modo pancromático e multispectal (PSM) (GEOEYE, 2010).

2.3. Área de estudo

A área de estudo para a execução do trabalho compreendeu parte do município do Rio de Janeiro, abrangendo as coordenadas 23° 00' 29,3911 S", 43° 24' 24,4756 W" e 22º59’58,7267” S, 43º21’53,6239” W, no Bairro Barra da Tijuca, conforme pode ser vista na Figura 1.



Figura 1. Delimitação da área de estudo

2.4. Materiais Utilizados

Os seguintes materiais foram utilizados para a realização do trabalho:

. Imagem do satélite GEOEYE processada pela Engesat Imagens de Satélite LTDA, com resolução radiométrica de 11 bits e resolução espacial de 0,5 m fusionada a partir de imagem multiespectral com resolução espacial de 1,66m (bandas 1, 2 e 3);

. *Software ArcGIS versão 9.3.1;*

. *Software IDRISI* versão *ANDES*;

. Arquivo vetorial contendo sistema viário.

2.5. Metodologia empregada

2.5.1. Emprego da técnica *fuzzy ARTMAP* para identificação dos veículos

Utilizando o *software* I*DRISI*, empregou-se a técnica *fuzzy ARTMAP* para classificar a imagem analisada e identificar as classes que não continham a presença de veículos. Para o treinamento da rede, entrou-se com cada uma das bandas separadamente, realizando-se então um treinamento especifico para cada rede.

Os dados de entrada configurados foram os mesmos para cada banda. O parâmetro de escolha (parâmetro constante) foi 0,01 com uma taxa de aprendizado de 1 e um parâmetro de vigilância de 0,90. O treinamento da rede foi não-supervisionado, com intervalo mínimo de 1 linhas por 1 colunas.

Treinada a rede, encontrou-se entre doze a quinze classes para cada banda, e posteriormente efetuou-se a reclassificação para o formato binário, identificando as classes que melhor discretizassem as vias sem a presença de veículos na imagem, sendo esta utilizada para realizar as operações matriciais para a geração da imagem de saída sem os veículos.

2.5.2. Remoção dos veículos na imagem original

A remoção dos veículos na imagem se deu através da realização de operações matriciais de soma, multiplicação e recorte das vias na imagem através do arquivo vetorial contendo as vias. O Fluxograma apresentado na Figura 2 ilustra os procedimentos adotados para cada uma das três bandas.

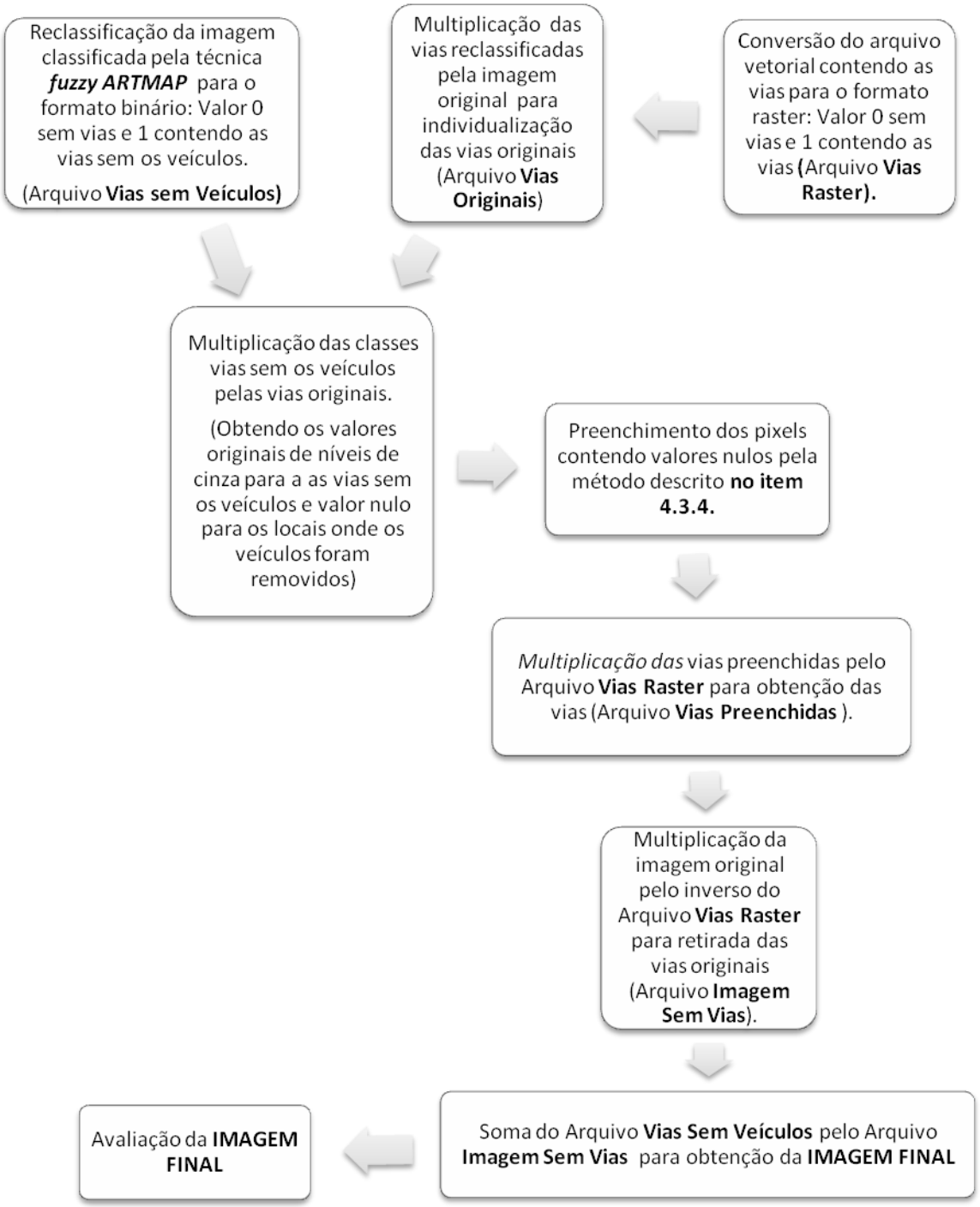


Figura 2. Fluxograma ilustrando o procedimento para remoção dos veículos

2.5.3. Preenchimento dos veículos removidos e avaliação das vias preenchidas

O procedimento realizado para o preenchimento das falhas geradas pela eliminação dos veículos na imagem foi feito com base nos valores da malha viária. Foi definida uma máscara 3x3 que percorria toda a imagem preenchendo os pixels nulos pela média dos pixels vizinhos não nulos, sem alterar os valores originais, conforme ilustrado na Figura 3.

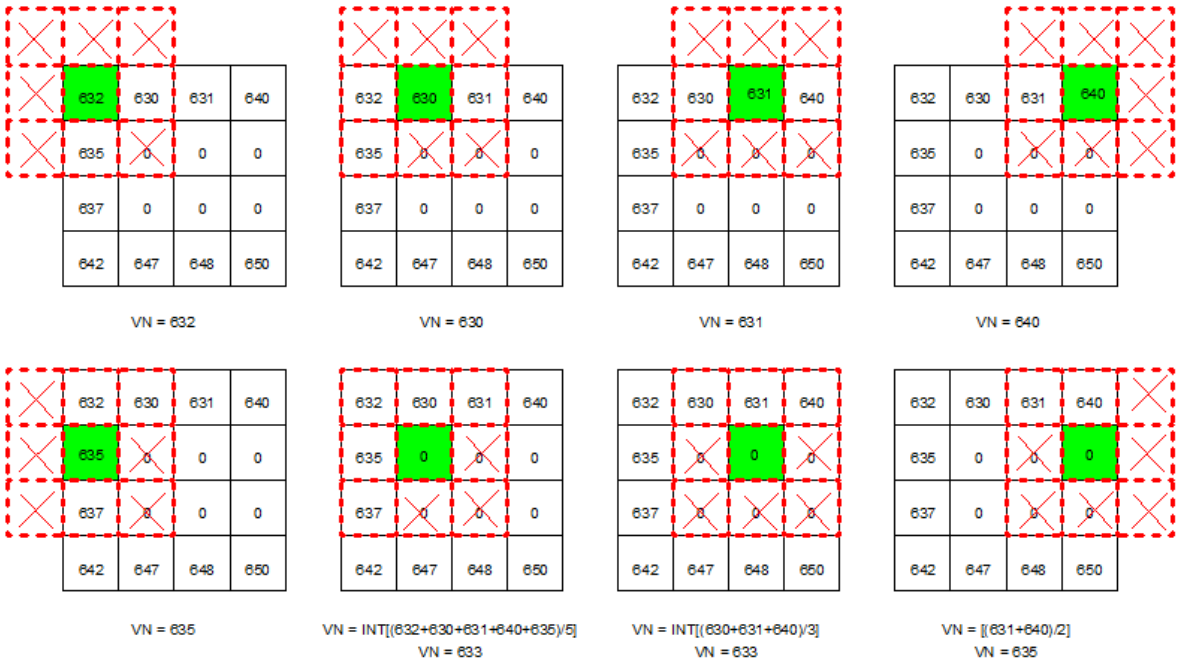


Figura 3. Procedimento para reposição dos pixels nulos removidos da imagem original

Este procedimento foi implementado empregando a ferramenta *ModelBuilder* do *Software ArcGIS* para automatização dos processos.

A imagem final foi avaliada de forma visual, levando em consideração a presença de árvores nas margens e sombras dos veículos.

3. Resultados e Discussão

A Figura 4 apresenta um recorte da imagem original, ilustrando parte das vias originais, a sua classificação empregando a técnica *fuzzy* e a imagem final, após preenchimento dos pixels nulos.

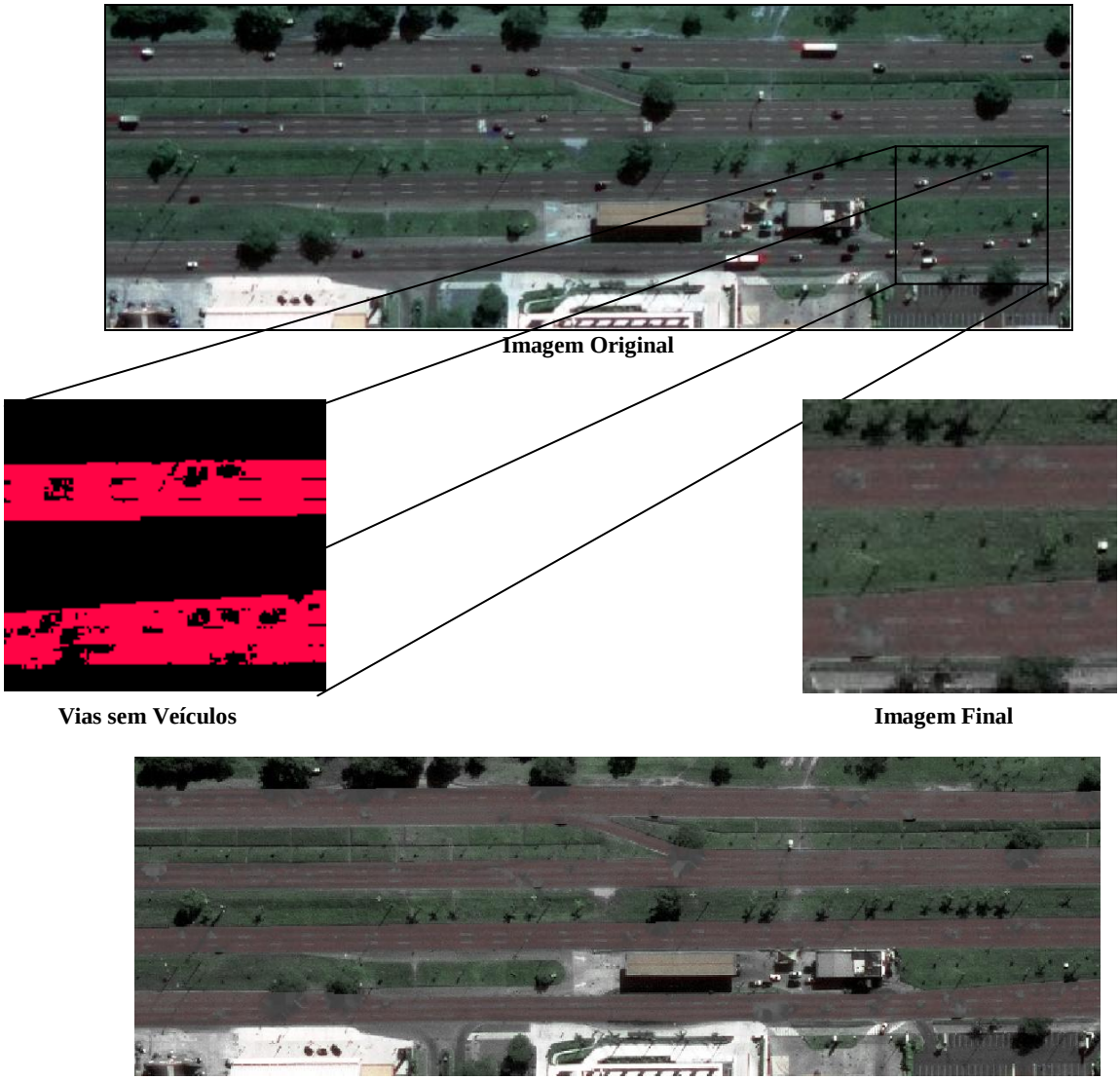


Figura 4. Imagem original e após preenchimento dos pixels nulos

Com relação ao emprego da técnica *fuzzyARTMap*, comparando visualmente a imagem original com a imagem classificada, verifica-se que todos os veículos das vias foram removidos, além de remover também as faixas interrompidas e as áreas contendo as sombras das árvores que margeavam a via, principalmente na banda 01. Contudo algumas ressalvas devem ser feitas: A ocorrência de sombra de objetos nas margens das vias, tais como árvores e edificações, devido aos seus padrões de resposta semelhante aos dos veículos, foram também removidos da imagem.

A técnica de preenchimento das falhas deixadas pelos veículos permitiu a recomposição das vias, tendo como ponto positivo o fato de que as informações dos pixels originais não foram alteradas. Esta técnica, por levar em consideração correlação espacial, faz com que regiões que apresentam pouca variação dos valores numéricos dos pixels tenham os seus valores preenchidos de maneira mais fidedigna, uma vez que o valor a ser recomposto será calculado pela média dos pixels não-nulos dentro da máscara. Porém, devido a média ser influenciada por valores extremos, regiões com muita variação em seus níveis de cinza, levam a um preenchimento não-representativo da realidade.

4. Conclusões

O emprego da classificação não supervisionada *fuzzy ARTMAP* permitiu a individualização dos veículos das imagens. Em estudos posteriores será utilizada a classificação supervisionada, tomando como base as principais respostas espectrais dos veículos, árvores e sombras presentes na imagem.

O método de preenchimento recompôs de maneira satisfatória os pixels removidos na imagem original. Porém, este estudo tem como um de seus objetivos futuros, estudar com mais atenção, o método proposto neste trabalho, uma vez que este leva em consideração a média dos pixels vizinhos não nulos, o que faz com que em regiões de bordas o valor preenchido seja influenciado pela vizinhança.

Outros estudos a serem realizados, residem no fato da utilização de técnicas de segmentação automática das vias para recomposição da imagem original, uma vez que nem sempre se dispõe de um arquivo contendo malha viária no formato vetorial e muitas vezes a finalidade de se comprar uma imagem de alta resolução é a obtenção destas vias. Alguns testes já foram realizados, obtendo uma boa individualização das vias, contudo, ainda é necessário integrar estas imagens segmentadas para a recomposição das vias.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa Engesat, por fornecer a imagem GEOEYE, fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e a Universidade Federal de Viçosa pelo fornecimento dos *softwares* ArcGIS e Idrisi.

Referências Bibliográficas

Busque, M. e Parizeau, M. **A Comparison of Fuzzy ARTMAP and Multilayer Perceptron for Handwritten Digit Recognition. Computer Vision and Systems**. Laboratory Universit_e Laval Sainte-Foy (Quebec), Canada, out 1997.

Carpenter, G.A.; Grosberg, S.; Markuzon, N.; Reynolds, J.H.; Rosen, D.B. **Fuzzy ARTMAP: A neural network architecture for Incremental supervised learning of analog multidimensional maps**. (IEEE) vol3, n°5, set 1992.

Embrapa. **Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial**: GeoEye. Disponível em:<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/geoeye.htm#pan_geoeye>. Acesso em: 27 jun. 2010.

Engesat. GEOEYE-1: **Distribuição Comercial iniciada. Imagens orbitais de 0.50 m coloridas agora disponíveis**. Disponível em:
<http://www.engesat.com.br/index.php?system=news&news_id=737&action=read>. Acesso em: 27 jun. 2010.

Geoeye. **GeoEye Product Guide.** Dulles – Virgínia - United States of America: Printed by GeoEye. Version 2.2010.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Sarmento, E. C. **Comparação entre quatro algoritmos de aprendizagem de máquina no mapeamento digital dos solos no Vale dos Vinhedos, RS, Brasil**, 2010. 109p. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Thomé, A. C. G.; Marques, C. P. B. **Inteligência Computacional Aula 14 – ART (Adaptative Resonance Theory),** 2003. Disponível em: <http://equipe.nce.ufrj.br/thome/grad/nn/mat_didatico/aula14.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2010.