

Efeito do Padrão de Distribuição dos Pontos na Interpolação do NDBI

Rúbia Gomes Morato
Fernando Shinji Kawakubo
Marcos Roberto Martines

Laboratório de Aerofotogeografia e Sensoriamento Remoto – Lasere
Departamento de Geografia – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Universidade de São Paulo – USP
Av. Prof. Lineu Prestes, 338 – CEP 05508-000 - São Paulo – SP, Brasil
{rubiagm,fsk}@usp.br
marcos_martines@terra.com.br

Abstract. The objective of this work is to evaluate point pattern's effects to normalized difference built-up index (NDBI) interpolation. Points generated by centroids and randomly were interpolated. Results were compared by color composite way. NDBI band served as the control.

Palavras-chave: point pattern analysis, NDBI, normalized difference built-up index, interpolation, índice normalizado de diferença de construção, interpolação, padrão de distribuição de pontos, Guarulhos

Introdução

O objetivo deste trabalho é a avaliar o efeito do padrão de distribuição dos pontos visando à interpolação do índice normalizado de diferença de construção (NDBI). Foram interpolados pontos gerados no padrão aleatório e pontos gerados a partir de centróides de polígonos censitários. Os resultados foram comparados por meio uma composição colorida tendo como controle a banda NDBI.

O estudo dos padrões de distribuição dos pontos é particularmente importante para a escolha dos limiares de distância para análise geoestatística. Para interpolação por meio da krigagem são necessários no mínimo quatro pontos vizinhos dentro de uma distância pré-estabelecida. Esta análise auxilia na escolha dos intervalos de distância mais apropriados.

Na integração de dados nos formatos raster e vetorial em operações como a média zonal o padrão de distribuição dos pontos também é importante. Um dos procedimentos mais usuais é a agregação de informações raster, como por exemplo o NDBI ou o NDVI, por setores censitários, distritos ou municípios (Fung e Siu, 2000; Morato et al, 2003). Assim por meio de uma operação de média zonal, é possível obter o NDBI médio por setor censitário ou município. O problema é que os polígonos frequentemente possuem áreas muito diferentes.

Índice Normalizado de Diferença de Construção - NDBI

O Índice Normalizado de Diferença de Construção (*Normalized Difference Built-up Index*) foi desenvolvido por Zha et al (2003) para identificar áreas urbanas e construídas. O índice é baseado no incremento do número digital das áreas construídas nos intervalos da banda 4 para a banda 5 do ETM+. A diferença normalizada dessas suas bandas é dada pela equação:

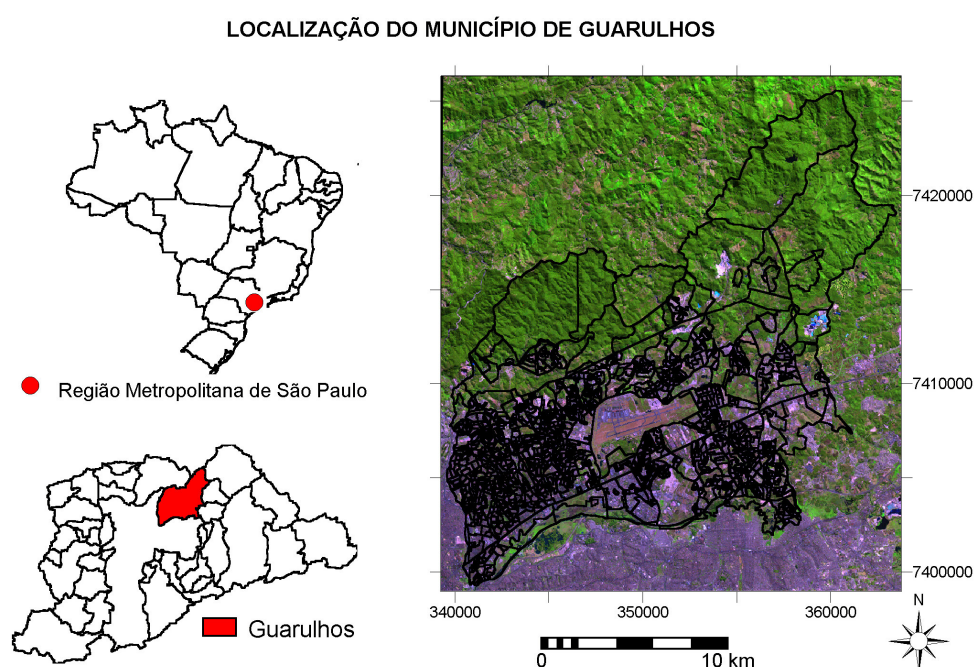
$$\text{NDBI} = (\text{ETM5} - \text{ETM4}) / (\text{ETM5} + \text{ETM4})$$

O NDBI é aplicado para o mapeamento rápido de áreas urbanas com acurácia satisfatória (Zha et al, 2003), como auxílio no estudo de ilhas de calor urbanas (Zhao e Chen, 2006)

Área de Estudo

A área de estudo é o município de Guarulhos na Região Metropolitana de São Paulo, que possui população de cerca de 1000000 de habitantes e limita-se com as zonas leste e oeste da capital paulista. Na Figura 1 temos a uma composição colorida 543 em RGB do ETM+ sobreposta pelos setores censitários do Censo 2000 (IBGE, 2002).

Figura 1.



Materiais e Método

Foi gerado o índice normalizado de densidade de construção (NDBI) por meio das bandas 4 e 5 do sensor ETM+ a bordo do satélite Landsat 7 de 17 de junho de 2000 no Ilwis 3.3. A banda NDBI foi utilizada como controle para os procedimentos seguintes.

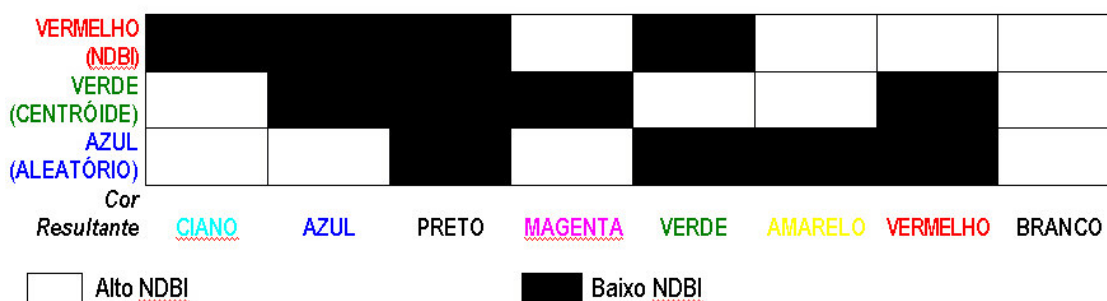
Os setores do Censo Demográfico 2000 realizado pelo IBGE (2002) para o município de Guarulhos foram utilizados para a agregação do NDBI pela média. Ao todo são 1388 setores censitários. Assim para cada um dos 1388 setores censitário foi obtido o NDBI médio. Após a agregação, foram extraídos os pontos a partir dos centróides dos setores. Deste modo, cada ponto possui um valor correspondente ao NDBI médio no setor censitário correspondente.

Foram gerados 1388 pontos distribuídos aleatoriamente no Idrisi 32, o mesmo número de centróides. A partir destes pontos foram gerados os polígonos de Voronoi no Maptitude. Foi calculado o NDBI médio para cada polígono de Voronoi. Em seguida, o NDBI médio de cada polígono de Voronoi foi associado aos respectivos pontos aleatórios.

Os pontos dos centróides e os pontos aleatórios foram interpolados por meio da krigagem ordinária. As matrizes resultantes foram convertidas para imagens por meio do realce de contraste assim como a banda controle NDBI. Foi gerada uma composição colorida associando-se o vermelho para a banda NDVI, o verde para a banda centróide e o azul para a banda aleatório. A Figura 2 mostra de modo simplificado o processo de formação das cores na composição colorida.

Figura 2.

Modelo simplificado da formação das cores na composição colorida multitemporal
(Adaptado de EYTON, 1983)



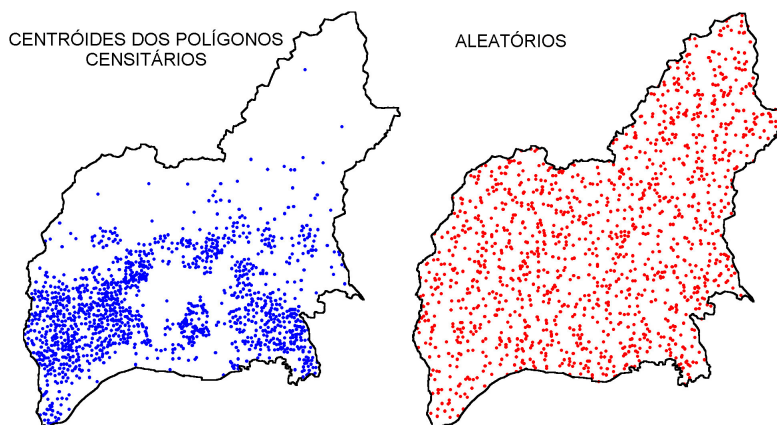
Os tons de cinza, do preto ao branco, mostram as áreas em que as três bandas possuem valores parecidos. As cores evidenciam discrepâncias entre as bandas. Assim, é possível observar as superestimativas e subestimativas nas interpolações dos centróides e dos pontos aleatórios em relação à banda controle NDBI.

Resultados

A Figura 3 mostra os 1388 pontos obtidos a partir dos centróides dos setores censitários e os 1388 pontos gerados aleatoriamente.

Figura 3.

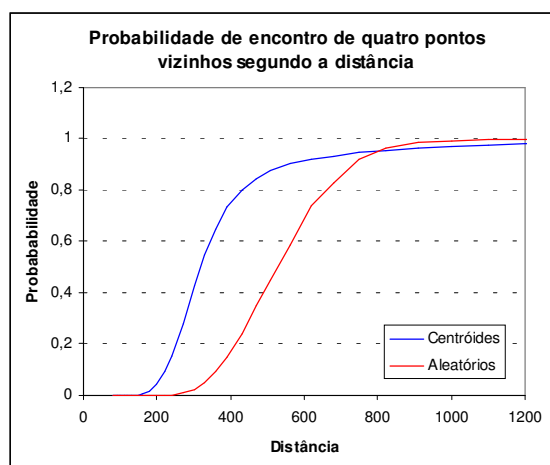
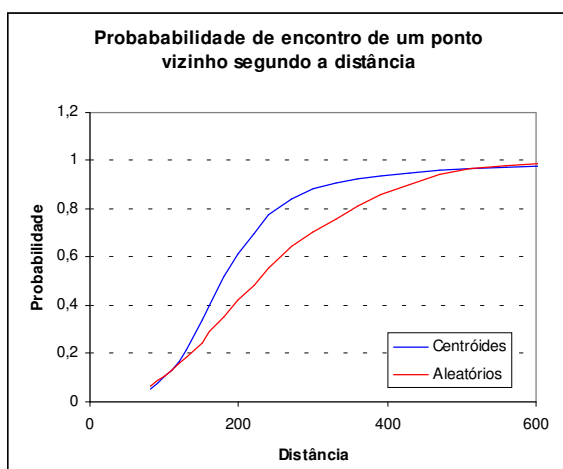
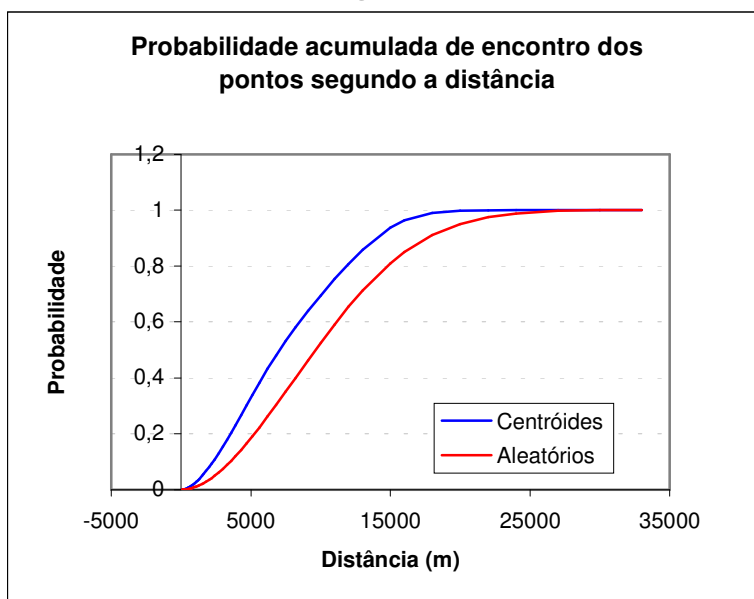
DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS NO MUNICÍPIO DE GUARULHOS/SP



Há uma forte concentração dos pontos baseados nos centróides à sudoeste e sudeste do município, onde a densidade populacional é muito mais elevada. Na porção centro-sul está localizado o Aeroporto Internacional de Cumbica. Os pontos aleatórios, ao contrário, possuem uma distribuição mais equilibrada em toda a área.

A Figura 4 mostra os gráficos de probabilidade acumulada de encontro dos pontos segundo a distância. É possível observar que os pontos aleatórios possuem uma curva mais suave demonstrando uma distribuição mais equilibrada na área de estudo. Já os pontos gerados a partir dos centróides estão mais concentrados, pois atingem percentuais mais altos em relação ao total nas menores distâncias.

Figura 4.



A concentração dos pontos pode representar dificuldades na interpolação, pois em algumas áreas há uma grande concentração de pontos enquanto noutras os pontos são rarefeitos. O maior problema está nas áreas com pontos rarefeitos, pois alguns interpoladores necessitam de um número mínimo de pontos dentro de uma distância pré-estabelecida. Quando este número não é atingido, o algoritmo pode não interpolar algumas áreas. A solução

seria aumentar o limite de distância, mas nesse caso, pontos muito distantes não ser representativos e não apresentar resultados satisfatórios.

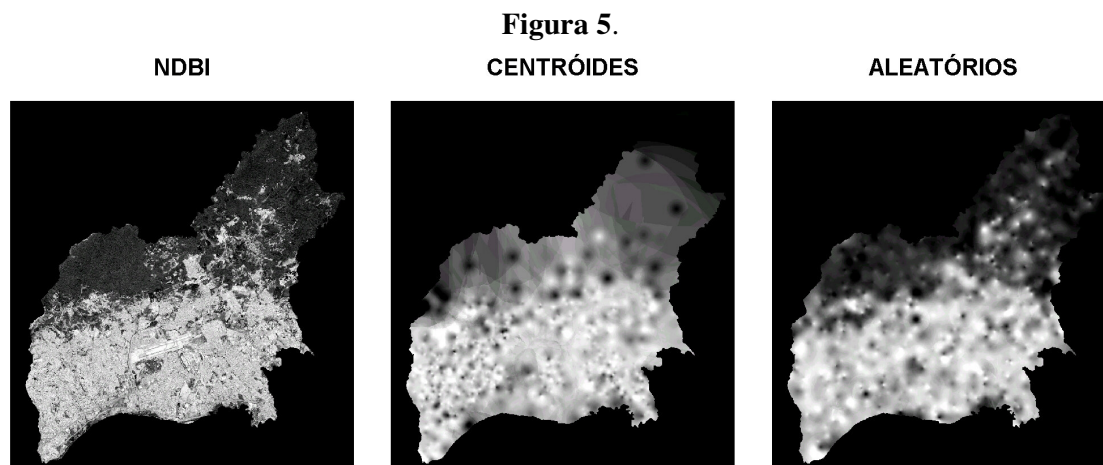
Na a área de estudo, a probabilidade de 100% para o encontro de 4 pontos vizinhos é alcançada a partir de 1800 m nos pontos aleatórios e 6800 m nos pontos baseados no centróide. Isso significa que para conseguirmos interpolar toda a área utilizando-se a krigagem ordinária é necessário utilizar pontos muito mais distantes.

A Tabela 1 mostra as estatísticas descritivas do NDBI, dos pontos e dos modelos interpolados. Observamos que o NDBI possui maior dispersão que os pontos e os modelos interpolados, já que as médias tendem a suavizar os dados originais.

Tabela 1.
Estatísticas Descritivas do NDBI, dos Pontos e dos Modelos Interpolados

	NDBI	Pontos dos Centróides	Interpolação dos Centróides	Pontos Aleatórios	Interpolação dos Pontos Aleatórios
Mínimo	-0,98	-0,53	-0,526	-0,54	-0,538
Máximo	0,60	0,29	0,287	0,35	0,345
Média	-0,24	0,08	-0,119	-0,06	-0,095
Desvio Padrão	0,43	0,09	0,234	0,16	0,251

Os modelos interpolados foram transformados em imagens por meio do realce de contraste, assim como o NDBI, conforme a Figura 5. Podemos observar que a imagem gerada a partir dos pontos interpolados é mais próxima do NDBI.



A composição colorida gerada é apresentada na Figura 6 (com a bandas NDBI no vermelho, centróides no verde e aleatórios no azul) evidencia as discrepância entre os modelos interpolados e o NDBI.

Podemos ver uma grande área em verde, principalmente ao norte, na qual a banda centróides possui valores superiores às bandas NDBI e aleatórios, o que mostra a superestimativa da interpolação realizada a partir dos centróides. Esta área em verde é a região onde os pontos baseados nos centróides estão mais rarefeitos. As áreas em magenta mostram as subestimativas do modelo baseado nos centróides. Nelas existem valores baixos na banda centróide e altos nas bandas NDBI e aleatório.

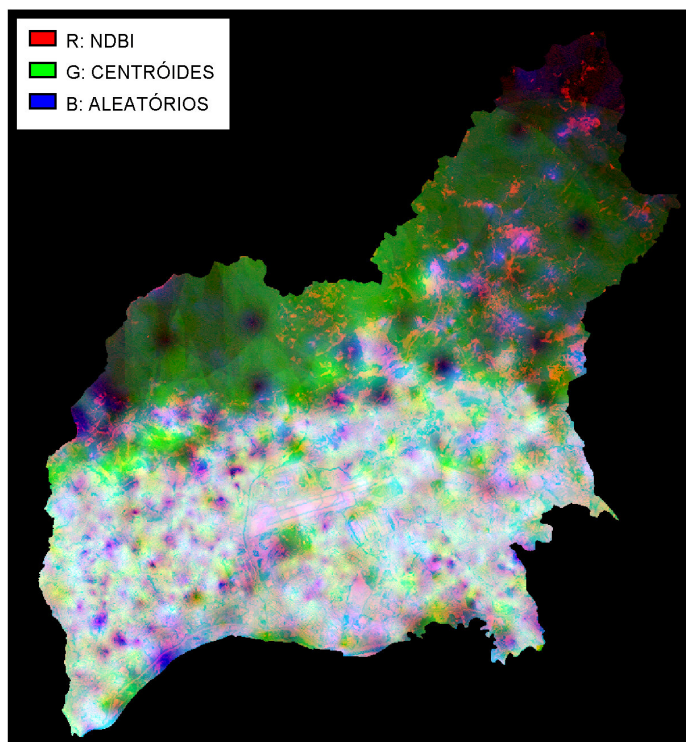
As áreas em azul representam as superestimativas do modelo baseado em pontos aleatório. Nelas a banda aleatórios possui valores mais altos que as bandas NDBI e centróides.

As áreas em amarelo, por sua vez, mostram as subestimativas do modelo baseado em pontos aleatórios. Nelas a banda aleatórios possui valores inferiores às bandas NDBI e centróides.

As áreas em ciano mostram superestimativas nos dois modelos e as áreas em vermelho as subestimativas nos dois modelos.

Figura 6.

**COMPOSIÇÃO COLORIDA DO NDBI
E DOS RESULTADOS DAS INTERPOLAÇÕES**



Visualmente é possível afirmar que o modelo baseado nos pontos aleatórios apresentou os melhores resultados, já que possuem menores diferenças em relação a banda controle NDBI. Já o modelo baseado nos centróides teve mais discrepâncias em relação à banda controle NDBI, principalmente ao norte da área de estudo, com mais presença de superestimativas.

Conclusões

As amostras aleatórias apresentaram melhores resultados na interpolação do NDBI do que as amostras baseadas nos centróides dos polígonos censitários. Os polígonos censitários apresentam grande variabilidade de área, assim, os centróides não possuem uma boa distribuição espacial, adequada para a interpolação. A geração dos pontos aleatórios melhorou os resultados, apresentando valores mais próximos dos originais.

Bibliografia

ZHAO, H.; CHEN, X. Use of normalized difference bareness index in quickly mapping bare areas from TM/ETM+. **IEEE**. p.1666-1668.

FUNG, T.; SIU, W Environment quality and its changes, an analysis using NDVI. **International Journal of Remote Sensing** 2000 v.21, n.5, p.1011-1024

EYTON, J. R. 1983. Landsat Multitemporal Color Composites. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**. 2:231-235.

MARTIN, D. **Geographic Information Systems: Socioeconomic applications**. Londres/Nova York: Routledge, 1996, 210p.

MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; LUCHIARI, A. Mapeamento da Qualidade de Vida em Áreas Urbanas: conceitos e metodologias. **Revista Terra Livre**. São Paulo. N.21 v.2 jul/dez.2003. p.241-248.

ZHA, Y.; GAO, J. NI, J. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, **Int. J. Remote Sens.**, vol. 24, pp. 583–594, 2003.