

## **Espacialização, quantificação e classificação das áreas verdes do município de Sete Lagoas, utilizando as ferramentas de modelagem (NDVI) e de técnicas matemáticas - estatística de componentes principais e a análise de agrupamento**

Isa Maria de Paula Boratto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mestranda da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial, bolsista da FUNARBE.

Av. Itaú, 505 - Prédio Emaús - Bairro Dom Cabral - CEP: 30535012 - Belo Horizonte - MG –  
Brasil. isaboratto@yahoo.com.br

Gisela de Avellar

UNIFEMM –Geógrafa, MsC Geografia

gisella@uai.com.br

**Abstract:** The medium cities are in Minas Gerais regions of spatial transformations, growing and profound changes in the built environment, showing, on the other hand, a decrease and almost total lack of green areas within cities, the result of profound changes in the social-space, obeying the laws of capitalist expansion of the city, which appears to be a fragmented social product, articulate and engendered by social agents. This research aimed spatialize, quantify and classify the green areas of the city of Sete Lagoas, Minas Gerais. The basic tools were modeling the high-resolution image of the German RapidEye satellite, census data and the use of mathematical techniques – statistical of principal component and cluster analysis for the validation of this model. Through the three analyzes in this article, it was observed that the socio-economic activity in the principal components analysis had a very low correlation relative to NDVI. Cluster analysis in relation to NDVI was more satisfactory compared to urban density and green areas. The result shows that deforestation of areas intended for preservation or recreation independent of socioeconomic status, but the growth acceleration that is disordered in the city of Sete Lagoas, where the municipal government is the lack of record, quantify and preserve areas environmental and social interest.

Keywords: Cluster analysis, green areas, major components, vegetation index (NDVI).

### **1.Introdução**

No início da década de 60 o Brasil iniciou um projeto que buscava um processo de ordenamento e integração social do país, que tinha como objetivo o desenvolvimento econômico-social, tendo com base no crescimento das cidades. A Secretaria de Economia e Planejamento do Estado, em 1975, implantou o programa das cidades de médio porte. O programa contemplava o incentivo à descentralização das atividades produtivas, particularmente as indústrias, para centros periféricos de médio porte, que representariam potencialidades locais (PONTES, 1986).

A implementação de políticas de caráter regional desencadearam a orientação da urbanização, onde as políticas públicas tinham a preocupação e a necessidade de interromper a migração em direção às metrópoles, por este motivo, centralizaram-se esforços na estruturação e no desenvolvimento das cidades médias. Em Minas Gerais as cidades médias mineiras constituem-se em regiões de transformações espaciais, com crescimento e profunda modificações do espaço construído, e por outro lado, uma diminuição e quase ausência de áreas verdes intra-urbanas, fruto de profundas modificações nas relações sócio-espaciais, obedecendo às leis de expansão da cidade capitalista, que parece ser um produto social fragmentado, articulado e engendrado por agentes sociais.

A falta de áreas verdes nas cidades médias já é um fato constatado. Esta discussão e preocupação têm-se tornado mais intensa devido aos problemas ambientais, o que tornam as áreas verdes um dos principais ícones da defesa do meio ambiente, pela sua degradação e pelo

pequeno espaço que lhes são destinados nos centros urbanos. A função estética está pautada, principalmente, no papel de integração entre os espaços construídos e aqueles destinados à circulação. A função social está diretamente relacionada à oferta de espaços para o lazer da população.

Os avanços da tecnologia de computadores e de satélites espaciais nas últimas décadas facilitaram a aquisição de dados geográficos por órgãos governamentais e privados, gerando uma massa muito grande de dados. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) possuem ferramentas que permitem a integração, em uma única base, de informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo, cadastro urbano e rural, imagens de satélite e etc. Existem estudos de mapeamento utilizando sensoriamento remoto e SIG para levantamento de áreas verdes públicas e particulares, arborização viária (ESCADA, 1992, GODFREY, 2001, MILLER 1997) e diagnósticos de ilhas de calor em áreas densamente ocupadas (LOMBARDO, 1985).

O sensoriamento remoto oferece um conjunto muito particular de dados, com características que precisam ser levadas em consideração na escolha dos métodos estatísticos a serem utilizados na análise espacial. Segundo Padilha e Kurkdjian (1996), os produtos de sensoriamento remoto, tanto imagens orbitais, quanto fotografias aéreas são de extrema necessidade para analisar o processo de planejamento e reestruturação do ambiente. Antes de Padilha e Kurkdjian (1996), Loch e Kirchner (1988), já haviam afirmado que os produtos de sensoriamento remoto permitem a identificação de origens e características dos agentes modificadores do espaço, além de permitirem o mapeamento e a verificação da extensão e da intensidade das alterações provocadas pelo homem.

O objetivo desta pesquisa foi espacializar, quantificar e classificar as áreas verdes do município de Sete lagoas, Minas Gerais. As ferramentas básicas foram a modelagem da imagem de alta resolução do satélite alemão RapidEye, dados censitários e a utilização da técnica matemática- estatística de componentes principais e a análise de agrupamento para a validação deste modelo.

## **2. Metodologia de Trabalho**

A cidade de Sete Lagoas está localizada na região central de Minas Gerais constitui o reflexo de um longo processo de formação e de construção de uma centralidade, a qual por sua vez, reflete-se na atual inserção adquirida pela cidade na rede urbana mineira. Sua posição geográfica, de contato entre duas notáveis regiões mineiras, de porta de entrada do sertão das Gerais, desde sempre foi um fator do mais alto valor, não passando despercebido pelas pessoas do lugar. Constituiu, verdadeiramente, uma base crucial para argumentações lógicas adotadas pelos habitantes em busca de benefícios para o crescimento e o desenvolvimento da cidade. Sete Lagoas não é apenas um lugar central, mas é também um centro urbano possuidor de uma respeitável capacidade de polarização das cidades de sua região, influenciando e controlando, por intermédio de suas atividades econômicas, políticas e sociais, o território e a vida de tais cidades. (NOGUEIRA, 2003)

A vetorização das regiões administrativas (RA's) foi feita a partir da base de dados do IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Sete Lagoas. A imagem do satélite alemão (RapidEye), com data de passagem de Junho de 2010, foi disponibilizada pelo Instituto Estadual de Florestas – IEF, Diretoria de Pesquisa e Proteção da Biodiversidade, Gerencia de Monitoramento da Cobertura Florestal e da Biodiversidade, sendo devidamente ortorretificada e calibrada conforme o comportamento espectral das bandas.

As imagens do satélite RapidEye têm como característica principal a alta resolução espacial (pixel size 5m) e apresentar 5 bandas espectrais (1 azul, 2 verde, 3 vermelha, 4 infravermelho médio e 5 infravermelho). A partir da imagem foi possível montar no Erdas 2011 (*Model Maker*) o modelo do NDVI (Normalized Difference *Vegetation Index*).

O NDVI é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e no vermelho e a soma dessas mesmas reflectividades. Porém o NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, seus valores variam entre -1 e 1, sendo que as superfícies que contém água ou nuvens esta variação é sempre menor do que zero.

$$NDVI = \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3} \quad (1)$$

Onde:  $\rho_3$  e  $\rho_4$  são os valores da refletância das bandas 3 e 4 RapidEye.

A quantificação das áreas verdes foi feita no ArcGis 9.3. A imagem gerada na modelagem de NDVI Inicialmente foi reclassificada e convertida ao formato *grid* o que permitiu a conversão do raster para vetor. Vetorizado no formato polígonos foi possível construir mapa temático e quantificar as áreas, selecionando aquelas identificadas como áreas verdes dentro de cada Região Administrativa, unidade de cálculo do IBGE para contagem de população.

A análise de componentes principais foi realizada com auxílio do programa Ninna PCA. Este aplicativo foi desenvolvido por Bernardo de Alencar como base integrante da tese de doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação Tratamento da Informação Geográfica da PUC-MG. A Matriz de dados originais possui dados do censo de 2000 (17 RA's de Sete Lagoas, população urbana referente a cada RA'S, tipo de moradia: casa, apartamento e outros tipos de moradia, índice de escolaridade; analfabetos e alfabetizados, renda; até 1 salário mínimo, 1 a 2 salários, 2 a 5 salários, 5 a 10 salários, 10 a 15 salários, 15 a 20 salários, 20 a 30 salários e >30 salários) e o índice NDVI referente a cada RA's de Sete Lagoas.

O software Ninna PCA utiliza o Método de Jacobi para a determinação dos autovalores e autovetores da Matriz de Correlação. Segundo Sperandio (2003), o método de Jacobi é uma técnica utilizada em matrizes simétricas que, por meio de transformações de similaridade buscam aproximar os elementos de sua diagonal principal aos seus autovalores, enquanto aproxima os seus demais elementos a zero. Os autovetores são calculados também de maneira semelhante, transformando sucessivamente os elementos da Matriz Identidade. (ALENCAR, 2005)

Para o refinamento e a validação a utilização do modelo NDVI em áreas urbanas também foi utilizado o programa Ninna Cluster que também foi desenvolvido por Bernardo de Alencar como base integrante da tese de doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação Tratamento da Informação Geográfica da PUC-MG. Utilizando a mesma matriz de dados para o cálculo das componentes principais, foi feita a análise de agrupamento.

Análise de Agrupamentos é o nome dado às técnicas de análise que dividem os dados em grupos, classificando objetos ou indivíduos sem preconceitos, isto é, observando apenas as similaridades ou dissimilaridades entre eles. Os métodos de Análise de Agrupamentos tentam organizar um conjunto de indivíduos, para os quais é conhecida informação detalhada, em grupos relativamente homogêneos (*clusters*).

### 3.Resultados e Discussão

A primeira análise realizada foi a modelagem NDVI. A modelagem deste índice sempre variam entre -1 e 1, os valores abaixo de zero podem representar água, nuvens ou pavimentação de ruas e telhados, no caso específico deste modelo, água, pavimentação. Área desmatada e solo exposto irão apresentar menor refletância, pois a combinação e equacionamento das bandas (3 e 4) tem como objetivo ressaltar o vigor vegetativo, ou seja, quanto mais próximo de 1 mais densa a vegetação.(Figura 1)

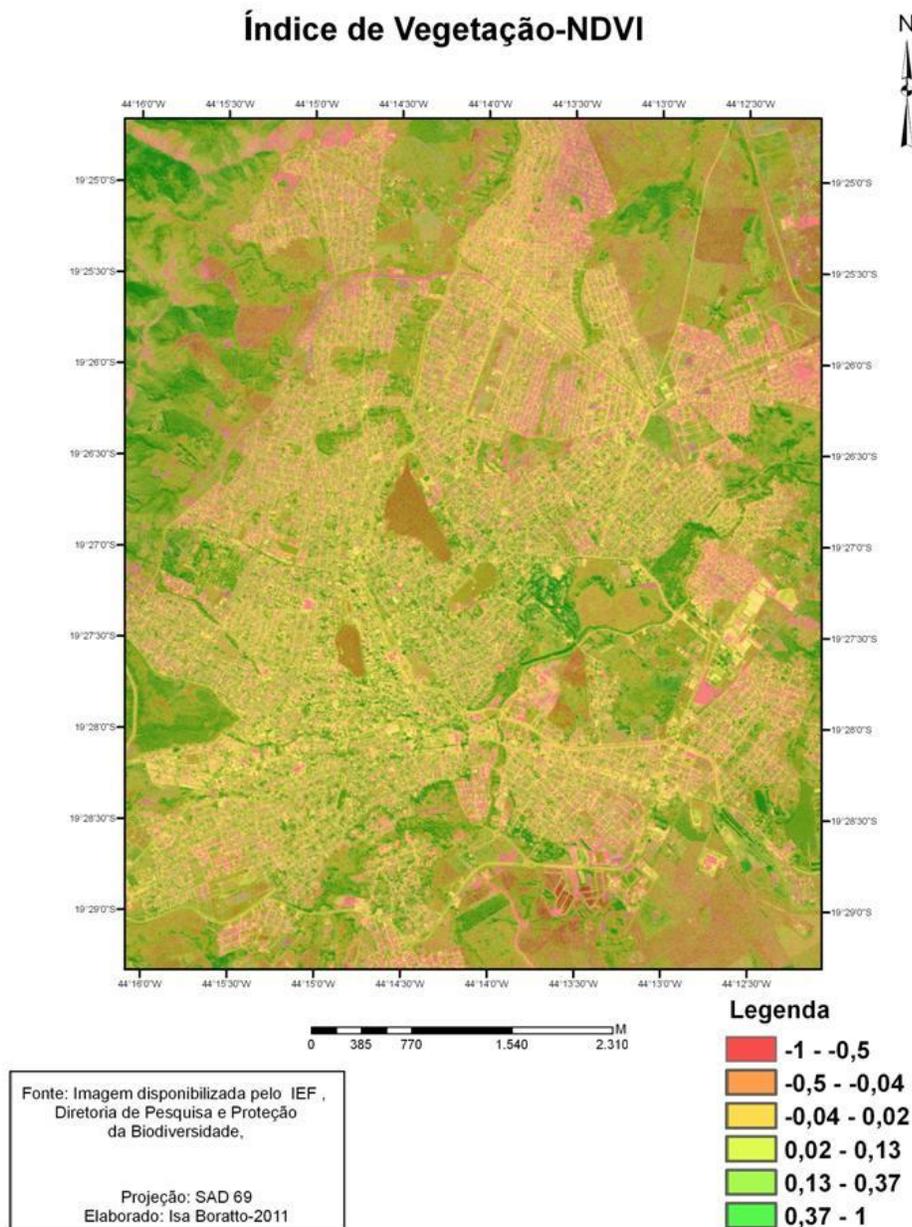


Figura1: Mapa resultante do cálculo do NDVI

Os valores apresentados na imagem podem ser classificados como:

- Os valores negativos -1 - -0,5 (vermelho) representam água ou alguma nuvem na imagem. Pode-se observar que, no mapa, estas áreas são representadas principalmente pelas lagoas.
- O intervalo de valores -0,5 - -0,04 (laranja) estão representando áreas com maior adensamento urbano, ou seja, menor vegetação e maior alteração no uso e ocupação do solo como, por exemplo, pavimentação das ruas (asfalto) e áreas de pastagem.
- Os valores -0,04 – 0,13 (amarelo) também estão representando áreas com maior alteração no uso e ocupação do solo, como pode ser observado a sudeste da imagem.
- Já os intervalos de valores entre 0,13 – 1 (tons de verde) representam áreas com maior vigor vegetativo, que pode ser observado na parte sul, sudoeste e nordeste da imagem.

Em um primeiro momento tentou-se associar variáveis sócio-econômicas em relação às áreas verdes. Porém depois da análise de componentes principais, o resultado obtido não mostrou correlação entre os dados sócio econômicos com a variável ambiental (NDVI).

Ao analisar a primeira componente com autovalor de 7, 836, comprovou-se que ela corresponde a uma variância total de 52,24 %, portanto, a metade desta classificação. Como a variância possui 7 variáveis estas foram agrupadas pela primeira componente principal. As variáveis mais representativas desta componente foram as que apresentaram correlação mais próxima de 1, Foram considerados na análise o índice de correlação acima de 0,7. A estrutura sócio - econômica urbana da cidade de Sete Lagoas atingiu as maiores correlações.

O NDVI obteve o peso nessa componente principal de apenas – 0,32882071 e o coeficiente de determinação de 0,72082041, mostrou uma correlação muito baixa em relação às outras variáveis estudadas. Em relação aos escores o NDVI das RA's que obtiveram índices próximos a -1 foram: IV RA, V RA, VII RA, IX RA, X, XI RA, XIV RA, XV RA e XVII RA , ou seja, 53% das RA's ficaram com escore negativo e apenas uma RA (XIII) ficou com o escore acima de 1 (3,23218338).

Constatou-se que a análise de componentes apresentou uma correlação muito baixa entre as variáveis socioeconômicas em relação à variável ambiental (NDVI). O que se pode concluir que a hipótese da relação entre área verde e a diminuição ou a preservação destas áreas na cidade de Sete Lagoas não está ligada as condicionantes sócioeconômicas estudadas, mas sim, relacionadas ao intenso processo da urbanização e crescimento desordenado que esta cidade vem sofrendo desde a década de 90.

Porém a análise de agrupamentos apresentou um resultado melhor, como pode ser observado na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Dados processados pelo programa Nina Cluster\_PUC-MG, novembro de 2011.

Cluster #1	Cluster #2	Cluster #3	Cluster #4	Cluster #5	Cluster #6
XVII RA	XVI RA	III RA	IV RA	V RA	VI RA
		XV RA	I RA	XI RA	VIII RA
		XIII RA	IX RA	VII RA	II RA
		XII RA	X RA		XIV RA

Fonte: Tabela gerada pelo programa Ninna Cluster.

Sintetizando os resultados do índice NDVI com uma análise visual, comparativa e de campo, foi perceptível a semelhança das RA's em relação ao NDVI e ao adensamento urbano.

Foram feitas as seguintes análises:

- Cluster #1: Ra XVII (oeste) possui uma grande área verde relativamente densa (conforme o valor da classificação do índice), devido à proximidade da Serra de Santa Helena, sendo que a maior parte desta área é uma APP (Área de Preservação Permanente). Porém não é uma região de adensamento urbano.
- Cluster # 2: RA XVI (sudoeste) é uma área relativamente nova, porém apresenta uma vegetação rala e algumas áreas mais preservadas. Esta região possui uma tendência de expansão muito rápida, pelo fato de estar próximo a BR 040 e ao novo Shopping de Sete Lagoas.
- Cluster # 3: RA III (oeste), RA XVII, RA XVIII (sudeste) e XV (sul), apresenta um maior adensamento urbano e pequenas áreas com uma vegetação densa.
- Cluster # 4: RA IV, RA I, RA IX e RA X (centro), possuem uma morfologia muito semelhante, alto índice de adensamento urbano e pouquíssimas áreas verdes. Historicamente esta região é a mais antiga da cidade e onde se localiza o centro e a área hospitalar.
- Cluster # 5: RA V (nordeste), RA XI (centro-leste) e RA VII (nordeste), são áreas relativamente novas não apresentam ainda grandes adensamentos urbanos e por este motivo ainda podem-se observar áreas verdes, provavelmente, áreas remanescentes de cerrado, vegetação típica da região.
- Cluster #6: RA VI (norte), RA VIII (nordeste), RA II (centro) e RA XIV (centro-sul), são regiões com grandes adensamentos urbanos e poucas áreas verdes.

Como conclusão das três análises feita neste artigo, nota-se que a atividade sócioeconômica obtida na análise de componentes principais teve uma correlação muito baixa em relação ao NDVI. A primeira componente só mostrou correlação com os dados relativos ao social e econômico da cidade. A análise de agrupamento em relação ao NDVI foi mais satisfatória em comparação ao adensamento urbano e as áreas verdes.

Um outro fator que deve ser destacado é que a cidade de Sete Lagoas é considerada uma cidade média. É uma região que apresenta um fluxo pendular em relação a Belo Horizonte, localizando-se na Zona Perimetropolitana. Existem dois eixos de comunicação bem definidos e complexos que são a BR-040 (duas direções, sul do município) e as ferrovias. A feição do tecido urbano não é contínua, a cidade cresceu em forma de estrela (nordeste e Leste), ou seja, houve um crescimento urbano desordenado, gerando subcentros.

Uma das hipóteses que pode ser levantada a partir das análises é que o desmatamento de áreas destinada à preservação ou recreação independe da situação sócio-econômica, mas sim da aceleração do crescimento que é desordenado, onde o poder público municipal tem a carência de registrar, quantificar e preservar áreas de interesse ambiental e social. Sete Lagoas não é apenas um lugar central é um centro distribuidor de bens e serviços, tendo como característica uma reestruturação, caracterizada principalmente pela centralidade múltipla e polinucleada.

#### **4. Conclusões**

A espacialização, quantificação e classificação as áreas verdes do município de Sete lagoas, Minas Gerais, pode ser considerada satisfatória, pelo fato de que a modelagem, quantificação e a classificação condizem com a realidade da cidade. As análises matemática e estatística também foram consideradas boas, onde se concluiu que a análise de componentes principais apresenta

uma correlação fraca em relação as variáveis sócio econômicas e ambientais, o que mostrou que o processo de degradação das áreas verdes está relacionada à falta de planejamento, onde as áreas verdes geralmente são delegadas a segundo plano, quando não abandonadas. Os resultados são os déficits permanentes e crescentes dessas áreas de forma contínua no espaço urbano.

## Referências Bibliográficas

Escada, M.I.S. Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto para o Planejamento de Espaços Livres Urbanos de Uso Coletivo. (Dissertação de Mestrado) INPE, 133páginas, 1992.

Godfrey, C. G. GIS e GPS in Urban **Forestry. City Trees**, v.37, n.3, p.14- 16, 2001.

Loch, C., Kirlchner, F. F. Imagem de Satélite na Atualização Cadastral. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 5., Natal, 1988. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 1988, v. 1, p. 3-6.

Lombardo, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo: Hucitec, 1985. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. Conselho Nacional de Desenvolvimento Urbano (CNDU). Evolução de rede urbana no Brasil: período 1970/80. Brasília, 1985.

Padilha, R. C. B. L. A., Kurkdjian, M. L. N. O. Aplicação da técnica de segmentação em imagens HRV/SPOT para a discriminação dos vazios urbanos. [CD-ROM]. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1996, **Anais**. São Paulo: Image Multimídia, 1996. Seção de Comunicações Técnicos-Científicas.

Pontes, B.M.S.. Estratégia **Territorial proposta pelo programa das cidades médias do Estado de São Paulo: reflexão crítica**. Rio Claro, SP., Associação Rioclarense de geógrafos/ ARGEO,1986.

Sperandio D; J. T. Mendes; L. H. M. Silva. **Cálculo numérico: Características matemáticas e computacionais dos métodos numéricos** . São Paulo: Prentice Hall, 2003