



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## ANÁLISE MULTIVARIADA APLICADA A ACURÁCIA DO MAPEAMENTO DE USO DO SOLO

Aline Moreira Damasceno <sup>(a)</sup>, Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro <sup>(b)</sup>,  
Debora Nogueira <sup>(c)</sup>, Paulo Ricardo Gorayeb Sucupira Junior <sup>(d)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Geologia /Universidade Federal do Ceará, alinemoiradamas@gmail.com

<sup>(b)</sup> Departamento de Geologia /Universidade Federal do Ceará, geo.ritasalgueiro@gmail.com

<sup>(c)</sup> Departamento de Geologia /Universidade Federal do Ceará, deboranogueira@hotmail.com

<sup>(d)</sup> Departamento de Estatística /Universidade Federal do Ceará,  
paulogorayeb.statisticum@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

### Resumo

O mapeamento e levantamento de dados referentes ao uso, vegetação e etc são importantes para avaliar a situação da área de estudo. No entanto, em algumas ocasiões, nem sempre é possível o acesso integral ao local de estudo pois, muitas vezes o mapeamento exige uma demanda de recursos humanos e financeiros, que muitas vezes não podem ser atendidos, dessa forma é necessário avaliar a precisão do mapeamento realizado, por meio de outras ferramentas. Este artigo apresenta o método de avaliação de acurácia para mapeamentos de uso do solo, que foi aplicado para a região do Município de São Gonçalo do Amarante através do Índice Kappa, considerando o mapeamento de uso da terra realizado para os anos de 1991, 1999, 2000 e 2018, utilizando imagens Landsat TM. O Índice Kappa apresentou bons resultados, para as classes identificadas, comprovando assim a eficácia desse métodos nesse tipo de estudo.

**Palavras chave:** Geoestatística, Segmentação de Imagens e Autocorrelação espacial

### 1. Introdução

Diversas transformações ocasionadas pela ocupação antrópica no ambiente natural, ocorrem com frequência e em grandes escalas. Muito se ouve falar sobre os diversos processos de ocupação que ocasionam mudanças, muitas vezes, irreversíveis na



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

paisagem. Essas mudanças estão ligadas principalmente ao desenvolvimento de atividades agrícolas, pecuária e de urbanização (Kleinpaul et al., 2005), que predominam na maior parte do território brasileiro. Com esses fatores em destaque, convém ressaltar a necessidade do conhecimento da vulnerabilidade dessas regiões, tanto para promover o desenvolvimento ambiental sustentável quanto para viabilizar o processo de planejamento regional e local. (FILHO et.al., 2007). Para alcançar a compreensão das mudanças ocorridas em uma região, visando seu planejamento ambiental, é necessário primeiramente identificar os componentes presentes naquele espaço. Dessa maneira, para aprofundar os estudos sobre as mudanças de uso e ocupação é necessário identificar os tipos de uso e suas modificações ao longo do tempo. Sendo assim, o sensoriamento remoto, se torna uma ferramenta importante diante da necessidade de se coletar essas informações presentes no espaço, pois através da mesma é possível visualizar e identificar de forma direta os elementos que compõem o meio ambiente. Dessa maneira para um melhor aprimoramento do processo de extração de informações, (Ribeiro et al, 2002) o emprego de imagens de sensoriamento remoto orbital no mapeamento e monitoramento do uso do solo, especialmente quando envolvendo grandes áreas, tem sido baseado no uso de técnicas de interpretação visual. No entanto, a interpretação visual das imagens de satélite, quando aplicada na produção de mapas temáticos, como o de uso do solo, por exemplo, requer tempo, sendo até muitas vezes dispendiosamente trabalhoso, além de ainda estarem sujeitas a diferenças em função do intérprete (subjetividade). Porém, existe alternativa dentro do Sensoriamento Remoto, para contornar esses problemas. O processo é realizado através do processamento de imagens de satélites, que poderia agilizar o processo de produção desses tipos de mapas temáticos, e que acaba se tornando uma ajuda para minimizar essa subjetividade, este método alternativo é chamado de classificação digital. Com base nisso, esta pesquisa, enfatizou-se na aplicação de técnicas multivariada afim de contornar a subjetividade no processo de classificação supervisionada, através da



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

verificação e validação de um mapeamento de uso do solo realizado no Município de São Gonçalo do Amarante- CE para os anos de 1991, 1999, 2007, 2018, através de métodos multivariados e Índice Kappa.

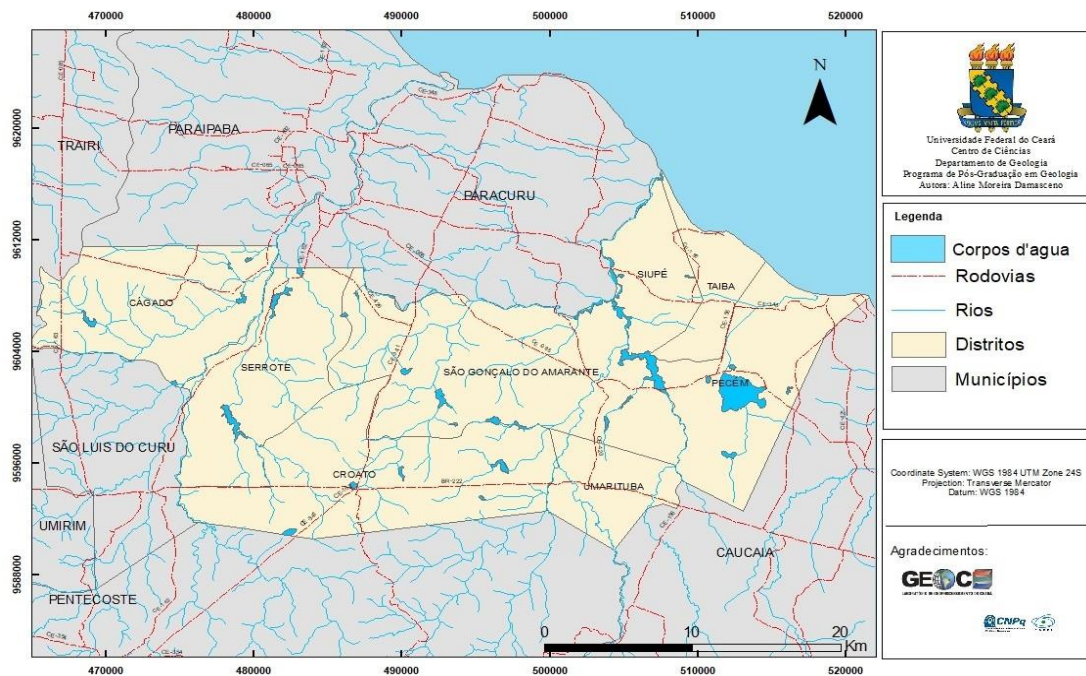


Figura 1 – Mapa de Localização do Município de São Gonçalo do Amarante

## 2. Material e Método

### 2.1. Processo de Classificação Supervisionada de Imagens

Dentre os muitos objetivos do sensoriamento remoto, um deles é o de distinguir e identificar as composições de diferentes objetos que compõem uma superfície, sejam eles dos tipos de vegetação, tipos de uso do solo, rochas e outros. Essa distinção e identificação dos objetos, apenas é possível devido ao fato dos materiais presentes na representação terem comportamentos específicos ao longo do



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

espectro eletromagnético, comportamentos esses que podem, portanto, ser usados para identificá-los. Para a realização desse estudo, as fontes de dados foram coletadas das imagens multiespectrais do satélite Landsat TM (Thematic Mapper), com as respectivas bandas 1 (0,45 - 0,52  $\mu\text{m}$ ), 2 (0,53 - 0,61  $\mu\text{m}$ ), 3 (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ), 4 (0,76 - 0,90  $\mu\text{m}$ ), 5 (1,55 - 1,75  $\mu\text{m}$ ) e 7 (2,08 - 2,35  $\mu\text{m}$ ), para os anos de 1991, 1999, 2000 e 2018. Em seguida técnicas de decorrelação de bandas foram utilizadas para compor o processo de extração de informações, utilizadas no mapeamento do uso e ocupação do solo.

Para delimitação e classificação das classes de mapeamento do uso e ocupação do solo foram levados em consideração fatores como: Levantamento Bibliográfico referente aos mapeamentos de uso e ocupação do município de São Gonçalo, atividades econômicas presentes da região, além da disponibilidade da sazonalidade das imagens de satélite Landsat, que foi seguida o mesmo padrão do sensor para todas as imagens, no qual foi possível aplicar o método de decorrelação e seleção de acordo com as seguintes características e delimitações realizadas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente em 2017 (SEMACE): Água, Área antropizada. Sedimento Arenoso, Sedimento Fixo, Solo exposto, Vegetação e Vegetação antropizada, que englobou as culturas temporárias e área de reflorestamento.

### **1.2 Avaliação/ Validação da precisão da Classificação**

Para a realização do processo de quantificação dos erros gerados pelo método de classificação supervisionada por segmentação, realizados nesse estudo, foram construídas as chamadas matrizes de erro ou de confusão, que permite uma comparação entre os dados provenientes das amostras de validação e com relação ao resultado da classificação. No processo de segmentação da imagem e da posterior classificação, as matrizes de erros foram calculadas com o mesmo conjunto de amostras de validação. Foram realizados também procedimentos de levantamento da



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

exatidão global, por meio da matriz de erro, também foram calculados os erros de inclusão, omissão, produtor, realizado para cada classe temática e por fim foi realizado o cálculo do coeficiente Kappa, que auxilia na avaliação do classificador.

No levantamento do uso e ocupação do solo computando-se a estatística das classes temáticas para o método de classificação por região, permitindo dessa forma avaliar a melhor performance de cada classe temática. Para comparar o desempenho entre os diferentes métodos de classificação foi usado variância de Kappa e estatística Z, comumente utilizada na literatura (Fidalgo, 1995; Lu et al., 2003). Segundo Skidmore (1999), este teste estatístico pode ser carregado em combinações pares de matrizes de erro, determinando se como matrizes são diferentes. Para fazer uma inferência estatística, utilizou-se teste de hipótese. Consideraram-se  $K_1$  e  $K_2$  como as como de Kappa e  $\sigma^2_{k1}$  e  $\sigma^2_{k2}$  suas respectivas variâncias, representando dois classificadores, tais, para testar uma igualdade de duas matrizes de confusão e a estatística Z, expressa por:

$$Z = \frac{|K_1 - K_2|}{\sqrt{\sigma_{k1}^2 + \sigma_{k2}^2}}$$

### 3. Resultados e Discussão

O resultado da classificação foi testado e em relação a exatidão global do mapeamento do uso do solo, a classificação supervisionada para cada ano foram respectivamente, 92% para 1991, 82% para 1999, 90% para 2007 e 76% para 2018. A variação da Índice global, assim como para o índice Kappa pode ser associada a



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

mudança ocorrida na paisagem e nas mudanças de uso do solo, devido a complexidade de atividades exercidas com relação ao uso do solo na região. Tabela I:

Tabela I – Exatidão KAPPA encontrada para os anos de estudo

<i>CLASSIFICAÇÃO</i>	<i>ÍNDICE KAPPA</i>	<i>EXATIDÃO GLOBAL</i>
1991	90%	92%
1999	79%	82%
2007	87%	90%
2018	73%	76%

Dessa maneira, levando em consideração a diferença entre os resultados e as estimativas de cada área relacionada a classe de uso do solo, pode-se atribuir a diferença em relação aos tipos de uso, que conseqüentemente resultam na diferença de resposta espectral entre a distinção dos objetos. Sendo assim, é importante considerar os desempenhos da exatidão global, bem como destacar a relevância das categorias de uso, ou seja, é importante selecionar o método mais adequado ao seu objetivo de trabalho.

### **3. Considerações Finais**

O uso do método de levantamento de acurácia é importante, pois em muitas situações o pesquisador é impossibilitado de diversas maneiras a realizar trabalhos de campo para o levantamento desse tipo de estudo. Tecnologias desse tipo, permitem uma maior facilidade e agilidade nos estudos de mudança de cobertura de uso do solo, e uma maior segurança a partir do momento que se é possível avaliar a exatidão dessa classificação. No entanto, o trabalho de campo ainda deve ser realizado, ainda que seja para reconhecimento da área.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

#### 4. Bibliografia

ANTUNES, ALZIR FELIPPE BUFFARA; STURM, ULRIKE. Segmentação orientada a objeto aplicado ao monitoramento de ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiania. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** [...]. [S. l.: s. n.], 2005. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.10.03/doc/2019.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2019.

ESPINDOLA, G.M.; CRUSCO, N.A.; EPIPHANIO, J.C.N. Aplicação da Metodologia do PRODES Digital em Imagens CCD/CBERS-2. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 12., 2.005. Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2.005. p.923-930.

ESPINDOLA, Giovana Mira de; CÂMARA, Gilberto. Ajuste de parâmetros no algoritmo de segmentação de imagens do software eCognition. In: ANAIS DO XIII SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** [...]. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/237228637\\_Ajuste\\_de\\_parametros\\_no\\_algoritmo\\_d\\_e\\_segmentacao\\_de\\_imagens\\_do\\_software\\_eCognition](https://www.researchgate.net/publication/237228637_Ajuste_de_parametros_no_algoritmo_d_e_segmentacao_de_imagens_do_software_eCognition). Acesso em: 13 jan. 2019

FIDALGO, E. C.C. Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat. 1995. 186p. (INPE-5944-TDI/570). **Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

FILHO, Milton da Costa Araújo; MENESES, Paulo Roberto; SANO, Edson Eyji. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA COM BASE NA ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLIT. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], n. 59/02, p. 173-179, 25 jan. 2007.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

LU, D.; MORAN, E. BATISTELLA, M. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. **Remote Sensing of Environment**, v.87. p.456-469. 2003.

OLIVEIRA, L. T. Fusão de imagens de sensoriamento remoto e mineração de dados geográficos para mapear as fitofisionomias no bioma cerrado. 2004. 131 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PESSOA, SEYLA POLIANA MIRANDA; GALVANIN, EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS; NEVES, SANDRA MARA ALVES DA SILVA. Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio do Bugres - mato grosso, brasil. **Enciclopédia biosfera, centro científico conhecer**, Goiânia, p. 1-13, 1 dez. 2013

RIBEIRO, S. R. A.; BAEHR, H. P.; CENTENO, J. A. S. Integração de imagens de satélite e dados complementares para a delimitação de unidades de paisagem usando uma abordagem baseada em regiões. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 8, p. 47-59, 2002

SKIDMORE, A.K. Accuracy assessment of spatial information. In: STEIN, A.; MEER, F. van der; GORTE, B. (Ed.). **Spatial statistics for remote sensing**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p.197-209.

KLEINPAUL, J. J.; PEREIRA, R. S.; HENDGES, E. R.; BENEDETTI, A. C. P.; ZORZI, C.; FERRARL, R. Análise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, MS. **Boletim de pesquisa**, n. 51, p. 171-184, 2005.