

Qualidade da classificação automática de imagens de sensoriamento remoto em trabalhos apresentados nas edições anteriores do SBSR

Bruno Schultz¹
Alfredo José Barreto Luiz²
Ieda Del'Arco Sanches¹
Antônio Roberto Formaggio¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{schultz, ieda, formag}@dsr.inpe.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasil
Embrapa Meio Ambiente
Rod SP 340, km 127,5 Cx Postal 69 13820-000 Jaguariúna, SP - Brasil
alfredo.luiz@embrapa.br

Abstract. A study has been carried out considering 18 years of papers published in the Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (Brazilian Remote Sensing Symposium) related to the subject of satellite image classification. The aim of the study was to assess the degree of progress made in thematic mapping through developments in classification algorithms, different approaches (per-pixel or object-based) and methods (unsupervised and supervised). The result of 238 reported classification experiments were quantitatively analyzed through Kappa Index (KI) results. Several parameters were used to relate the experiments, as type of approach, method, number of samples and classes, used sensor system, etc. Overall, the results showed that no significant improvement was found in KI results after 18 years SBSR. The mean and KI values was found to be 0.71 and standard deviation of 0.14. Relations between KI results and number of class, type of approach and method could not be found. Thirty one percent of the experiments analyzed did not present sufficient methodological information, thus, they were excluded from the analysis.

Palavras-chave: meta-analysis, automatic classification, remote sensing, SBSR, meta-análise, classificação automática, sensoriamento remoto, SBSR.

1. Introdução

Em 28 de julho de 2004, as imagens dos sensores da família dos satélites Landsat e Cbers foram disponibilizadas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para usuários do Brasil inteiro. Dez anos mais tarde, cerca de 2,5 milhões de imagens foram baixadas para exploração do processamento, classificação e obtenção de resultados em imagens orbitais (INPE, 2009; INPE, 2014). Diversos pesquisadores utilizaram esta fonte livre de informação, para gerar trabalhos científicos nos Simpósios Brasileiros de Sensoriamento Remoto (SBSR). Grande parte destes trabalhos visava à obtenção do mapeamento de classes de uso do solo, utilizando diferentes algoritmos, técnicas e abordagens para classificação automática de imagens.

Depois de mais de três décadas de estudos nos dezesseis SBSR, em relação à classificação automática de imagens orbitais, é oportuno perguntar se, com o passar dos anos, houve melhorias significativas no resultado do mapeamento do uso e cobertura do solo no Brasil. Wilkinson (2005) comenta que do ano de 1984 a 2003 os resultados do Índice Kappa (IK), para avaliação da exatidão de mapeamento em nível mundial, não teve melhoras em números absolutos. O autor afirma ainda que trabalhos analisados individualmente, mostraram vantagens de uma técnica em relação a outra, mas, no quadro geral, não se viu nenhuma tendência positiva de melhora, nos resultados numa amostragem de 210 artigos.

Se observarmos a grande evolução das técnicas de processamento de imagens e o advento de novos sistemas sensores com melhores qualidades radiométrica, espectral,

temporal e espacial, grande parte das técnicas de classificação automática de imagens de sensoriamento remoto (SR) avançou, quanto a três principais pontos-chaves (Wilkinson, 2005). São eles: (1) uso de componentes para treinamento de algoritmos e uso de diferentes índices para melhorar a separação de classes, (2) desenvolvimento de novas abordagens para melhorar o desempenho dos algoritmos e (3) exploração de múltiplos tipos de datas como informações de apoio.

No Brasil, podemos exemplificar estes principais pontos-chaves com alguns trabalhos do SBSR: em (1) árvores de decisão (Vieira et al., 2011), mineração de dados (Fernandes et al., 2013), redes neurais (Abdalla e Sá Volotão, 2013) e implementações do algoritmo da máxima diferença (Soares et al., 2011); em (2) uso da lógica *fuzzy* (Antunes e Luz, 2009), análise orientada a objetos (AOO) (Carvalho et al., 2013) e uso do algoritmo *Support Vector Machine* (SVM) (Pereira et al., 2011); e em (3) uso da textura e dados multissensor no processo de classificação (Souza et al., 2009; Oliveira et al., 2011; Garcia et al., 2011)

No presente trabalho, o objetivo foi averiguar, pelo uso da meta análise descrita por Luiz et al. (2002), o progresso que tem ocorrido no mapeamento temático no Brasil utilizando técnicas e dados de SR. Para isso, foram coletados dados dos trabalhos dos SBSR entre os anos de 1996 e 2013, os quais serviram como base para analisar o desempenho da classificação automática ao longo destes 18 anos de estudos no Brasil.

2. Material e Métodos

O estudo foi realizado por meio da análise quantitativa de todos os trabalhos dos SBSR que ocorreram entre os anos de 1996 e 2013, e que utilizaram o IK para avaliação da exatidão do mapeamento. O SBSR abrange as principais pesquisas vinculadas ao SR no Brasil, e vários trabalhos desse evento relatam o uso de diferentes abordagens e técnicas de processamento e classificação de imagens, que podem ser avaliadas juntas pelo método da meta-análise. O primeiro SBSR ocorreu em 1978, no entanto, foi necessário limitar a avaliação para os trabalhos posteriores ao ano de 1996, a fim de poder aplicar um método sistemático de avaliação. Trabalhos anteriores ao ano de 1996 tiveram duas formas de apresentação: resumo estendido (RE) ou resumo simples e, além disso, pela forma dos arquivos armazenados não é possível fazer a busca automática por palavras chave, limitando a capacidade de busca exaustiva.

Ao todo, foram avaliados 238 estudos sobre classificação de imagens de SR, extraídos de 134 trabalhos (RE) nos 18 anos de SBSR analisados. Os trabalhos referem-se aos RE e os estudos, aos experimentos testados em cada RE. Em muitos casos foi possível avaliar mais de um estudo (diferentes técnicas de classificação) por RE. Todos os trabalhos foram examinados quanto a 12 parâmetros (Tabela 1). Os dados levantados foram organizados em uma única tabela. É importante ressaltar que entre os artigos examinados muitos não forneceram detalhes experimentais suficientes para a aplicação da análise proposta. Portanto, aqueles artigos que tiveram mais de três parâmetros indisponíveis, não foram utilizados. Assim, no total foram descartados 62 trabalhos que apresentaram insuficiente contextualização metodológica.

Algumas restrições adicionais também foram aplicadas ao estudo, como expostas a seguir:

- (1) O trabalho que não utilizou o IK como avaliação quantitativa de classificação não foi considerado;
- (2) Trabalhos que apresentaram resultados de IK para somente uma classe foram descartados, pois a ideia foi analisar o cenário da exatidão multiclases;
- (3) A variação de diferentes tipos de algoritmos de árvores de decisão (AD) ou de redes neurais (RN) não foi considerada, isto é, tomou-se um nome genérico AD e RN para as diferentes técnicas empregadas com estes algoritmos num mesmo trabalho;
- (4) Foram considerados apenas os melhores resultados de estudos que utilizaram o mesmo algoritmo no RE e variaram apenas os dados de entrada como: fator de escala em

algoritmos baseados em objetos, aplicação de diferentes fontes de dados de treinamento para algoritmos e dados oriundos de diferentes sistemas sensores.

Tabela 1. Lista dos parâmetros experimentais utilizados neste estudo.

PARÂMETROS EXPERIMENTAIS	
1.	Ano da Publicação
2.	Sistema sensor utilizados
3.	Uso da análise multitemporal (sim ou não)
4.	Tipo de classificador aplicado
5.	Programa designado para a operação
6.	Abordagem relatada
7.	Fator de escala em classificadores por objetos
8.	Volume de dados de entrada para validação
9.	Número de classes reportadas na matriz de erro
10.	Área experimental aproximada (Hectares)
11.	Exatidão expressa pelo Índice Kappa
12.	Área de atuação que o trabalho se encaixa

3. Resultados e discussão

Na Tabela 2 é apresentado um resumo das características dos 238 estudos (extraídos de 134 RE) que foram utilizados na meta-análise, referentes a: quatro diferentes resoluções espaciais (*Landsat-like*, altíssima resolução, radar e moderada), duas abordagens (pixel e objeto) e dois métodos (supervisionado e não supervisionado) para mapeamento.

Grande parte destes trabalhos (n=95 ou 71%) utilizou dados de imagens com resolução *Landsat-like* na classificação, além disso, em 238 dos estudos avaliados (83,6%) foi utilizado o método supervisionado, e em 68,9%, foi adotada a abordagem do pixel para treinamento e classificação das imagens.

Tabela 2. Características de 238 resultados extraídos dos 134 estudos do SBSR utilizados na meta-análise.

Trabalhos	Resumo	%	Sensores utilizados (Resolução espacial)				
			<i>Landsat-like</i> ^a	Altíssima ^b	Radar ^c	Moderada	Total
Técnicas	238	100	169	32	22	15	--
Kappa	--	--	0,72	0,71	0,71	0,73	0,71
Abordagens	Pixel	68,9	115	20	16	13	164
	Objetos	31,1	54	12	6	2	74
Método	Sup	83,6	136	30	22	11	199
	Não Sup	16,4	33	2	0	4	39

^a *Landsat-like* = sensores com resolução espacial semelhante aos da Família Landsat, ver (Powell et al. 2010).

^b Sensores de altíssima resolução espacial (Geo-Eye, World-View LL, Quickbird e Ikonos).

^c Espaçamento entre pixels.

Dentre os estudos analisados, 13% (n=32) utilizaram imagens de altíssima resolução espacial (e.g. Geo-Eye, World-View II, Quickbird e Ikonos) para classificação, um número considerável, visto que em geral essas imagens não estão disponíveis gratuitamente como as demais. Grande parte destes estudos refere-se a experimentos na área urbana, com classificação do uso do solo, ou com identificação de tipos de padrões de ocupação (e.g. prédios, casas) pela resposta espectral dos telhados das construções. A grande quantidade de

dados advindos de imagens de altíssima resolução espacial fez com que a análise orientada ao objeto facilitasse o processamento e classificação deste tipo de dados (Blaschke, 2010). Desta forma, os algoritmos supervisionados, relacionados a métodos analíticos de distância dimensional do pixel como: Máxima verossimilhança (MAXVER), Distância de Mahalanobis (DM) e Paralelepípedo foram testados e comparados aos resultados obtidos pelos algoritmos classificadores de objetos.

Como a análise orientada a objetos (AOO) é recente, os estudos relatados nos trabalhos dos SBSR que utilizaram esta metodologia para classificação, a partir de 2000, foram poucos (n=74) se comparados aos que utilizaram a classificação por pixel (n=164). Entre os algoritmos citados nos trabalhos, os que foram mais utilizados para segmentação e formação de objetos, são: o Segmentador Multirresolução implementado no programa E-cognition (Baatz e Schäpe, 2000) e o Ioseg, implementado no sistema SPRING (Bins et al., 1996). As técnicas de AD e distância de Bathacharya foram as mais utilizadas para classificação orientada aos objetos. Já para a abordagem do pixel, os algoritmos MAXVER, DM e SVM foram os mais utilizados nos trabalhos do SBSR.

Na Figura 1 podem ser observados os valores do Kappa dos estudos analisados que utilizaram a abordagem do pixel (Figura 1a) e do objeto (Figura 1b) na classificação de imagens de SR ao longo do tempo. De forma geral, percebe-se que não existe correlação entre o valor do IK com o ano de publicação dos trabalhos em nenhum dos dois casos. Blaschke (2010) relatou que a AOO surtiu melhores resultados de classificação se comparada com as técnicas vinculadas a classificação singular do pixel, o que não pode ser comprovado pelos nossos dados.

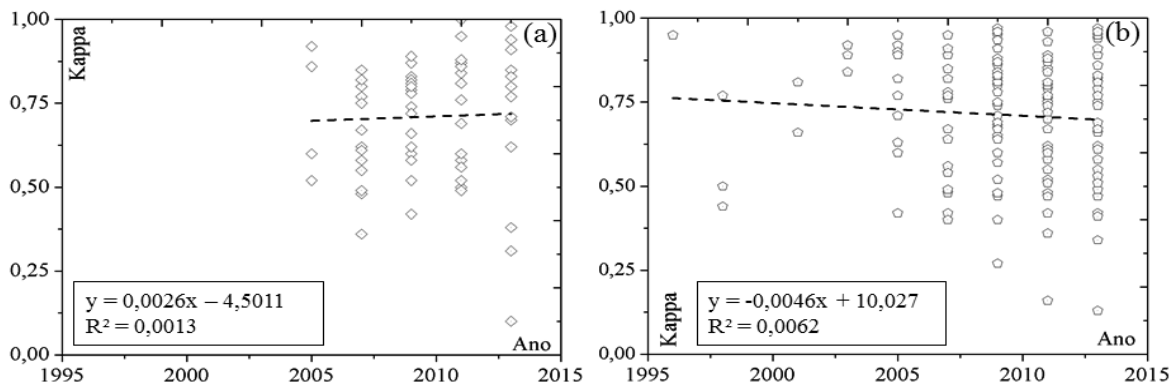


Figura 1. Relação entre o Índice Kappa e a data de publicação dos 74 estudos que utilizaram objetos para a classificação (a) e dos 162 estudos que utilizaram o pixel para classificação (b).

Com a maior disponibilidade de algoritmos para classificação de imagens orbitais, com o passar dos anos cresceu o número de trabalhos nos SBSR relacionados à classificação automática. O efeito deste crescimento pode ser observado na Figura 2(a). Com a grande quantidade de trabalhos, a variação dos resultados do IK também foi maior. Isso mostra que o uso de diferentes técnicas e abordagens de classificação de imagens, ou sistemas sensores, não surtiu em efeito significativo para resultados positivos de mapeamento e classificação de imagens, em 18 anos de SBSR. A Figura 2(b) mostra que a reta de regressão entre IK e os anos de publicação dos trabalhos que utilizaram o enfoque por pixel teve uma insignificante inclinação negativa. Isso retrata um comportamento estável quanto ao valor médio de IK. A simples análise visual da Figura 2 torna perceptível a variação muito maior entre os resultados e a ocorrência de alguns valores muito mais baixos nos trabalhos mais recentes.

Com base nos dez SBSR avaliados (1995-2013), ao passar dos anos, mesmo com o advento de técnicas mais sofisticadas, como algoritmos de RN, *Support Vector Machine* (SVM), AD e Modelo de Análise Múltipla de *Endmembers* (MESMA), os resultados do IK não melhoraram. Ou seja, de forma geral, não houve uma melhora da classificação automática ao longo dos anos. O mesmo resultado foi relatado por Wilkinson (2005) ao analisar 500 técnicas de classificação em dados da revista *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* (1989-2003). Ele ainda comentou que o uso de algoritmos de RN não incrementou de forma positiva os resultados de classificação em nível mundial.

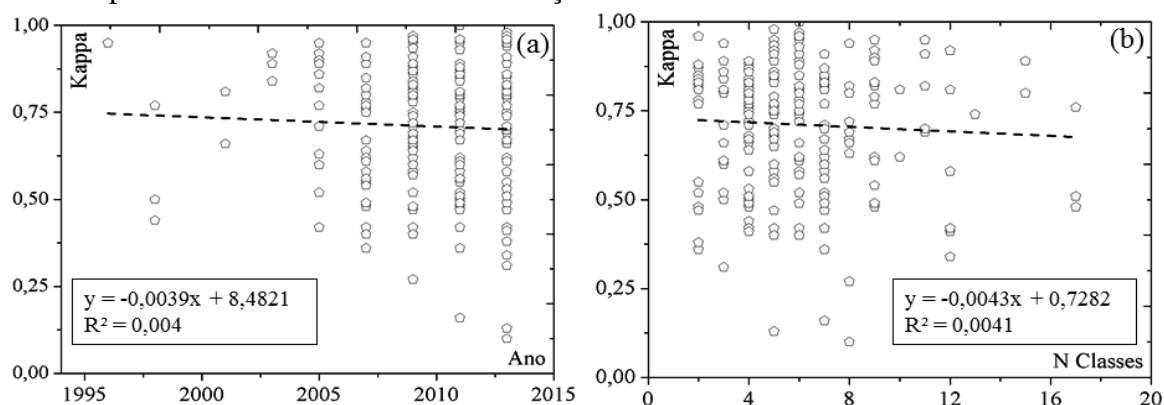


Figura 2. Regressão entre o Índice Kappa dos 238 estudos referentes aos 18 anos de publicação no SBSR com a data de publicação (a) e com o número de classes utilizadas na matriz de confusão (b).

Tem-se a ideia de que a quantidade de classes utilizadas para serem rotuladas pelo algoritmo classificador influencia de forma inversamente proporcional o resultado quantitativo final da classificação. No entanto, conforme pode ser observado na Figura 2(b) percebe-se que não existe correlação entre as variáveis Kappa x número de classes nos estudos analisados. Portanto, o número de classes não afetou o resultado médio do Kappa ($0,71 \pm 0,14$) para os 238 estudos averiguados.

A hipótese de que a exatidão da classificação temática é afetada de forma direta pela resolução espacial também foi testada. Na Figura 3(a) e 3(b) são apresentadas as retas de inclinação das regressões lineares entre o IK e os anos, para resoluções espaciais do tipo moderada ou MD (250 m), *Landsat-like* ou LL (30 m), altíssima ou AR (1 m), e para o espaçamento de pixel para sistemas radares ou RD (12,5 m). Com o passar dos anos os valores do IK aumentaram para as resoluções RD e MD, e o contrário ocorreu para as resoluções LL e AR. A mais fina resolução espacial analisada, AR, teve a maior inclinação negativa entre as demais variáveis estudadas (Figura 3a).

Deve ser por este o fato, que a resolução espectral, espacial, temporal e radiométrica de dados MODIS indicaram bons resultados de classificação na área agrícola na literatura (Johann et al., 2012; Gusso et al., 2012), assim como o uso de diferentes polarizações nos sistemas radares. Outra técnica que pode resultar em bons resultados no mapeamento do uso do solo no Brasil é o uso de dados de radares utilizados de forma conjunta aos dados de sensores ópticos de resolução *Landsat-like*, pois bons resultados foram obtidos com a inclusão conjunta de dados passivos e ativos no sensoriamento remoto agrícola (Forkuor et al., 2012).

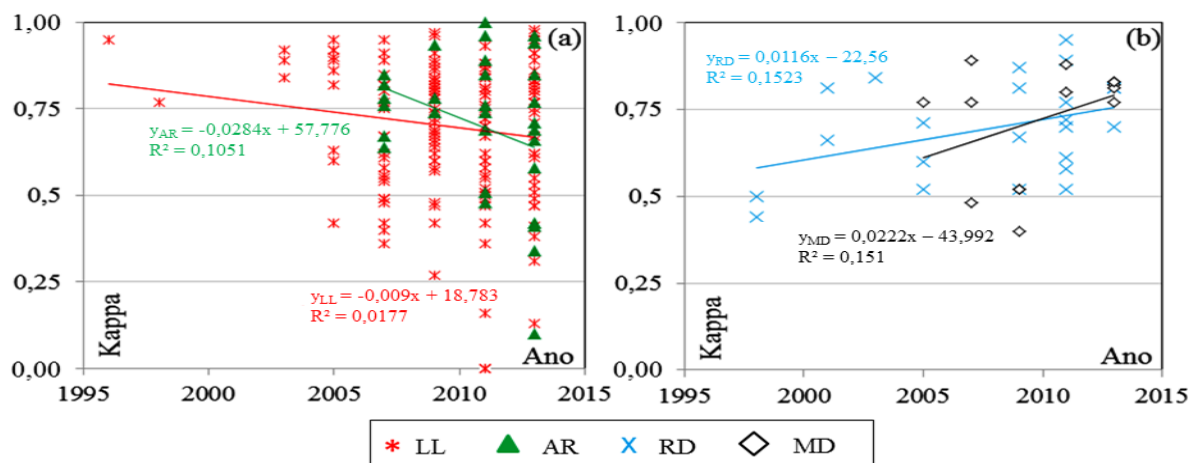


Figura 3. Regressão entre o Índice Kappa e a data de publicação de estudos que empregaram imagens *Landsat-like* (LL) e de altíssima resolução (AR) (a) e de resolução moderada (MD) ou de radar (RD) (b).

A coleta de informação de campo para o treinamento de algoritmos supervisionados é um problema devido ao custo. Assim, foi testada a tendência dos resultados dos trabalhos do SBSR realizados com algoritmos supervisionados (Sup), e também os não supervisionados (Nsup). Os principais algoritmos supervisionados citados nos trabalhos do SBSR foram: MAXVER, distância de Batthacharya, DM, SVM e AD. Já os não supervisionados foram: ISODATA, Ioseg, Cluster e K-médias. Os dados referentes às técnicas NSup e Sup, foram plotados na Figura 4(a) e 4(b), respectivamente, e não foi realizada a separação entre os algoritmos de mesmo nome e de cada classe, derivados de diferentes *softwares*.

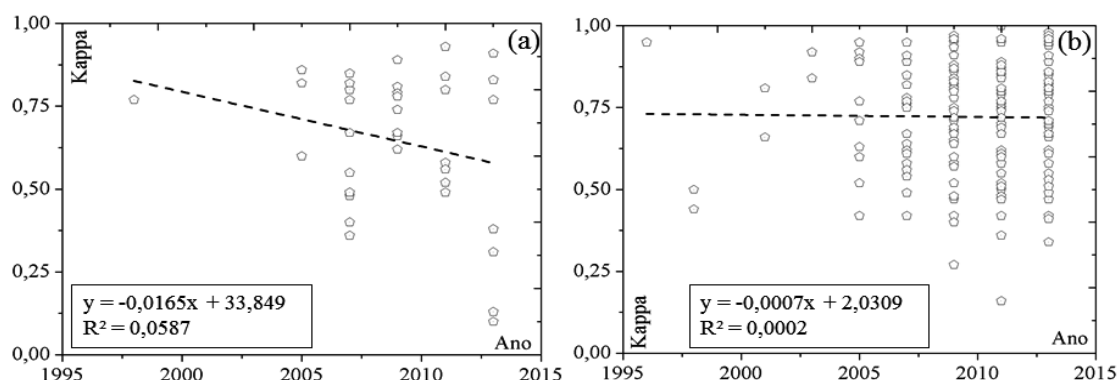


Figura 4. Regressão entre o Índice Kappa e a data de publicação dos 39 estudos que empregaram algoritmos não supervisionados (a) e dos 199 que usaram algoritmos supervisionados (b).

A Figura 4(a) mostra que, com o passar dos anos, a linha de regressão apresentou tendência negativa de valores do IK para o mapeamento final gerado por algoritmos Nsup. E mesmo com a introdução de algoritmos Sup, como SVM e AD, considerados melhores que os classificadores de distância analítica (Mountrakis et al., 2011; Elnaggar e Noller, 2010), com o passar dos anos os resultados do IK permaneceram praticamente os mesmos (Figura 4b). O fato destes algoritmos estarem implementados em softwares utilizados para gerenciamento faz com que o usuário não tenha grande possibilidade de mudar os parâmetros de entrada e assim buscar melhores resultados. Como exemplo disso, algoritmos Sup de distância analítica necessitam de informações de grau de similaridade, já os algoritmos Nsup dependem de informações a priori de número de interações.

A introdução de novas técnicas e algoritmos pode aprimorar o mapeamento do uso do solo no Brasil. Porém, estas técnicas devem incluir o máximo possível de resultados

secundários na classificação. Os subprodutos são tão importantes quanto o mapa final, pois, a partir deles, os erros de mapeamento podem ser melhorados e as incertezas para um próximo trabalho serão sanadas na medida do possível. A busca na literatura por algoritmos capazes de gerar informações secundárias do mapeamento é uma forma de melhorar os resultados obtidos do IK.

Bons resultados foram obtidos para mapeamento do uso e ocupação do solo com uso do modelo Random Forest (RF) (Imittzer et al., 2012). O RF é um algoritmo supervisionado que trabalha com a ideia do *out-of-bag* (Pal, 2005). Ele pode gerar mais de 500 diferentes árvores de decisão com os atributos utilizados para classificação. Além disso, o algoritmo produz mais de um resultado, isto é, ele gera informações da seleção dos melhores atributos que condizem com a classificação, mapa de sensibilidade de cada pixel/objeto ou a probabilidade do pixel/objeto pertencer à classe mapeada, e também o mapa final.

4. Conclusões

- Mesmo com um resultado médio de 0,71 ($\pm 0,14$), o IK dos trabalhos analisados ao longo de 18 SBSR não teve melhoras significativas com o passar dos anos.
- O aumento do número de classes utilizadas para mapeamento não influenciou nos resultados do IK.
- Mais de 31% dos trabalhos analisados nos SBSR foram descartados da meta-análise por não apresentarem informação metodológica suficiente. Esse é um número significativo e expressa a necessidade de haver um detalhamento maior na descrição da metodologia nos artigos científicos.

Referências Bibliográficas

- Abdalla, L.S.; Sá Volotão, C.F. Estudo da configuração de diferentes arquiteturas de redes neurais artificiais MLP para classificação de imagens ópticas, **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, p. 8200-8207, 2013.
- Antunes, A.F.B.; Da Luz, N.B. Classificação orientada a objetos de imagens Spot-5 com a finalidade de mapeamento do uso da terra, **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Natal, RN, Brasil, p. 909-917, 2009.
- Baatz, M., e Schape, A. Multi-resolution segmentation - An optimization approach for high quality multi-scale segmentation. In **J. Strbl (Ed.), Beiträge zum AGIT Symposium Salsburg** (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, XII. Anais. pp.12 - 23, 2000.
- Bins, L. S.; Fonseca, L. G.; Erthal, G. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. In: **VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Anais, p.677-680, 1996.
- Blaschke, T. Object based image analysis for remote sensing, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, n.65, p. 2–16, 2010.
- Carvalho, M.V.A.; Kux, H.J.H.; Florenzano, T.G. Análise de imagem baseada em objeto e mineração de dados aplicadas à classificação do uso do solo urbano por quadra em imagens WorldView-2, **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, p. 1022-1029, 2013.
- Elnaggar, A.A.; Noller, J.S. Application of Remote-sensing Data and Decision-Tree Analysis to Mapping Salt-Affected Soils over Large Areas, **Remote Sensing**, n.2, p. 151-165, 2010.
- Fernandes, P.J.F.; Girão, R.S.; Weckmüller, R.; Dos Santos, J.M. Uso de mineração de dados no mapeamento de fragmentos florestais a partir de imagens ETM+, **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, p. 2416-2423, 2013.

Forkuor, G.; Conrad, C.; Thiel, M.; Ullmann, T.; Zoungrana, E. Integration of Optical and Synthetic Aperture Radar Imagery for Improving Crop Mapping in Northwestern Benin, West Africa, **Remote Sensing**, n. 6, p. 6472-6499, 2012.

Garcia, C.E.; Del Castillo, E.M.; Salgado, M.P.G., Avaliação do uso e fusão de imagens ALOS/PALSAR e TM/Landsat para identificação e mapeamentos temáticos no município de Mambai – GO, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, p.8114-8120, 2011.

Gusso, A.; Formaggio, A.R.; Rizzi, R.; Adami, M.; Rudorff, B.F.T. Soybean crop area estimation by Modis/Evi data. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.425-435, 2012.

Immitzer, M.; Atzberger, C.; Koukal, T. Tree Species Classification with Random Forest Using Very High Spatial Resolution 8-Band WorldView-2 Satellite Data, **Remote Sensing**, n.4, 4, p. 2661-2693, 2012.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2009). **INPE atinge 1 milhão de imagens distribuídas sem custo pela internet**. Mais de 70% são do satélite CBERS. Em < http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1966> Acesso em 01 de outubro de 2014.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2014). **Número de imagens baixadas até o momento no catálogo INPE**. Em < <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/arqdocs.php> > Acesso em 01 de outubro de 2014.

Johann, J.A.; Rocha, J.V.; Dift, D.G.; Lamparelli, R.A.C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/Modis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.9, p.1295-1306, 2012.

Luiz, A.J.B. Meta-análise: Definição, aplicações e sinergia com dados espaciais. **Cadernos de Ciência e Tecnologias**, v.19, n.3, p.407-428, 2002.

Mountrakis, G.; Im, J.; Ogole, C. Support vector machines in remote sensing: A review, **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, n. 66, p. 247–259, 2011.

Oliveira, F.P.; Resck, B.C.; Fernandes Filho, E.I. Uso de imagens CBERS 2B para classificação de áreas monodominadas por aroeira em uma região do médio rio Doce mineiro, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, p.2592-2599, 2011.

Pal, M. Random forest classifier for remote sensing classification, **International Journal of Remote Sensing**, n. 26, p. 217–222, 2005.

Pereira, L.O.; Silva, A.E.P.; Negri, R.G.; Sant’Anna, S.J.S; Dutra, L.V.; Freitas, C.C.; Erthal, G.J. Análise comparativa dos métodos de classificação SVM e Maxver-ICM Polarimétrico em imagem de radar ALOS PALSAR, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, p.8223-8230, 2011.

Soares, S.C.; Gonçalves, J.P.D.; Fonseca, L.M.G. Mapeamento e análise multitemporal do uso e ocupação do solo em região do município de Santarém-PA através de imagens Landsat 5-TM, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, p. 6910-6916, 2011.

Souza, V.C.O.; Vieira, T.G.C.; Alves, H.M.R.; Volpato, M.M.L. Análise e classificação textural de áreas demata e café na região de Machado – MG, **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Natal, RN, Brasil, p.7925-7932, 2009.

Vieira, M.A.; Formaggio, A.R.; Rennó, C.D. Análise de Imagem Orientada a Objeto e Mineração de dados aplicados ao mapeamento da cana-de-açúcar, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, p. 467-474, 2011.

Wilkinson, G.G. Results and implications of a study of fifteen years of satellite image classification experiments. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.4, n.3, p. 4