

Uso de imagens Landsat-8 no mapeamento das lavouras cafeeiras nos municípios do entorno do Parque Nacional do Caparaó

Use of Landsat-8 images for mapping coffee plantations in the surrounding municipalities of the Caparaó National Park

Uso de imágenes Landsat-8 en el mapeo de los cultivos cafeteros en los municipios del entorno del Parque Nacional del Caparaó

Guilherme Fernandes Campanha

Tecnólogo em Cafeicultura pelo Ifes *Campus* de Alegre/ES - Brasil. E-mail: guilhermefcampanha@gmail.com.

Inês Viana de Souza

Tecnólogo em Cafeicultura pelo Ifes *Campus* de Alegre/ES - Brasil. E-mail: ines.viana.18@gmail.com.

Jéferson Luiz Ferrari

Doutor em Produção Vegetal (UENF). Professor do Ifes *Campus* de Alegre/ES - Brasil. E-mail: ferrarijuliz@gmail.com.

Telma Machado de Oliveira Peluzio

Mestre em Ciências Florestais (UFES). Professora do Ifes *Campus* de Alegre/ES - Brasil. E-mail: tmpeluzio@hotmail.com.

João Batista Pavesi Simão

Doutor em Solos (UFLA). Professor do Ifes *Campus* de Alegre/ES - Brasil. E-mail: jbpavesi@gmail.com.

Resumo

Objetivou-se mapear as lavouras cafeeiras nos municípios do entorno do Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó) utilizando imagens do sensor *Operational Land Imager* - Landsat-8, no período referente a junho de 2014. O mapeamento foi realizado em Sistema de Informação Geográfica. O algoritmo empregado foi o da máxima verossimilhança. A qualidade da classificação foi avaliada pelos índices desempenho global e Kappa. Constatou-se que as lavouras cafeeiras nos municípios do entorno do PARNA Caparaó ocupam área de 594,52 km². Os municípios que apresentaram as maiores áreas com café foram Iúna/ES (123,47 km²) e Espera Feliz/MG (115,04 km²). Os resultados encontrados estão condizentes com desempenho global de 0,647 e Kappa de 0,216.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Sensoriamento remoto. Classificação digital. Cafeicultura. Gestão territorial.

Abstract

The objective was to map the coffee plantations in the municipalities around the Caparaó National Park (PARNA Caparaó) using images from the *Operational Land Imager* sensor - Landsat-8, referring to June 2014. The mapping was carried out in Geographic Information System. The algorithm used was that of maximum likelihood. The quality of the classification was assessed by the overall performance and Kappa indices. It was found that the coffee plantations in the surrounding municipalities of the PARNA Caparaó occupy an area of 594.52 km². The municipalities that presented the largest areas with coffee were Iúna-ES (123.47 km²) and Espera Feliz-MG (115.04 km²). The values are consistent with overall performance of 0.647 and Kappa of 0.216.

Keywords: Geoprocessing. Remote sensing. Digital classification. Coffee. Land management.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue mapear los cultivos cafeteros en los municipios del entorno del Parque Nacional del Caparaó (PARNA Caparaó) utilizando imágenes del sensor *Operational Land Imager* - Landsat-8, en el período referente a junio de 2014. El mapeo fue realizado en Sistema de Información Geográfica. El algoritmo empleado fue el de la máxima verosimilitud. La calidad de la clasificación fue evaluada por los índices de desempeño global y Kappa. Se constató que los cultivos cafeteros en los municipios del entorno del PARNA Caparaó ocupan área de 594,52 km². Los municipios que presentaron las mayores áreas con café fueron Iúna / ES (123,47 km²) y Espera Feliz / MG (115,04 km²). Los resultados encontrados son compatibles con el rendimiento global de 0,647 y Kappa de 0,216.

Palabras clave: Geoprociamiento. Detección remota. Clasificación digital. Café. Gestión territorial.

1 Introdução

De acordo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014), o Brasil, em relação ao ano de 2013, manteve a posição de maior produtor de café no mundo, com a produção estimada em 45,35 milhões de sacas de 60 quilos beneficiadas, sendo que, deste montante, 71,2% correspondem à variedade arábica. O país conta com uma área plantada de 2.251.968,2 ha, das quais 13,57% (305.527,4 ha) correspondem a lavouras em formação e 86,43% (1.946.440,8 ha) a lavouras em produção. Considerando a informação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA..., 2014) de que o produto interno bruto do setor agrícola foi de 770 bilhões de reais, pode-se afirmar que a cafeicultura teve a participação de 2,09% nesta receita, totalizando 16,1 bilhões de reais.

Os estados de Minas Gerais e Espírito Santo possuem as maiores áreas plantadas com a cultura cafeeira; juntos somam 1.674.146 ha o que representa 74,34% de todo o parque cafeeiro nacional. Também são responsáveis por aproximadamente 75% da produção de café do país, totalizando 35.449 milhões de sacas (CONAB, 2014).

No Espírito Santo, a cafeicultura é praticada em quase todos os municípios e é a principal atividade agrícola do estado, tornando-o o segundo maior produtor de café do Brasil e o maior produtor brasileiro de café conilon (CONAB, 2014). A maioria das propriedades, de acordo com o Centro de Comércio de Café de Vitória (CCCV, 2014), são pequenas e de base familiar; 87% dessas propriedades têm em média 9,37 ha.

A produção de café arábica no estado capixaba, segundo o Centro de Desenvolvimento Tecnológico do Café (CETCAF, 2014), representa 40% da atividade cafeeira e encontra-se localizada principalmente na região centro-serrana e sul do estado. Essas regiões são conhecidas, respectivamente, como montanhas do Espírito Santo e Caparaó, as quais têm se destacado por produzir cafés de excelente qualidade (FREDERICO, 2013; AQUIESO, 2014).

Na região do Caparaó existe o Parque Nacional do Caparaó (PARNA Caparaó), que é uma Unidade de Conservação (UC) ambiental situada na divisa entre os estados do Espírito Santo e Minas Gerais. A região ao redor do PARNA Caparaó é de elevada altitude e possui clima tropical de altitude, com verão chuvoso e inverno seco, no qual há uma significativa potencialidade para produção de bebidas finas, haja vista o grande número de cafeicultores dessa localidade que foram campeões em concursos de café (FOLHA VITÓRIA, 2014; AQUIESO, 2014).

A região ao redor do PARNA possui área de 31,8 mil ha e é composta por nove municípios; sendo eles: Divino de São Lourenço, Dolores do Rio Preto, Ibitirama, Irupi e Iúna no Espírito Santo; e Alto Caparaó, Alto Jequitibá, Caparaó e Espera Feliz em Minas Gerais. As principais atividades agrícolas da região são a produção de café arábica e a pecuária leiteira (IPES, 2005; GOBBO, 2013; PEREIRA; RIBEIRO, 2015).

Levando em consideração a importância do PARNA Caparaó, a potencialidade de cafés finos e a forte influência da cafeicultura nos nove municípios citados anteriormente, é fundamental o conhecimento atualizado da área total das lavouras de café dessa região como fonte de informação para trabalhar políticas públicas de desenvolvimento rural de cafeicultores. Para isso, uma possível alternativa é a integração do Sensoriamento Remoto (SR) ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), uma vez que a utilização de imagens orbitais adquiridas por sensores remotos atuais, como o *Operation Land Imager* (OLI) do satélite Landsat-8 (NASA, 2013), se apresenta como boa opção para contribuir no levantamento de dados da cafeicultura (EMBRAPA, 2014; MARUJO et al., 2017).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo mapear as lavouras cafeeiras nos municípios do entorno do Parque Nacional do Caparaó, utilizando imagens orbitais do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat-8.

2 Material e métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se entre as latitudes de 20°12'23" S e 20°46'50" S, e longitudes de 41°27'44" O a 42°5'4" O, compreendendo parte de nove municípios do entorno do PARNA Caparaó, sendo cinco municípios do estado do Espírito Santo e quatro municípios do estado de Minas Gerais. Na Tabela 1 são apresentadas as áreas oficiais desses municípios, que juntos totalizam 2.009,8 km².

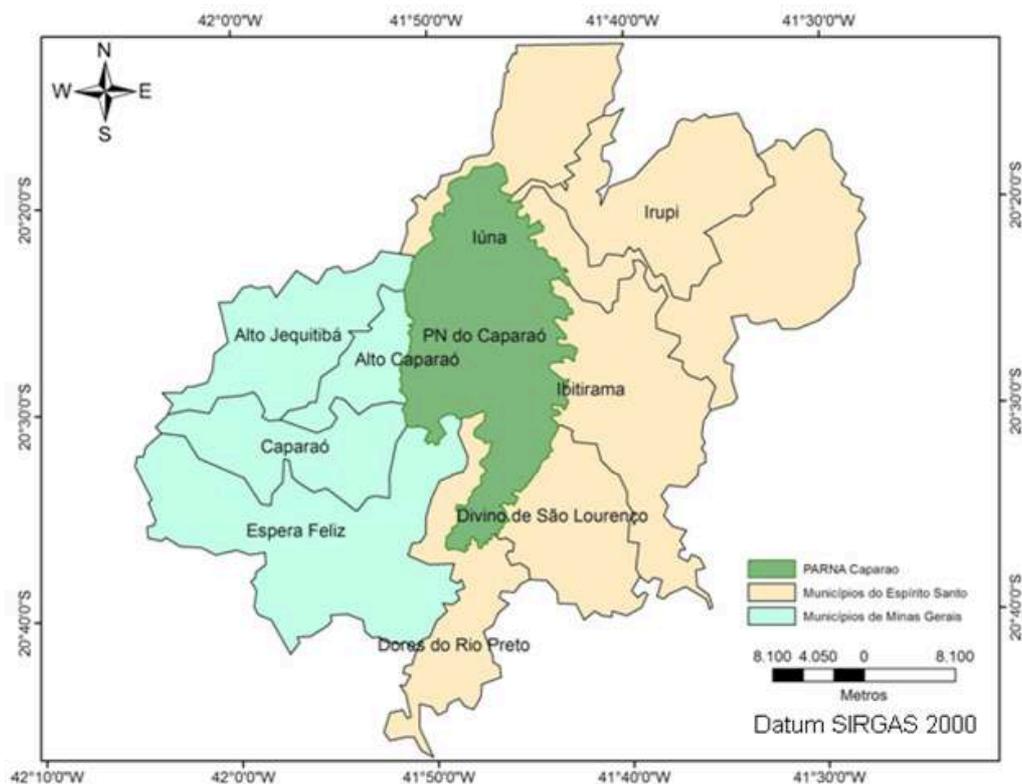
Tabela 1. Relação dos municípios que integram a área de estudo

Estados	Municípios	Área municipal (km ²)
Espírito Santo	Divino de São Lourenço	175,8
	Dores do Rio Preto	158,5
	Ibitirama	329,4
	Irupi	184,4
	Iúna	460,4
Minas Gerais	Alto Caparaó	103,7
	Alto Jequitibá	152,3
	Caparaó	130,7
	Espera Feliz	314,6

Fonte: IPES (2005) e IBGE (2010) (Adaptado pelos autores)

De acordo com o IBAMA (1981), a classificação climática de Köppen da região é do tipo Cwb, típica de tropical de altitude, apresentando verão chuvoso (novembro a janeiro) e inverno frio e seco (junho a agosto). A pluviosidade média anual varia de 1.000 a 1.500 mm e a temperatura média anual, de 19 a 22 °C.

Em meio à área de estudo está o PARNA Caparaó, instituído pela Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000). Esse Parque Nacional ocupa uma área de 310,2 km² e tem como principal objetivo a preservação da natureza, sendo permitido apenas o uso indireto de seus recursos naturais (Figura 1).

**Figura 1. Disposição geográfica dos municípios estudados em relação ao PARNA Caparaó**

Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Procedimentos metodológicos

Para realização do trabalho foi construído um banco de dados espacial composto pelos arquivos vetoriais dos municípios dos estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, do limite do PARNA Caparaó e também pelas imagens do sensor OLI do satélite Landsat-8, referente a junho de 2014.

Os arquivos vetoriais dos municípios foram obtidos no *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o arquivo vetorial do PARNA Caparaó foi obtido no *site* do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2015), e as imagens do sensor OLI foram adquiridas no *site* do *United States Geological Survey* (USGS, 2015). Na Tabela 2 são apresentadas as bandas espectrais utilizadas com as suas respectivas resoluções espectral e espacial do satélite Landsat-8.

Tabela 2. Bandas espectrais utilizadas do sensor OLI do satélite Landsat-8

Bandas espectrais	Resolução espectral(μm)	Resolução espacial(m)
OLI 2 (azul)	0,45 – 0,51	30
OLI 3 (verde)	0,53 – 0,59	30
OLI 4 (vermelho)	0,64 – 0,67	30
OLI 5 (infravermelho próximo)	0,85 – 0,88	30
OLI 6 (infravermelho médio)	1,57 – 1,65	30
OLI 8 (pancromática)	0,50 – 0,68	15

Fonte: USGS (2013) (Adaptado pelos autores)

O processamento dos dados foi realizado pelo programa computacional *ArcGIS*[®], versão 10.0 (ESRI, 2010). Inicialmente foi feita a fusão das bandas OLI2(B), OLI3(G), OLI4(R), OLI5(NIR) e OLI6(SWIR) e, para melhorar a resolução espacial dessa imagem resultante, foi realizada uma outra fusão com a banda OLI 8, que apresenta melhor resolução espacial (15 m). Em seguida, foi feita a reprojeção da imagem para o sistema de coordenadas geográficas, *datum SIRGAS 2000* e, posteriormente, utilizou-se a ferramenta *Georeferencing* do aplicativo *ArcMap*TM para a correção geométrica da imagem.

Com a imagem corrigida, foi delimitada a área de estudo, de acordo com os arquivos vetoriais dos municípios e do PARNA Caparaó, projetados no mesmo sistema de coordenadas e *datum*. A área referente ao PARNA Caparaó não foi considerada neste estudo, ou seja, foi recortada dos arquivos vetoriais e matriciais para que não fosse inclusa na classificação digital da imagem. A área de estudo, portanto, ficou limitada a 1.699,4 km².

A classificação digital da imagem Landsat-8 foi feita de forma supervisionada e, para isso, foi criado um arquivo vetorial, com formato de polígono, para a captura de amostras de treinamento correspondentes às classes “café” e “não café”.

Para a identificação de tais classes, foi empregada a composição colorida normal OLI4(R), OLI3(G) e OLI2(B), enquanto que, para a classificação digital da imagem, foram utilizadas todas as cinco bandas. As bandas OLI5(NIR) e OLI6(SWIR) foram importantes para a realização da classificação uma vez que estas são ideais para estudos da vegetação e agricultura (ESRI, 2013).

A captura das amostras da classe “café” foi feita na parte central das lavouras cafeeiras, deixando sempre uma borda para evitar a interferência dos *pixels* de estradas, carreadores, fragmentos florestais ou outras coberturas adjacentes aos alvos, tornando essas amostras mais homogêneas. Já na classe “não café”, as amostras foram heterogêneas, havendo simultaneamente a captura de *pixels* de diversas ocupações do solo como pastagem, silvicultura, fragmento florestal, mata, capoeira, curso d’água, solo exposto e mancha urbana. Em decorrência dessa heterogeneidade, as amostras “não café” puderam ser bem mais extensas do que as amostras “café”. No total, foram capturadas 136 amostras de treinamento, totalizando 39.579 *pixels*, que corresponderam a 8.905.400 m² ou 890,54ha.

Em seguida realizou-se o treinamento supervisionado e procedeu-se à classificação digital da imagem pelo algoritmo da máxima verossimilhança (Equação 1).

$$P_c = [-0,5 \log_e (\text{Det}(V_{c_e})) - [0,5 (X - M_e)^T (V_e)^{-1} (X - M_e)] \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

P_c = probabilidade de o vetor X ser assinalado; V_e = matriz de covariância da classe c contemplando todas as bandas (K, \dots, L); $\text{Det}(V_e)$ = determinante da matriz de covariância V_c ; X = vetor de medidas dos *pixels* desconhecidos; M_e = vetor das médias para cada classe c ; T = matriz transposta.

Concluída a classificação supervisionada, foi realizada a avaliação da classificação por meio da técnica de tabulação cruzada, tomando-se como referência as imagens orbitais disponíveis no Navegador Geográfico Google Earth (GOOGLE EARTH, 2015), que apresentavam data de passagem do sensor orbital mais próxima possível da data do sensor OLI/Landsat-8. Foram randomizados e conferidos 400 pontos, sendo 200 pontos para classe “café” e 200 para a classe “não café”. A ferramenta utilizada para a randomização foi o *Create Random Points*.

A qualidade da classificação foi feita pelos índices desempenho global (Equação 2) e Kappa (Equação 3), conforme Landis e Kock (1977) e Congalton e Green (2009). Os níveis de qualidade da classificação, conforme os valores dos índices Kappa, são apresentados na Tabela 3.

$$\text{Desempenho global} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ij}}{n} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Índice Kappa} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Tabela 3. Níveis de exatidão de uma classificação, conforme o valor de índice Kappa

Índice Kappa (K)	Qualidade
$K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito Bom
$K > 0,8$	Excelente

Fonte: Landis e Kock (1977)

Ao final da avaliação da classificação, foi quantificada a área e gerado o mapa do parque cafeeiro dos municípios do entorno do PARNA Caparaó.

O fluxograma dos procedimentos realizados, para melhor compreender a metodologia proposta, está demonstrado na Figura 2.

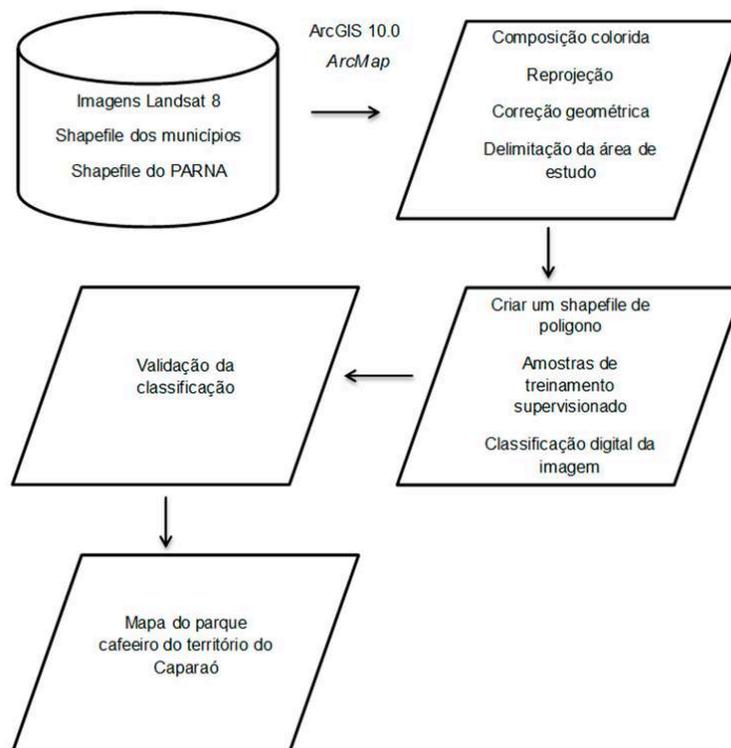
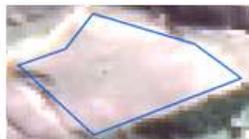


Figura 2. Fluxograma dos procedimentos realizados, para melhor compreender a metodologia proposta

Fonte: Elaborado pelos autores

3 Resultados e Discussão

No Quadro 1 são apresentados os padrões de reconhecimento característicos das áreas de treinamento das classes “café” e “não café” nas imagens Landsat-8 (composição colorida normal e composição colorida falsa cor) e Pleiades (composição colorida normal). Verificam-se os diferentes tipos de padrões espectrais e texturais entre as duas classes das imagens, bem como as diferentes colorações e formas. As diferenças entre as colorações ocorrem porque a vegetação reflete intensamente a cor verde e o infravermelho próximo (EPIPHANIO; LEONARDI; FORMAGGIO, 1994; VIEIRA et al., 2006; MARUJO et al., 2017).

Classes	Landsat-8		Pleiades*
	Colorida normal	Colorida falsa cor	Colorida normal
Café			
Não café			

Quadro 1. Padrões de reconhecimento característicos das áreas de treinamento das classes “café” e “não café” nas imagens Landsat-8 (composição colorida normal e composição colorida falsa cor) e Pleiades* (composição colorida normal).

* Imagem orbital disponível no Navegador Geográfico Google Earth

Fonte: Elaborado pelos autores

A distribuição espacial das áreas ou amostras de treinamento sobre a imagem colorida normal Landsat-8 é apresentada na Figura 3. Verifica-se que as amostras de treinamento das classes “café” e “não café” foram capturadas em diferentes locais da área de estudo, envolvendo todos os quadrantes geográficos. As amostras de treinamento “café” compreenderam uma área de 414,53 ha. Em média, a área amostrada dessa classe foi de 3,45 ha; a menor área foi de 0,37 ha e a maior foi de 41,07 ha. As amostras de treinamento “não café” totalizaram 476,01 ha. A média da área amostrada desta classe foi de 29,75 ha.

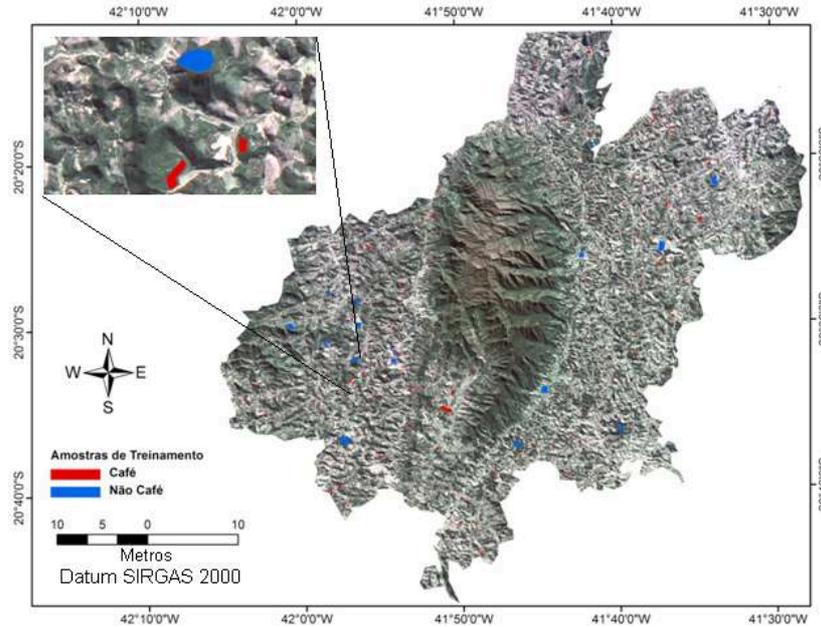


Figura 3. Mapa da distribuição espacial das amostras de treinamento das classes “café” e “não café”

Fonte: Elaborado pelos autores

O resultado da classificação supervisionada por máxima verossimilhança pode ser observado na Figura 4. A classe “café”, representada pela cor vermelha. Verifica-se que a classe café está presente em toda a área de estudo, ocupando uma superfície de 594,52 km², o que representa 35% da área de estudo. A classe “não café” foi de 1.104,55 km².

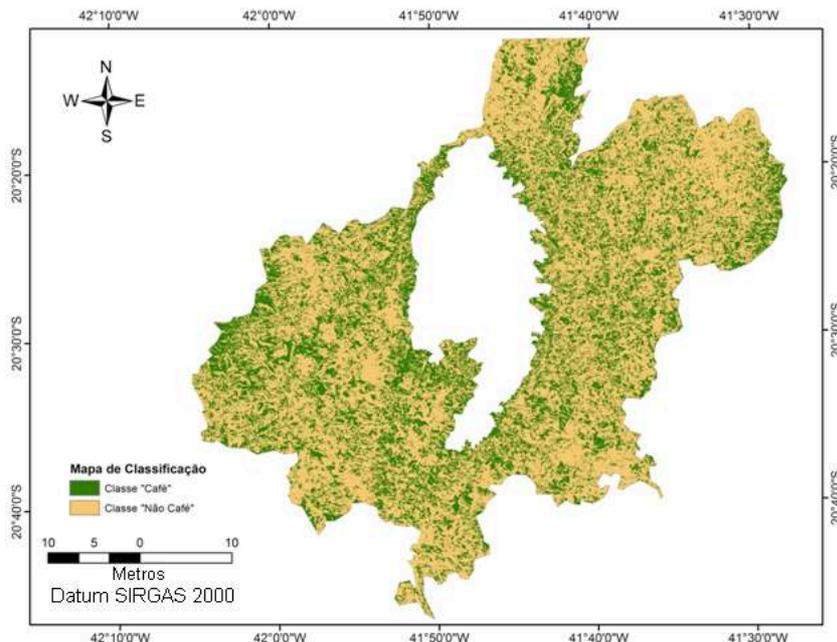


Figura 4. Mapa temático da classificação por Máxima Verossimilhança para as classes “café” e “não café”

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Tabela 4 são mostradas as áreas absolutas e relativas das classes “café” e “não café” em cada área dos municípios estudados. A cafeicultura nos municípios do estado do Espírito Santo ocupa 349,33 km², cerca de 1,42 vezes a mais que a área da classe café encontrada nos municípios do estado de Minas Gerais, que foi de 245,18 km².

Tabela 4. Áreas absolutas e relativas das classes “café” e “não café” nos municípios estudados do entorno do PARNA Caparaó

Estados	Municípios	Área absoluta (km ²)		Área relativa* (%)	
		Classe “café”	Classe “não café”	Classe “café”	Classe “não café”
Espírito Santo	Divino de São Lourenço	45,81	90,26	2,70	5,31
	Dores do Rio Preto	44,36	84,96	2,61	4,99
	Ibitirama	77,19	143,98	4,54	8,48
	Irupi	58,51	122,72	3,45	7,23
	Iúna	123,47	258,80	7,27	15,22
Total	-	349,34	700,72	20,57	41,23
Minas Gerais	Alto Caparaó	24,64	35,74	1,45	2,11
	Alto Jequitibá	56,23	92,79	3,31	5,47
	Caparaó	49,27	79,63	2,90	4,68
	Espera Feliz	115,04	195,67	6,77	11,51
Total	-	245,18	403,83	14,43	23,77
Total	-	594,52	1.104,55	35	65

* Valores relativos da área de estudo, ou seja, 1699,07km².

Os municípios que apresentaram as maiores áreas com café foram Iúna/ES (123,47 km²) e Espera Feliz/MG (115,04 km²); e os municípios que apresentaram as menores áreas com café foram Alto do Caparaó/MG (24,64 km²) e Dores do Rio Preto/ES (44,36 km²).

Ao se comparar o resultado da área total da classe “café” obtida para os municípios capixabas com os resultados encontrados por Ferreira et al. (2013), para os mesmos municípios, percebe-se que a área para a classe “café” foi maior (cerca de 43,76 km²), o que representa um acréscimo de 14,33%. Ressalta-se que esses autores utilizaram ortofotos do ano de 2007, com resolução espacial de 1m, e a técnica da fotointerpretação. Como resultado, encontraram uma área para essa região de 305,56 km². Em nosso trabalho foi empregada a técnica de classificação supervisionada, em que a resolução espacial das imagens foi de 15m.

Dessa forma, a diferença entre os resultados se deve a uma confusão no processo da classificação com as demais ocupações do solo, principalmente fragmentos florestais, matas e capoeiras. Confusões semelhantes foram observadas em um trabalho de Mota et al. (2013), utilizando o sensor TM do Landsat-5, em que a área de café foi superestimada em 2,1 vezes à área real plantada.

Os 400 pontos randomizados para a avaliação da classificação supervisionada estão apresentados na Figura 5. Na Tabela 6, encontra-se a matriz dos erros resultante da tabulação cruzada, tomando-se como referência as imagens orbitais disponíveis no Navegador Geográfico Google Earth. Percebe-se que os pontos randomizados abrangeram toda a área de estudo, compreendendo 200 pontos para a classe “café” e 200 pontos para a classe “não café”.

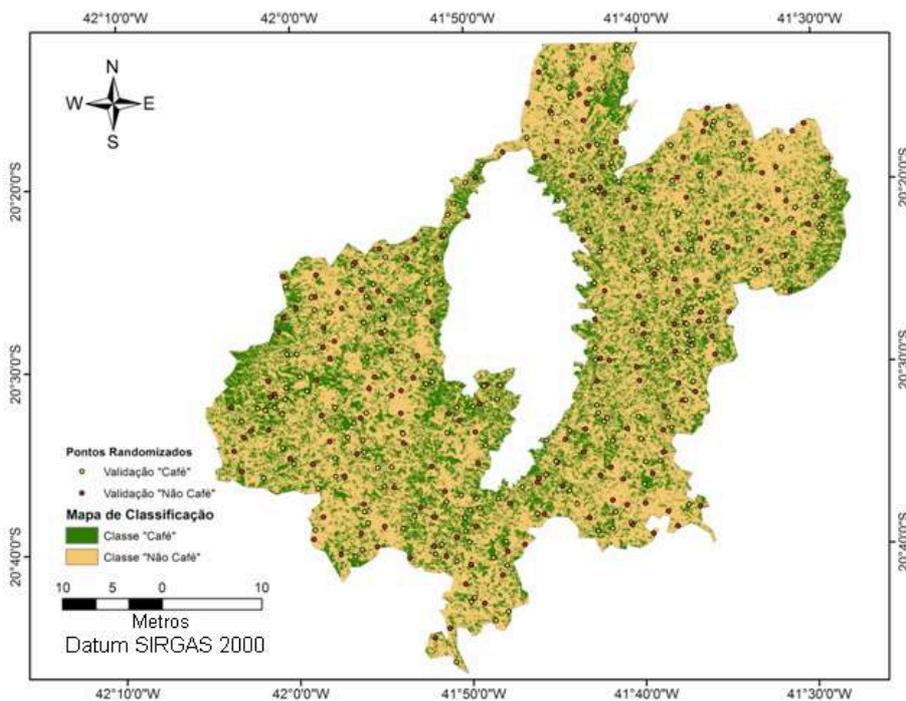


Figura 5. Pontos randomizados para avaliação da classificação digital da imagem Landsat-8

Fonte: Elaborado pelos autores

Os resultados da avaliação da classificação (Tabela 5) indicam que o desempenho global da classificação (0,6475) foi regular e o índice geral Kappa (0,2950), razoável, de acordo com Landis e Kock (1977) e Congalton e Green (2009). O índice Kappa para a classe “café” foi de 0,2161 e para a classe “não café” foi de 0,4646.

Tabela 5. Matriz de erro para a avaliação da classificação supervisionada das classes “café” e “não café” nas imagens Landsat-8

Mapa classificado	Matriz 2 x 2	Mapa de referência		Soma das linhas
	Classes	Café	Não café	
	Café	93	107	200
	Não café	34	166	200
	Soma de colunas	127	273	400
Desempenho global = 0,6475		Kappa = 0,2161	Kappa = 0,4646	Kappa _{Geral} = 0,2950

Fonte: Elaborado pelos autores

No processo de avaliação, a tabulação cruzada resultou em 93 acertos para a classe “café” e 166 acertos para a classe “não café”, ou seja, 107 confusões para a classe “café” e 34 confusões para a classe “não café”. As principais confusões encontradas na avaliação da classe “café” foram, em ordem decrescente, fragmento florestal (54 ocorrências que equivalem a 51% das confusões), mata (26 ocorrências ou 24% das confusões), capoeira (12 ocorrências ou 11% das confusões), pastagem (9 ocorrências ou 8% das confusões) e silvicultura (6 ocorrências ou 6% das confusões), como pode ser observado na Figura 6A. Na avaliação da classe “não café” as confusões foram: café em fase de formação, com 25 ocorrências, o que equivale a 74% das confusões; e sombra, com 9 ocorrências ou 26% das confusões (Figura 6B).

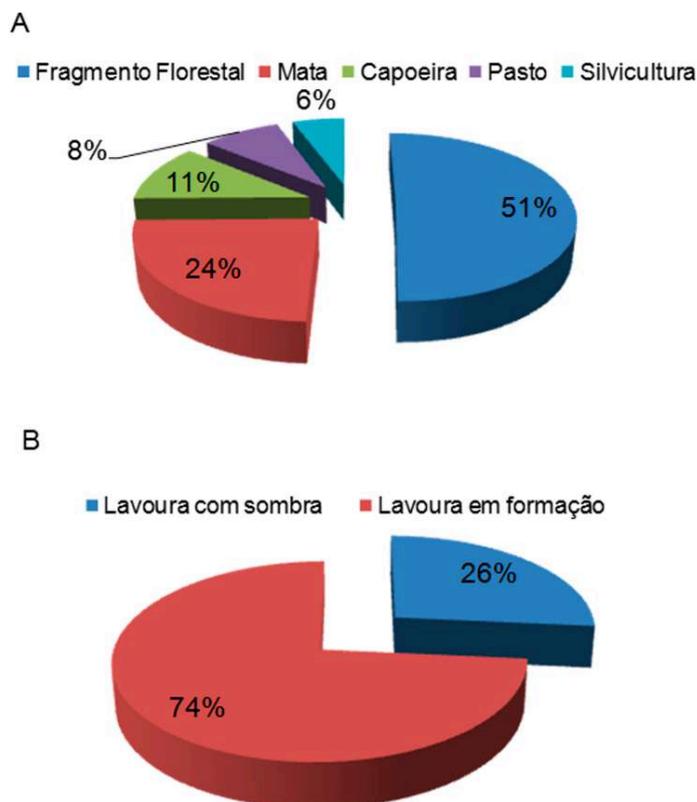


Figura 6. Confusões e número de erros verificados na tabulação cruzada para avaliar a classificação supervisionada das classes “café” (6A) e “não café” (6B) nas imagens Landsat-8

Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 6A nota-se uma maior confusão com fragmentos florestais e matas, pois estas classes de ocupação apresentam uma resposta espectral muito semelhante às de lavouras cafeeiras, principalmente quando a mata está com o dossel mais ralo. Para Souza et al. (2009) e Souza et al. (2012), a confusão do café com fragmentos florestais e matas são esperados uma vez que a banda do infravermelho próximo confere uma maior reflectância da vegetação. Já a capoeira e a pastagem foram confundidas quando presentes em várzeas ou em áreas sombreadas pelo relevo, o que pode ser explicado pela detecção da condição de umidade da vegetação na banda do infravermelho médio (VIEIRA et al., 2006). O menor erro foi o da silvicultura que, de modo geral, contém um dossel muito escuro e, por isso, provavelmente foi confundido com lavouras sombreadas pelo relevo.

Na Figura 6B verifica-se a maior porcentagem de acerto da classe “não café” quando comparada à classe “café”. Também se nota que as lavouras em formação foram as mais confundidas, o que é explicado pela grande exposição do solo dessas lavouras. A confusão com lavouras adultas ocorreu quando elas estavam sombreadas pelo relevo e apresentaram uma coloração tão escura quanto às matas.

4 Conclusões

Levando-se em consideração as condições deste trabalho, pode-se concluir que:

1. As lavouras cafeeiras nos municípios do entorno do PARNA Caparaó ocupam uma área de 594,52 km².
2. Os municípios que apresentaram as maiores áreas com café foram Iúna/ES, com 123,47 km² e Espera Feliz/MG, com 115,04 km².
3. O uso das imagens Landsat-8 possibilita estimar áreas ocupadas com a cafeicultura nos municípios do entorno do PARNA Caparaó. Os valores encontrados foram condizentes com desempenho global de 0,647 e Kappa de 0,216. Para maior acurácia, faz-se necessário o uso de ortofotos ou imagens que apresentem maior resolução espacial.

Referências

- AQUIESO: Portal de Notícias do Sul Capixaba. *Cafê do Caparaó eleito o 2º melhor do Brasil pela ABIC*. Disponível em: <<http://www.aquies.com.br/2014/conteudo.asp?codigo=4834>, 2014>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO CAFÉ (CETCAF). *Breve histórico do café arábica no Espírito Santo*. 2014. Disponível em: <<http://www.cetcaf.com.br/links/cafeicultura%20capixaba.htm>>. Acesso em: 12 set. 2015.
- CENTRO DO COMÉRCIO DE CAFÉ DE VITÓRIA (CCCV). *O café*. 2014. Disponível em: <<http://www.cccv.org.br/institucional/historia-cafe/>>. Acesso em: 25 ago. 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da safra brasileira*. Safra 2014, Quarto Levantamento, Brasília, dez. 2014.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. 2 ed. New York: Lewis Publishers, 2009. 183 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA EM AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Landsat - Land Remote Sensing Satellite*, 2014. Disponível em: <http://www.sat.cnpem.br/conteudo/missao_landsat.php, 2013>. Acesso em: 13 set. 2015.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). *Band combinations for Landsat-8*. 2013. Disponível em: <<http://www.blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8/>, 2013.> Acesso em: 10 ago. 2015.
- _____. *ArcMap™ 10.0*. Arc.Info. 2010.
- EPIPHANIO, J. C. N.; LEONARDI, L.; FORMAGGIO, A. R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 29, n. 3, p. 439-447, 1994.
- FERREIRA, M.; ASSIS, E. S. de. MOTA, F. M.; DAUDT, G. F.; PELUZIO, T. M. O.; FERRARI, J.L.; SANTOS, A. R. dos; PELUZIO, J. B. E. Zoneamento agroclimatológico para a cultura do café no território rural do Caparaó Capixaba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 16., 13 a 18 de abril de 2013, Foz do Iguaçu, PR. *Anais...* Foz do Iguaçu, PR, Brasil: INPE, 2013. p. 555-562.
- FOLHA VITÓRIA. *Cafê produzido no Caparaó faz sucesso até no exterior*. Disponível em: <<http://www.folhavoria.com.br/geral/blogs/riquezas-de-norte-a-sul/2014/10/22/cafe-produzido-no-caparao-faz-sucesso-ate-no-exterior/>, 2014.> Acesso em: 31 set. 2015.
- FREDERICO, S. Cafeicultura científica globalizada e as montanhas capixabas: a produção de café arábica nas regiões do Caparaó e serrana do Espírito Santo. Departamento de Geografia, UNESP, Campus Rio Claro. *Sociedade & Natureza*, v. 25, n.1, p. 7-20, 2013.
- GOBBO, S. D'A. A. *Diagnóstico do uso e ocupação da terra e ocorrência de incêndios na face capixaba do Parque Nacional do Caparaó*. 2013. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Campos dos Goytacazes, RJ, 2013.
- GOOGLE EARTH. *Imagens orbitais*. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Plano de manejo do Parque Nacional do Caparaó*. Brasília: Instituto Brasileiro do Desenvolvimento Florestal, Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza. 1981.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Bases Cartográficas*. 2015. Disponível em: <<http://www.downloads.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2015.
- _____. *Sinopse do censo demográfico 2010 Espírito Santo*. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=32&dados=29>, 2010.>. Acesso em: 13 out. 2015.
- INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). *Base de dados*. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/>>. Acesso em: 22 set. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS SOCIAIS (IPES). *Diagnóstico socioeconômico da microrregião Caparaó*. 2005.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. *Biometrics*, Washington, v. 33, n. 1, p.159-174, mar. 1977.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Produto Interno Bruto da agropecuária deve ser de R\$1,1 trilhão*. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2014/12/produto-interno-bruto-da-agropecuaria-deve-ser-de-rs-1-trilhao>>. Acesso em: 15 maio 2015.

MARUJO, R. F. B.; MOREIRA, M. A.; VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R. Mapeamento da cultura cafeeira por meio de classificação automática utilizando atributos espectrais, texturais e fator de iluminação. *Coffee Science*, v. 12, n. 2, p. 164-175, 2017.

MOTA, F. M.; PEREIRA, L. R.; MARCILIO, G. S.; PELUZIO, J. B. E.; FERRARI, J. L. Classificação de imagens Landsat-5/tm e Cbers-2b/ccd para mapeamento do parque cafeeiro, Vila Valério, Espírito Santo, Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, p. 1421-1432, 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). *Landsat 8 Overview*. 2013. Disponível em: <http://www.landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=7195>. Acesso em: 02 set. 2015.

PEREIRA, L. L.; RIBEIRO, A. *O perfil da Organização Produtiva dos Cafeicultores das Microrregiões Serrana e Caparaó do Espírito Santo*. 1. ed. Curitiba: Appris, 2015. 174p.

SOUZA, V. C. O.; VIEIRA, T. G. C.; VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R. Espacialização e dinâmica da cafeicultura mineira entre 1990 e 2008, utilizando técnicas de geoprocessamento. *Coffee Science*, v. 7, n. 2, p. 122-134, 2012.

SOUZA, V. C. O.; VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L. Análise e classificação textural de áreas de mata e café na região de Machado – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 25-30 abril 2009, Natal, Brasil. *Anais...* Natal: INPE, 2009. p. 7925-7932.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). *Imagens Landsat-8*. Disponível em: <<http://www.earthexplores.usgs.gov/>>. Acesso em: 23 set. 2015.

_____. *Frequently asked questions about the Landsat missions*. Disponível em: <http://www.landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php. 2014>. Acesso em: 18 set. 2015.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; LACERDA, M. P. C.; VEIGA, R. D.; EPIPHANIO, J. C. N. Crop parameters and spectral response of coffee (*Coffea arabica* L.) areas within the state of Minas Gerais, Brazil. *Coffee Science*, v. 1, n. 2, p.111-118, 2006.