
ANÁLISE MULTITEMPORAL DE EVOLUÇÃO DE PLANTIOS FLORESTAIS DO MUNICÍPIO DE ENCRUZILHADA DO SUL - RS

Multitemporal analysis of evolution of forest plantations in municipality Encruzilhada do Sul - RS

Vitor Hugo de Almeida Junior
Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Politécnico da UFSM
Av. Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Prédio 70
vitorhugo.jr@hotmail.com

Waterloo Pereira Filho
Universidade Federal de Santa Maria
Departamento de Geociências da UFSM
Av. Roraima, nº 1000, Campus UFSM, Prédio INPE, sala 2042
waterloopf@gmail.com

Resumo

O presente trabalho busca, a partir de sensoriamento remoto e técnicas de processamento digital de imagens, analisar o crescimento de áreas de plantios florestais no município de Encruzilhada do Sul entre os anos de 2004 e 2014. Para isso, foram utilizadas imagens Landsat 5, para o ano de 2004, e Landsat 8, para o ano de 2014, sobre as quais foram procedidas as classificações digitais, elaborando-se um mapeamento temático por classe. Foram utilizadas seis classes temáticas que englobassem os principais usos distinguidos na imagem para classificar o uso e cobertura da terra as quais foram água, solo exposto, campo, vegetação nativa, floresta plantada e urbano. Observou-se, a partir de dados obtidos pela classificação, o aumento considerável de plantios florestais comerciais dentro do município e um breve aumento das áreas agricultáveis, ao passo que de vegetação nativa e campo foram suprimidas parcialmente em decorrência da expansão das outras atividades.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; classificação digital de imagens; uso e cobertura da terra.

Abstract

This paper aims to analyze the increase of forest plantations in municipality Encruzilhada do Sul between years 2004 and 2014 starting from remote sensing and digital processing of images techniques. For this were used Landsat 5 images for 2004 year and Landsat 8 images for 2014 year. Those images were proceeded the digital classification, elaborating a thematic mapping by class. We used six thematic classes that encompass the main uses distinguished in the images to classify land use and land cover. The six thematic classes used for the thematic mapping were areas of water, exposed soil, field, native forest, planted forest and urban. Starting from obtained classification data, it was observed mainly the significant increase of commercial planted forest areas within of municipality area and a brief increase of agricultural areas, whereas the native forest and field areas decreased partially in consequence of expansion from another activity.

Keywords: Remote sensing; digital image classification; land use and land cover.

1. INTRODUÇÃO

Plantios florestais podem ser definidos como a introdução feita pelo homem de espécies arbóreas nativas ou exóticas. Este tipo de floresta auxilia fortemente na manutenção do meio ambiente visto os benefícios consequentes das florestas, como proteção de solo e água e captura de carbono (AGEFLOR, 2015). Além disso, plantios florestais consistem em uma importante

atividade econômica, pois como cita ABRAF (2013) a cadeia produtiva associada às florestas plantadas caracteriza-se por grande diversidade de produtos, além da importância no setor social com a geração de emprego.

O Rio Grande do Sul possui parcela importante neste setor em âmbito nacional, pois conforme o relatório da AGEFlor (Associação Gaúcha de Empresas Florestais) de 2015, somente no Rio Grande do Sul “existem 596,7 mil ha de plantios florestais, o que equivale a 8% da área com plantios florestais no Brasil” (AGEFLOR, 2014, p. 18).

Dentro do contexto estadual, o destaque no setor florestal é o município de Encruzilhada do Sul o qual “[...] possui a maior área de plantios florestais do estado, com aproximadamente 49,3 mil ha de pinus, eucalipto e acácia bem distribuídos” (AGEFLOR, 2015, p.19). Segundo Benedetti (2010) a Metade Sul do RS, região em que se localiza Encruzilhada do Sul, é historicamente de constituição essencialmente agrária com economia baseada na pecuária extensiva, com participação de baixo impacto no PIB estadual. Mas recentemente esta região vem crescendo economicamente, aumentando sua participação no PIB estadual.

A atividade florestal tem contribuído nesse crescimento, pois segundo Santos et al. (2007 apud Benedetti, 2010, p. 21) “no ano de 2003, foi lançado pelo governo do Rio Grande do Sul o Programa Estadual de Florestamento que, dentre outros objetivos, previa fomentar o florestamento comercial em municípios da Metade Sul”. E Benedetti (2010, p. 21) afirma, ainda, que “desde esse período, a Metade Sul tem sido foco de investimentos por parte de empresas multinacionais do setor de celulose e papel”.

Desse modo, neste trabalho avaliou-se o quão significativo foi o crescimento do setor florestal no município de Encruzilhada do Sul após o fomento do governo estadual com lançamento do Programa de Florestamento dentro de um período de dez anos, utilizando-se de sensoriamento remoto, classificação digital de imagens de satélite e dados estatísticos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo sobre a qual foi realizado o trabalho é o município de Encruzilhada do Sul. O município está localizado entre as coordenadas 30°11'35" e 32°06'13" de latitude sul e 51°50'15" e 54°12'26" de longitude oeste (Figura 1) abrangendo 3.348,31 km² e possui uma população de 25.872 habitantes, conforme o censo de 2010 (IBGE, 2018). Situa-se na Metade Sul do Rio Grande do Sul, sobre o Planalto Sul-Rio-Grandense, o qual é constituído por rochas graníticas do Escudo Cristalino Sul-Rio-Grandense. Possui ocorrência de solos rasos e muito rasos em áreas rochosas das serras; solos rasos a profundos em áreas planas; e solos profundos nas coxilhas (CUNHA et al., 2005). A vegetação típica da região é do bioma Pampa. Além disso, Encruzilhada do Sul possui clima quente e temperado, com pluviosidade média anual de 1.533 mm e 17.4 °C de temperatura média (CLIMATE-DATA, s/d).

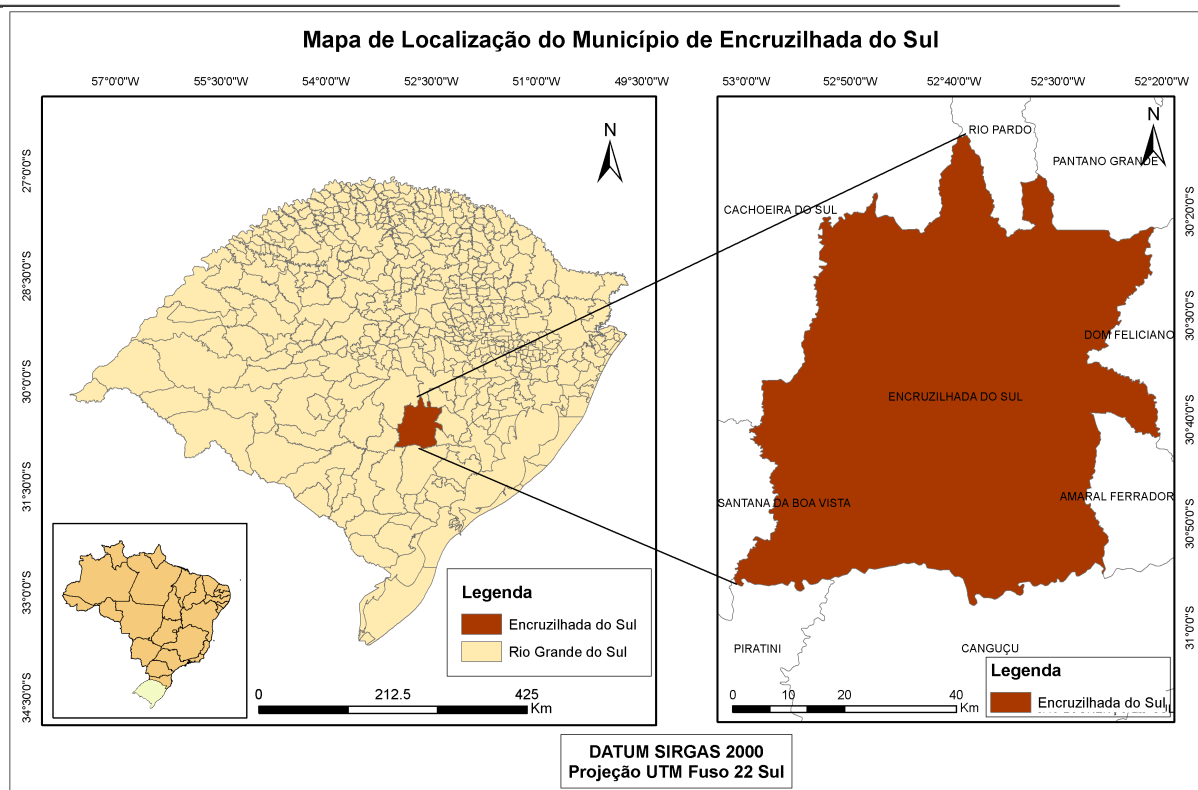


Figura 1 – Localização do município de Encruzilhada do Sul.
Fonte: IBGE (2015), elaborado pelo autor.

Para realizar o estudo, utilizou-se de duas cenas Landsat, sem proceder quaisquer correção atmosférica ou geométrica, visto que não houve necessidade de efetuar nenhum dos dois procedimentos. Desta forma, utilizou-se uma cena para cada ano estudado, de modo que recobrissem completamente a área do município, conforme as informações que constam na tabela 1.

Tabela 1 – Relação de cenas de satélite utilizadas.

Cena	Satélite	Sensor	Órbita	Ponto	Dia	Mês	Ano
1	Landsat 5	TM	222	81	27	Outubro	2004
2	Landsat 8	OLI	222	81	15	Outubro	2014

Fonte: Elaborado pelo autor

Cabe salientar que se escolheram as imagens Landsat pelo fato do município de Encruzilhada do Sul abranger ampla extensão territorial e as cenas Landsat conseguem recobrimento total desta área. Além disso, escolheram-se as datas de 2004 e 2014 para realizar-se o estudo pelo fato de 2004 ser o primeiro ano após o lançamento do Programa de Florestamento para, a partir disto, possibilitar a visualização do impacto do programa na produção do setor florestal em um período de dez anos no município, tempo suficiente para o plantio florestal alcançar alto vigor vegetativo que possa ser significativo em imagens multiespectrais.

Após as imagens serem baixadas livremente no site EarthExplorer do USGS (United States Geological Survey), elas foram descompactadas e importadas para o software de processamento digital de imagens Environment for Visualizing Images (ENVI) Classic®. Dentro do ENVI Classic foram realizados os procedimentos de processamento digital de imagens, principalmente classificação digital.

As imagens utilizadas no estudo passaram por alguns procedimentos antes de iniciar-se as funções de processamento digital propriamente ditas. Primeiramente uniram-se todas as imagens em um *Metafile*, que é um tipo de arquivo do ENVI em que, somente assim, o software permite executar algumas funções. Este arquivo consiste na união das bandas da imagem em um único arquivo, compondo um único arquivo com todas as bandas de interesse. Na geração do *Metafile* uniram-se cinco bandas diferentes de cada uma das cenas, constituídas pelas bandas do azul, do verde, do vermelho, do infravermelho próximo e do infravermelho médio. Estas bandas correspondem no Landsat 5 as bandas 1,2,3,4 e 5; e no Landsat 8 as bandas 2,3,4,5 e 6. Os *Metafiles* das duas datas foram referenciados ao datum SIRGAS 2000 e utilizou-se de sistema de coordenadas métricas utilizando-se da projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) no fuso 22 Sul.

Com o *Metafile* composto com as cinco bandas, utilizou-se o *shapefile* do limite político-administrativo de Encruzilhada do Sul, obtido nas malhas digitais do IBGE, para efetuar o recorte do *Metafile* para que o mesmo fosse reduzido somente para a área de estudo.

A partir deste momento foi possível iniciar a classificação na imagem. Utilizou-se da classificação por pixel supervisionada *Maximum Likelihood* (Máxima Verossimilhança). Para realizar esta classificação, efetuou-se o treinamento das amostras de classes nas imagens utilizando-se de cinco classes:

- Água: classe somente com amostras dos recursos hídricos;
- Solo exposto: classe com amostras de solo exposto e de áreas de preparo de cultivo;
- Campo: classe com amostras de campo extensivo, pastagens e possíveis áreas de agricultura;
- Vegetação Nativa: classe somente com amostras de vegetação nativa arbórea;
- Floresta Plantada: classe somente com amostras de floresta plantada;
- Urbano: classe somente com amostras de urbanização.

O período do ano das imagens foi estrategicamente escolhido para um período de preparo de solo para cultivos de verão, excluindo assim, em parte, a possibilidade de confusão de pixels com vegetação, pelo seu alto vigor vegetativo.

Desse modo, as amostras foram obtidas levando-se em consideração resposta espectral característico dos alvos nas diferentes bandas utilizadas, além de forma de disposição no espaço das mesmas. Na tabela 2 é exposto o número de amostras, ou polígonos, coletado na imagem, para cada classe, para efetuar a classificação e, posteriormente, a validação da classificação.

Tabela 2 – Amostras coletadas por classe nas cenas dos anos de 2004 e 2014.

Ano	Amostras coletadas por Classe					
	Água	Solo Exposto	Campo	Vegetação Nativa	Floresta Plantada	Urbano
2004	20	119	225	98	93	4
2014	13	123	98	96	170	4

Fonte: Elaborado pelos autores.

As amostras foram coletadas buscando-se representar o máximo possível as classes, coletando-se mais amostras quanto maior fosse a presença da classe na totalidade da imagem. Além disso, buscou-se não coletar polígonos muito grandes, de modo que se pudesse extrair essencialmente os pixels que compusessem a resposta espectral específica daquela classe e, dessa forma, diminuir ao máximo a possibilidade de confusão espectral.

Para averiguar a confiabilidade das amostras obtidas no treinamento de classificação das imagens foram utilizados os métodos de validação que foram Índice Kappa e Matriz de Confusão. A matriz de confusão, conforme Novo (2010) é uma matriz derivada da comparação entre um mapa oriundo da imagem e um mapa de referência que gera uma matriz onde a diagonal principal representa o número de amostras em que há coincidência com os dados classificados. Já o índice Kappa é classificado conforme a tabela de Landis e Koch (1977) (Tabela 3):

Tabela 3 – Qualidade da classificação conforme valor Kappa.

Valor Kappa	Qualidade da Classificação
<0,00	Péssima
0,00 - 0,20	Ruim
0,20 - 0,40	Razoável
0,40 - 0,60	Boa
0,60 - 0,80	Muito Boa
0,80- 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

Outra forma de validação da classificação e informações sobre o setor florestal do município foram as tabelas disponibilizadas pelo IBGE no banco de tabelas estatísticas SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automático).

A imagem produto da classificação foi então convertida para o formato vetorial, em shapefile, para proceder-se o mapeamento das classes e obtenção de dados alfanuméricos das classes, utilizando-se do software ArcGIS v.10.5.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes de proceder-se a classificação da imagem de satélite foi possível analisar a imagem pura, em composição colorida em RGB no intervalo do visível. Analisando os mapas dos anos referentes a 2004 e 2014 (Figura 2) é possível destacar o crescimento considerável de áreas florestais dentro do município, que se apresentam nos tons de verde mais escuro, trazendo um panorama inicial da situação do município dentro do intervalo do estudo.

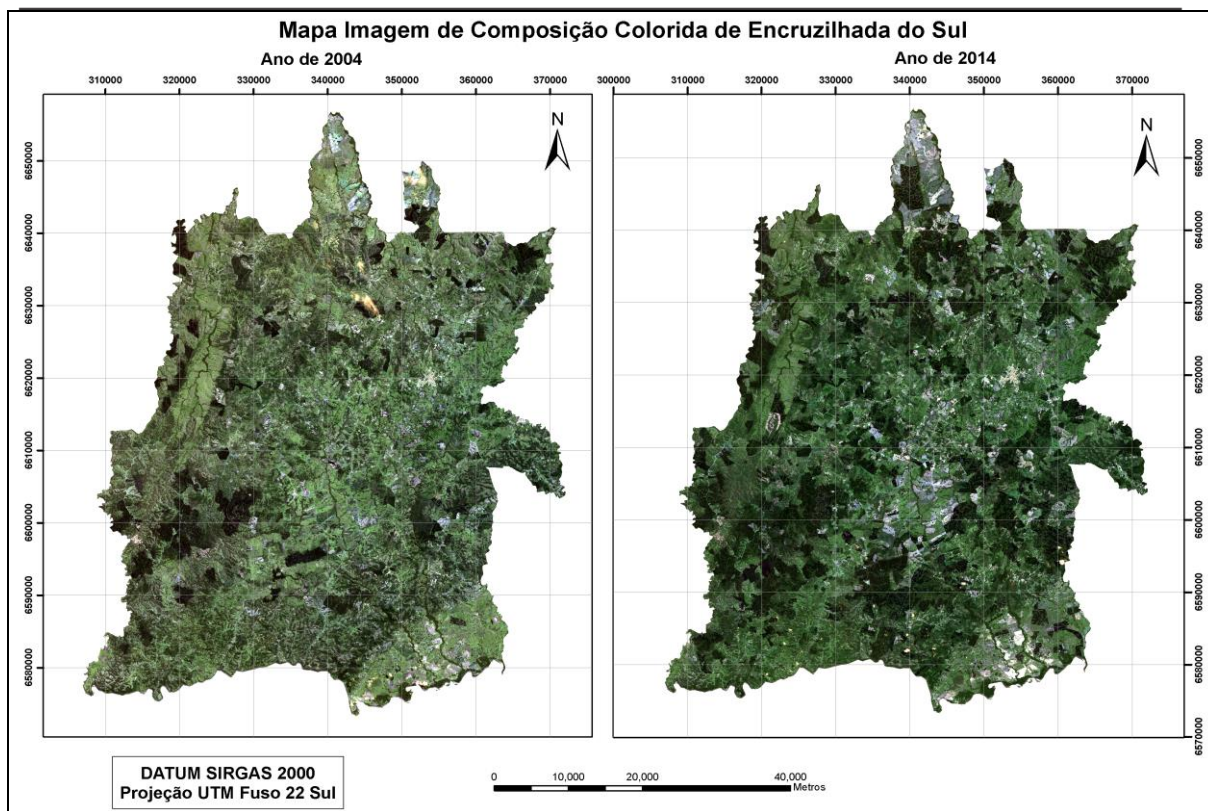


Figura 2 – Mapa/Imagem de composição colorida no espectro visível RGB 321, para o ano de 2004 do satélite Landsat 5, e RGB 432 para o ano de 2014 do satélite Landsat 8, do município de Encruzilhada do Sul.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para averiguar o crescimento do efetivo florestal dentro do município, procedeu-se então a classificação digital da imagem de satélite para as duas datas (Figura 3) para que fosse possível quantificar e qualificar as classes de interesse isoladamente.

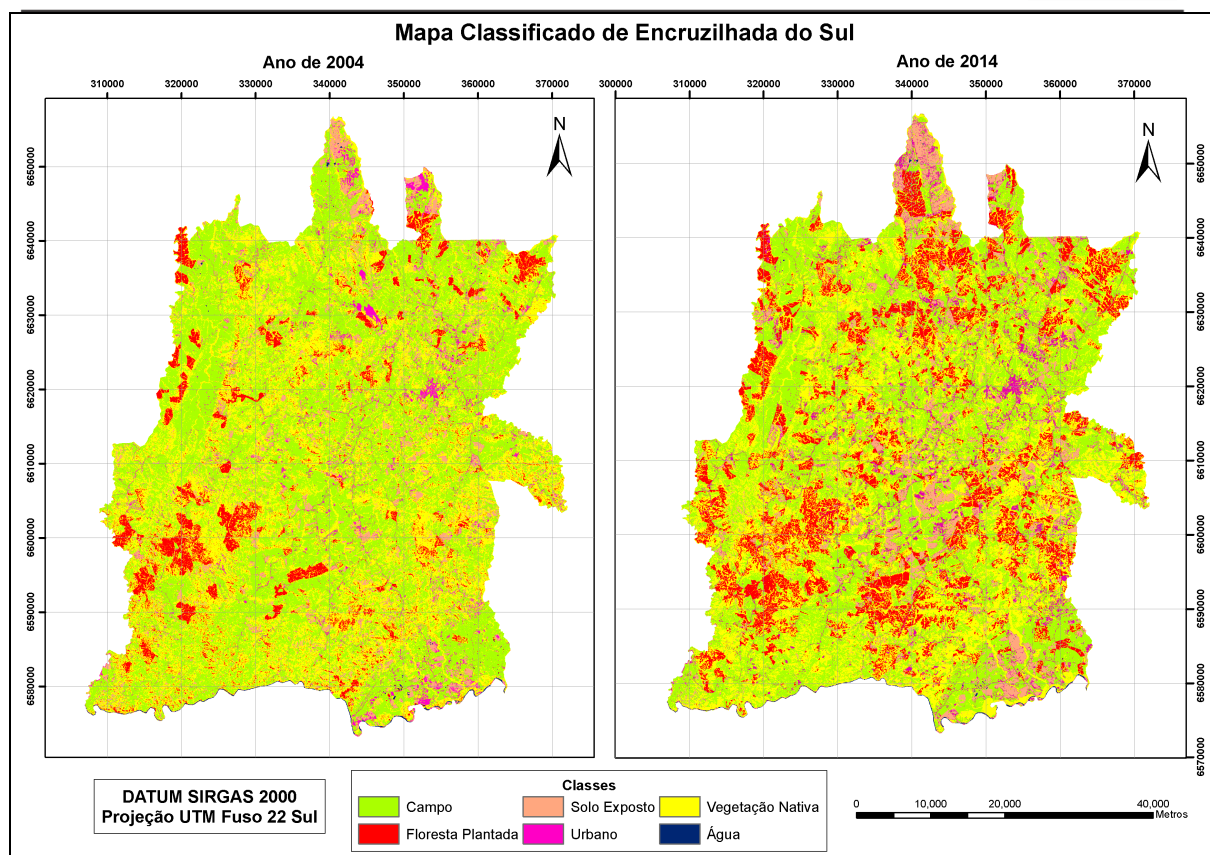


Figura 3 – Mapa classificado do município de Encruzilhada do Sul para os anos de 2004 e 2014.
Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa que resultou da classificação de imagem apresenta contraste acentuado de um ano para o outro. As atividades florestais representadas em cores diferentes do usual, indicada em vermelho nos plantios florestais e amarelo na floresta nativa. Essas duas classes mostram-se bem distribuídas em toda área do município, ocupando parcela considerável na mesma no ano de 2014, ao contrário de 2004 em que a classe Floresta Plantada possuía áreas mais esparsas ao longo do total do município. Esta ocupação da classe de Floresta Plantada, principal objeto de estudo, pode ser visto no mapa binário desta classe (Figura 4), o qual mostra a floresta plantada em vermelho e as demais classes temáticas em bege.

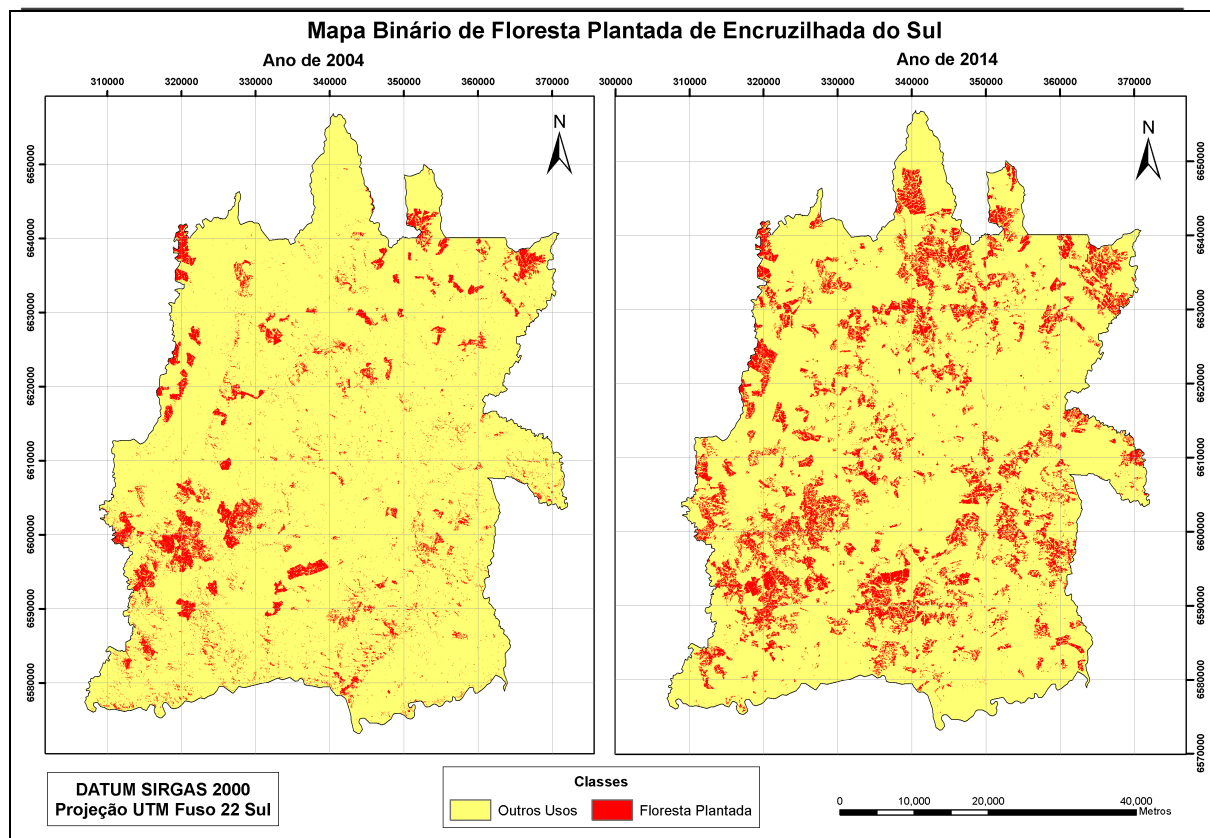


Figura 4 – Mapa binário da Floresta Plantada de Encruzilhada do Sul para os anos de 2004 e 2014.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A floresta plantada visivelmente aumentou e distribuiu-se mais ao longo da área total do município no período de 10 anos. Esta taxa de variação pode ser notada na tabela 4.

Tabela 4 – Taxa de variação de 2014 em relação a 2004.

Classe	2004			2014			Variação (%)
	Nº de Pixels	Área (ha)	% Total	Nº de Pixels	Área (ha)	% Total	
Água	7.876	708,84	0,21	6.152	553,68	0,16	-21,88
Solo Exposto	231.031	20.792,79	6,21	313.901	28.251,09	8,43	26,40
Campo	1.750.344	157.530,96	47,05	1.444.807	130.032,60	38,84	-17,45
Vegetação Nativa	1.333.085	119.977,65	35,83	1.210.914	108.982,30	32,55	-9,16
Floresta Plantada	261.878	23.569,02	7,04	533.954	48.055,86	14,35	103,89
Urbano	135.559	12.200,31	3,64	210.045	18.904,05	5,64	35,469
Total	3.719.773	334.779,57	100,00	3.719.773	334.779,60	100,00	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme a tabela 3, as zonas de florestas plantadas obtiveram uma taxa de variação de 103,89% no ano de 2014 em relação a 2004, ou seja, a floresta plantada mais que duplicou de um ano para outro. Enquanto em 2004 a classe de floresta plantada ocupava cerca de 7,04% da área total do município, em 2014 a mesma já ocupava cerca de 14,35%, sendo a classe que mais expandiu, incrementando 24.486,84 ha em dez anos, conforme a classificação. Assim como a classe solo exposto que também apresentou acréscimo de 7.458,3 ha, crescendo 26,4% em relação ao primeiro ano e expandindo-se 2,26% sobre a área total do município.

Por outro lado, como consequência, houve decréscimo na área de outras classes que competem diretamente no uso do solo com as classes que foram acrescidas. A classe campo, por exemplo, decresceu 17,45%, diminuindo 27.498,33 ha de 2004 para 2014; a classe vegetação nativa também decresceu, com uma taxa de variação de 9,16%, perdendo 10.995,39 ha para outro uso, apresentando um decréscimo de 3,28% sobre o município.

A classe água decresceu 21,88%, perdendo 155,16 ha, possivelmente ocasionado por dificuldades na classificação, substituição do uso ou ainda diminuição área ocupada pelo corpo d'água. Já a classe urbano aumentou 6.703,74 ha, apresentando um incremento de área de 35,46% no ano de 2014 em relação a 2004. Infere-se que estas duas classes não possuem interferência significativa, pois não competem diretamente no uso do solo: recursos hídricos dificilmente serão substituídos por alguma das outras classes e não são áreas muito grandes; já a zona urbana não possui desenvolvimento acentuado e também não competem diretamente significativamente com os outros usos do solo e, além disso, o aumento dessa classe se deve, em parte, pela confusão com a classe solo exposto, como será visto posteriormente.

Desse modo, infere-se que as atividades de plantios florestais e agricultura obtiveram desenvolvimento, sendo a primeira mais significativa que a segunda. Os plantios florestais apresentaram aumento significativo sobre área total do município; quanto as áreas de agricultura, infere-se seu aumento pelo incremento da classe solo exposto, pois no mês das imagens Landsat é comum a prática de preparo de solo para plantio de cultivos de verão. Como consequência dessas expansões, as classes campo e de vegetação foram suprimidas em parte. As áreas de campo foram substituídas pelas classes supracitadas que expandiram, substituindo tanto campo nativo do bioma Pampa quanto campos de pecuária extensiva. Já a vegetação nativa pode ter sido suprimida parcialmente tanto para ser substituída por outro uso quanto por extração vegetal para fins econômicos em áreas certificadas.

O software ENVI Classic possui uma ferramenta de pós-classificação denominada *Change Detection* (Detecção de Mudança) que pode corroborar nessas análises nas mudanças de uso do solo. Esta ferramenta utiliza duas imagens classificadas como referência, usando uma delas como estado inicial e outra como estado final do local classificado e, a partir disso, gera uma tabela, em pixels ou porcentagem, das mudanças da classificação inicial para a final, contabilizando as mudanças da classe de um ano para outro, informando se houve incremento ou decremento da classe. Cabe salientar, entretanto, que as imagens utilizadas por essa ferramenta não se referem somente ao local de estudo, mas o retângulo envolvente do *shapefile* do município de Encruzilhada do Sul. Porém, as partes que extrapolam o *shapefile* são muito semelhantes as que estão no interior do mesmo, desse modo é possível utilizar esta ferramenta apenas como reforço das análises procedidas anteriormente. Na Tabela 5 mostram-se as mudanças ocorridas em hectares, obtidos a partir do número de pixels, para as imagens classificadas dos anos de 2004 e 2014, correspondentes ao estado inicial e estado final. Nesta tabela as linhas referem-se ao estado final e as colunas ao estado inicial. Em cada célula encontra-se o que mudou de 2004 para 2014, somente a diagonal principal da tabela refere-se ao

que se manteve igual. Além disso, a tabela apresenta a linha Imagem Diferença que é igual a diferença entre o somatório da linha e o somatório da coluna da classe correspondente.

Tabela 5 – Tabela de detecção de mudanças, em hectares, entre os anos de 2004 e 2014.

		Estado Final (ha)					
		Água	Solo Exposto	Campo	Vegetação Nativa	Floresta Plantada	Urbano
Estado Inicial (ha)	Água	2391,93	160,38	54,36	44,91	12,78	53,37
	Solo Exposto	781,29	19.760,22	30.558,24	8.145,81	2.104,92	6.237,00
	Campo	36,00	14.578,83	155.741,94	35.084,43	2.180,25	8.283,15
	Vegetação Nativa	5,85	2.238,39	22.581,99	111.301,65	14.131,80	1.411,47
	Floresta Plantada	20,70	5.366,25	32.877,99	13.960,26	16.030,08	2.264,31
	Urbano	56,70	5.992,83	17.662,23	5.380,02	1.082,61	6.423,30
	Imagem Diferença	-574,74	19.490,58	-43.572,15	-22.245,93	34.977,15	11.925,09

Fonte: ENVI Classic (2018), adaptado pelo autor.

A tabela acima ratifica o que já havia sido comentado anteriormente. Conforme pode ser visto na linha da Imagem Diferença, as classes água, campo e vegetação nativa apresentaram decréscimo de área e as classes solo exposto floresta plantada e urbano apresentaram incremento de área. Analisando cada uma, é possível obter-se algumas observações tais como:

- A classe água apresentou decréscimo, mas não muito expressivo. A diminuição desta classe se dá em maior parte para a classe solo exposto;
- A classe solo exposto apresentou expansão, obtendo esse aumento principalmente da classe campo, ou seja, muitas zonas de campo foram substituídas por possíveis áreas agricultáveis. Além disso, solo exposto substituiu algumas parcelas de vegetação nativa e floresta plantada;
- Na classe campo é possível notar que, embora tenha havido um decréscimo, o conjunto total da classe continua sendo grande e substituiu áreas de quase todas as outras classes, pois afinal o campo é nativo do bioma Pampa, logo é natural o município possuir grandes áreas de campo;
- A classe vegetação nativa apresentou decréscimo também, embora tenha substituído algumas áreas, principalmente de campo e floresta plantada. Entretanto essa mudança não foi expressiva o suficiente para recompor o que perdeu. Além do mais, a substituição de campo e floresta plantada são passíveis de terem ocorrido por conta confusão de pixels;
- A classe floresta plantada apresentou crescimento considerável. No contexto geral, foi a classe que apresentou maior incremento de área, substituindo principalmente as classes campo e floresta nativa. As principais classes que cederam para a floresta plantada foram, em primeiro lugar, o campo com 32.877,99 ha, em segunda posição a vegetação nativa com 13.960,26 ha e em terceiro lugar o solo exposto com 5.366,25 ha;

- A classe urbano apresentou um breve incremento, por conta da substituição de algumas classes, principalmente solo exposto.

Cabe ressaltar que todas as mudanças nas classes são passíveis de sofrerem confusão de pixels, algumas classes mais que outras, como poderá ser visto mais adiante com as matrizes de confusão.

Ao analisar a Tabela 5 foi possível reforçar ainda mais o crescimento dos plantios florestais, visto que a classe floresta plantada apresentou o maior crescimento dentre todas as classes.

Os dados obtidos no SIDRA auxiliam a corroborar as inferências sobre a evolução dos plantios florestais. No setor agrícola, os dados do SIDRA apontam que as áreas plantadas ou destinadas à colheita de lavouras temporárias ou permanentes aumentaram de 24.478 ha para 30.434 ha, valores muito próximos ao que foi obtido pela classificação na classe Solo Exposto. No setor florestal, obteve-se o dado de área total existente dos efetivos de silvicultura em hectares somente para o ano de 2014, pois é o primeiro ano disponibilizado para esse dado. Para 2014 obteve-se 70.000 ha de efetivo florestal. Este dado não se equipara totalmente a classe floresta plantada, porém cabe ressaltar que o efetivo florestal pode ser extraído de florestas nativas com certificação para extração vegetal, o que acresce juntamente com a classificação de floresta plantada.

Utilizaram-se ainda as matrizes de confusão e índice Kappa para os dois anos para validar a classificação. Para o ano de 2004 obteve o índice Kappa igual a 0,7707, denotando uma classificação muito boa e confiável, e a seguinte matriz de confusão (Tabela 6):

Tabela 6 – Matriz de confusão para a classificação do ano de 2004 em porcentagem.

		Classes					
		Água	Solo Exposto	Campo	Vegetação Nativa	Floresta Plantada	Urbano
Classes	Água	99,23	0,07	0,1	0,00	0,04	0,00
	Solo Exposto	0,67	86,87	1,51	4,47	0,10	11,73
	Campo	0,00	4,22	91,78	1,09	0,04	7,00
	Vegetação Nativa	0,01	2,49	4,62	59,98	8,96	2,93
	Floresta Plantada	0,00	0,01	0,10	34,68	90,84	0,00
	Urbano	0,09	6,34	1,9	0,78	0,03	78,34

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o ano de 2014, o índice Kappa apresentado foi de 0,887, denotando uma classificação de imagem excelente e confiável, e a matriz de confusão foi a seguinte (Tabela 7):

Tabela 7 – Matriz de confusão para a classificação do ano de 2014 em porcentagem.

		Classes					
		Água	Solo Exposto	Campo	Vegetação Nativa	Floresta Plantada	Urbano
Classes	Água	99,49	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00
	Solo Exposto	0,47	87,43	1,36	0,32	0,06	12,32
	Campo	0,00	4,14	94,66	1,61	0,05	5,51
	Vegetação Nativa	0,00	0,05	1,91	86,41	2,53	0,00
	Floresta Plantada	0,00	0,00	0,02	11,44	97,18	0,00
	Urbano	0,04	8,33	2,03	0,22	0,17	82,17

Fonte: Elaborado pelo autor.

A classificação para o ano de 2014 apresentou-se ainda mais confiável que o primeiro ano, com baixo índice de confusão de pixels e validando também esta classificação.

As matrizes de confusão indicam, principalmente para a primeira data, dificuldades na classificação entre as classes floresta plantada e vegetação nativa, com até 34,68% de confusão na primeira data e 11,44% na segunda data. E entre as classes solo exposto e urbano, que tiveram até 11,73% de confusão de pixels para 2004 e até 12,32% de confusão para 2014. Logo, na primeira data, o classificador Máxima Verossimilhança apresentou dificuldades maiores na distinção entre algumas classes mapeadas. Entretanto, apresentou índice Kappa significativo que ofereceu confiabilidade aos dados obtidos.

4. CONCLUSÕES

O sensoriamento remoto e a classificação digital de imagens demonstraram-se ferramentas de análise poderosas e com baixo custo que cumpriram o objetivo de corroborar ou refutar a evolução do efetivo florestal no município. Todavia cabe salientar-se também que, embora se tenha validado a classificação com diferentes métodos, tem-se a ciência de que a classificação não condiz em cem por cento com a verdade do terreno, visto os erros acumulados das várias etapas do processo de classificação, advindos desde a obtenção do dado pelo sensor. Logo se deve tê-la como uma aproximação do mundo real.

Com a análise multitemporal foi possível denotar o crescimento acentuado dos extratos arbóreos, em especial os plantios florestais comerciais, num período de dez anos. O aumento dos plantios florestais ocorreu principalmente em locais anteriormente ocupados por campos. Conclui-se que o município de Encruzilhada do Sul beneficiou-se consideravelmente com o lançamento do programa de incentivo ao setor florestal, pois, após a ocorrência deste evento, as atividades neste setor cresceram significativamente no município, fazendo assim com que se tornasse o município destaque do Rio Grande do Sul em área de plantios florestais.

Referências Bibliográficas

AGEFLOR, Associação Gaúcha de Empresas Florestais. **A indústria base florestal do RS: Dados e Fatos – Ano Base 2014. 2015.** Disponível em: <<http://www.ageflor.com.br/noticias/wpcontent/uploads/2017/05/AGEFLOR-DADOS-E-FATOS2015-ANOBASE2014.pdf2014>>. Acesso em: 19 de jun. de 2018.

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013**: Ano base 2012. 2013. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-ABRAF13-BR.pdf>>. Acesso em: 20 de jun. de 2018.

BENEDETTI, A. C. P. **Modelagem dinâmica para simulação de mudanças na cobertura e campanha meridional do Rio Grande do Sul**. 2010. 166 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

CLIMATE-DATA. **Clima: Encruzilhada do Sul**. S/d. Disponível: < <https://pt.climate-data.org/location/43794/>>. Acesso em: 12 de jul. de 2018.

CUNHA, N. G. et al. **Estudo de solos do município de Encruzilhada do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005, 83 p.

IBGE. **IBGE Cidades**: Encruzilhada do Sul. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/encruzilhada-do-sul>>. Acesso em: 20 de jun. de 2018.

LANDIS, J.; KOCH, G. G. The measurements of agreement for categorical data. **Biometrics**, Washington, v. 33, n. 3, p. 159-179, Mar. 1977.

NOVO, E. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010, 387 p.