



Análise das mudanças do uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais por meio de técnicas de sensoriamento remoto nos anos de 2000 e 2019

Analysis of land use and land cover changes in the municipality of Araçuaí, Minas Gerais by means of remote sensing techniques in the years 2000 and 2019

Análisis de los cambios de uso y cobertura del suelo en el municipio de Araçuaí, Estado de Minas Gerais mediante técnicas de teledetección en los años 2000 y 2019

Dhiego Gonçalves Pacheco  

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina (MG), Brasil
dhiegodgp@hotmail.com

Resumo

O estudo objetivou analisar as mudanças no uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais, através de imagens de satélite obtidas por meio do sensoriamento remoto. As imagens utilizadas foram do satélite Landsat 5, sensor TM, referente ao ano 2000 e Landsat 8, sensor OLI, relativo ao ano de 2019. Utilizou-se o software ArcGIS 10.8 para o processamento digital das imagens e a classificação supervisionada, a partir das amostras selecionadas nas imagens. Foram estabelecidas quatro classes de uso do solo: vegetação densa, vegetação rasteira, solo exposto/área urbanizada e corpos d'água. Para o período estudado os resultados apontam redução das classes vegetação densa (1,49%), vegetação rasteira (6,32%) e corpos d'água (0,25%), e consequentemente, expansão da classe solo exposto/área urbanizada de (8,07%). Nesse sentido, destaca-se que as técnicas de sensoriamento remoto constituem como uma importante ferramenta para o conhecimento prévio e o monitoramento contínuo das mudanças ocorridas na paisagem, contribuindo para ações de planejamento, ordenamento territorial e preservação ambiental no município.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo. Sensoriamento remoto. Classificação supervisionada.



Abstract

The study aimed to analyze the changes in land use and land cover in the municipality of Araçuaí, Minas Gerais, through satellite images obtained by remote sensing. The images used were from the Landsat 5 satellite, TM sensor, referring to the year 2000 and Landsat 8, OLI sensor, relative to the year 2019. The ArcGIS 10.8 software was used for the digital processing of the images and the supervised classification, from the samples selected in the images. Four land use classes were established: dense vegetation, undergrowth, exposed soil/urbanized area, and water bodies. For the period studied, the results show a reduction in the classes dense vegetation (1,49%), undergrowth (6,32%) and water bodies (0,25%), and consequently, expansion of the class exposed soil /urbanized area (8,07%). In this sense, it is highlighted that remote sensing techniques constitute as an important tool for prior knowledge and continuous monitoring of the changes occurring in the landscape, contributing to actions of planning, land-use planning and environmental preservation in the municipality.

Keywords: Land use and occupation. Remote sensing. Supervised classification.

Resumen

El estudio tuvo como objetivo analizar los cambios de uso y cobertura del suelo en el municipio de Araçuaí, Minas Gerais, a través de imágenes de satélite obtenidas por teledetección. Las imágenes utilizadas fueron del satélite Landsat 5, sensor TM, referidas al año 2000 y Landsat 8, sensor OLI, relativas al año 2019. Se utilizó el software ArcGIS 10.8 para el procesamiento digital de las imágenes y la clasificación supervisada, a partir de las muestras seleccionadas en las imágenes. Se establecieron cuatro clases de uso del suelo: vegetación densa, vegetación baja, suelo expuesto/zona urbanizada y masas de agua. Para el periodo estudiado los resultados apuntan a la reducción de las clases vegetación densa (1,49%), vegetación baja (6,32%) y masas de agua (0,25%), y en consecuencia, a la expansión de la clase suelo expuesto/área urbanizada (8,07%). En este sentido, se destaca que las técnicas de teledetección constituyen una importante herramienta para el conocimiento previo y el seguimiento continuo de los cambios que se producen en el paisaje, contribuyendo a las acciones de planificación, ordenación del territorio y preservación del medio ambiente en el municipio.

Palabras-clave: Uso y ocupación del suelo. Teledetección. Clasificación supervisada.

Introdução

A obtenção de dados mais detalhados e confiáveis sobre o espaço geográfico é de grande relevância para as ações de planejamento ambiental, gestão, ordenamento territorial e análise das mudanças ocorridas na paisagem de uma determinada região. O conhecimento de maneira preliminar e detalhada do uso e ocupação do solo, torna-se necessário para fornecer subsídios ao monitoramento e preservação do meio ambiente, além do processo de ocupação humana de maneira apropriada no espaço físico (FAN et al., 2007; FACCO e BENEDETTI, 2016; KHAN e JHARIYA, 2016).

O mapeamento do uso e ocupação do solo auxilia no cumprimento desse objetivo, constituindo-se de diferentes métodos e indicadores que permitem a avaliação da realidade ambiental, fornecendo informações necessárias para tomadas de decisões, visando o desenvolvimento sustentável (MAY e REIS, 2016).

As imagens de satélites por meio do sensoriamento remoto possibilita a geração de dados de forma instantânea, precisas e atualizadas sobre a superfície terrestre. Para Florenzano (2011), o uso de imagens de satélite permite o estudo e monitoramento, tanto de fenômenos naturais do meio ambiente (inundações, erosão do solo, assoreamento dos rios) como também os impactos antrópicos, tendo como exemplo, a retirada da cobertura vegetal para ocupação de áreas agrícolas e de pastagem.

Segundo Menezes e Almeida (2012) o sensoriamento remoto consiste na obtenção de imagens de satélite que fornece informações sobre a superfície terrestre através do registro da interação da energia emitida ou refletida, realizada por sensores remotos, sem que haja contato direto entre o sensor e o alvo analisado.

Desse modo, com o registro das imagens obtidas pelo sensoriamento remoto em conjunto com as técnicas de geoprocessamento é possível a identificação e quantificação das mudanças na paisagem. Segundo Vaeza et al. (2010) a espacialização e caracterização do uso do solo por meio do sensoriamento remoto representa como um instrumento bastante eficiente para análise espacial, permitindo observar frequentemente as alterações ocorridas na paisagem.

Para analisar as mudanças ocorridas no uso do solo é indicado a utilização de imagens de satélites oriundas de diferentes períodos para obtenção de uma análise multitemporal (FACCO e BENEDETTI, 2016). Carvalho Júnior et al. (2005), destacam que os estudos de análise multitemporal do uso do solo com imagens de satélite estão sendo cada vez mais utilizados para diferentes

finalidades, auxiliando no diagnóstico da expansão de áreas agrícolas, urbanas, bem como, o avanço do desmatamento.

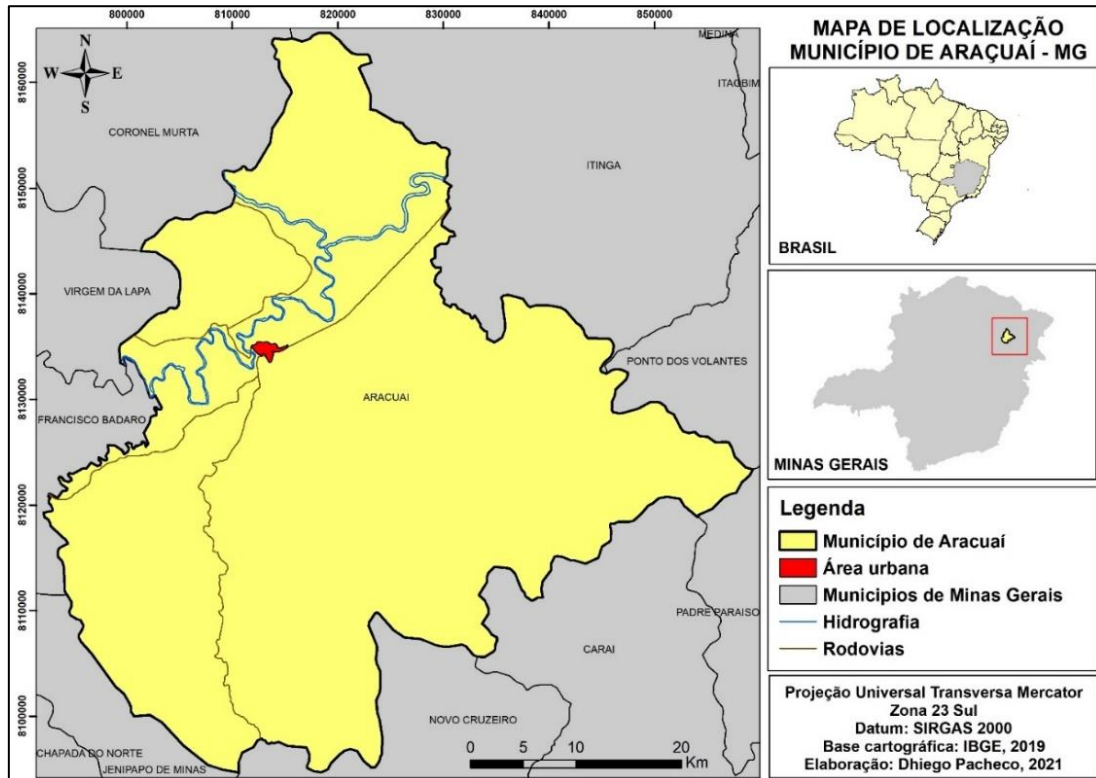
Nesse contexto, o objetivo principal desse estudo é analisar as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo no município de Araçuaí, Minas Gerais, nos anos de 2000 e 2019 com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto, utilizando o software ArcGIS 10.8.

Materiais e métodos

Caracterização da área de estudo

O município de Araçuaí está inserido na região nordeste do estado de Minas Gerais, situado no médio Vale do Jequitinhonha, com a população estimada de 36.712 habitantes (IBGE, 2020) e situa-se a cerca de 600 km da capital Belo Horizonte. Sua área territorial corresponde a 2.241,89 km² (IBGE, 2020). O município faz limite ao norte com o município de Coronel Murta e Itinga, ao sul com Novo Cruzeiro e Jenipapo de Minas, a oeste com Virgem da Lapa e Francisco Badaró e a leste com Padre Paraíso, Ponto dos Volantes e Carai (Figura 1). As vias de acesso são as BR's 367, 342 e 116. O principal rio que drena o município é o rio Araçuaí, pertencente a bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha. O clima é tropical do tipo AW, com temperatura média de 24,4°C e pluviosidade média anual de 829 mm, conforme a classificação de Kopper e Geiger (CPRM, 2005).

Figura 1: Localização do município de Araçuaí (MG)



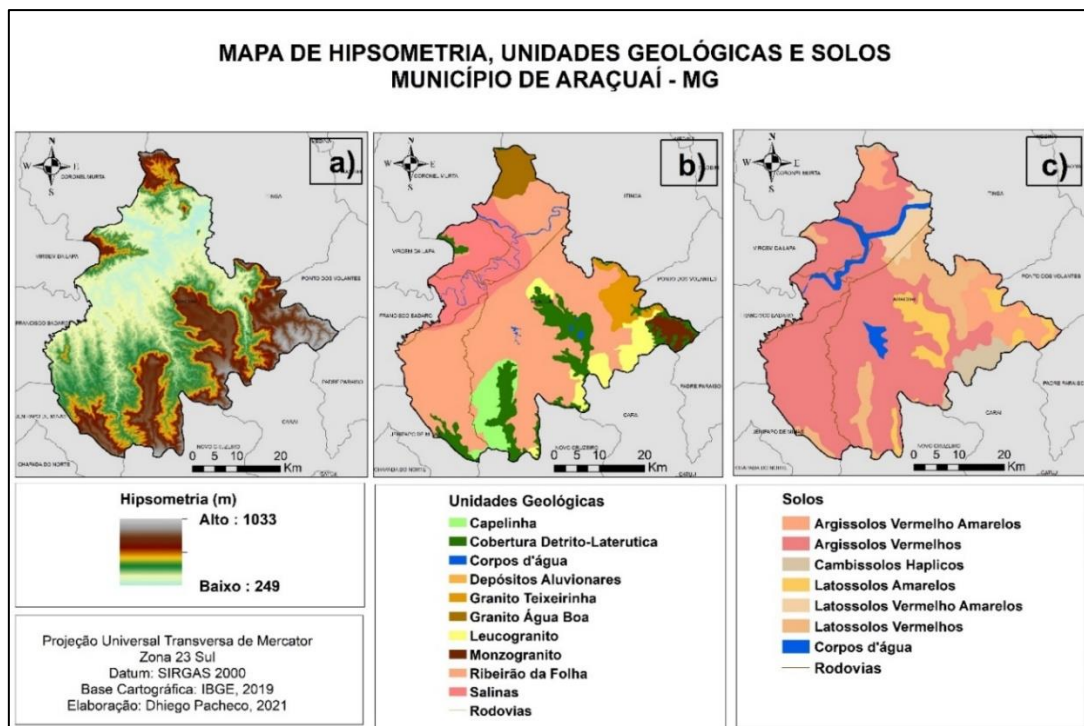
Fonte: Pacheco, 2020.

O município é caracterizado pela vegetação de transição entre cerrado e caatinga, altitude mínima é de 249 m, encontra-se no rio Jequitinhonha e a máxima de 1033 m, encontra-se próximo a chapada de Cavallhada (Figura 2a). Araçuaí possui a formação de rochas metamórficas de idade neoproterozóica de granitóides. Nas unidades geológicas destacam-se o predomínio de rochas da Formação Ribeirão da Folha do Grupo Macaúbas, constituída por formações ferríferas bandadas, ortoanfíbolitos e metapelitos. Já a Formação Salinas é composta por quartzo mica xistos com alternância de quartzitos impuros, rochas calcissilicáticas, metacalcários e metaconglomerados. Na porção norte sobressai o Granito Água Boa de coloração cinza clara a bege, possui granulação média, peraluminoso e foliado. Em parte da porção central, leste e sul ocorrem as coberturas detrítico-lateríticas, formadas por sedimentos conglomeráticos imaturos contendo a matriz arenosa com níveis de areia grossa a fina e argila apresentando canga em sua superfície (CPRM, 2005) (Figura 2b).

Em relação aos solos, a classe predominante são os tipos Argissolos Vermelhos e Latossolos Vermelhos (Figura 3c). Os Argissolos Vermelhos possuem cores vermelhas acentuadas em função dos altos teores de óxidos de ferro contidos no material originário, em locais bem drenados. Possui o teor de argila mais elevado no horizonte subsuperficial (cor vermelha) do que no horizonte superficial. Ocorrem principalmente em áreas de relevo ondulado, podendo ser identificados em áreas menos declivosas, o que facilita a mecanização agrícola. Suas limitações são referentes aos declives dos terrenos mais acidentados e o déficit de fertilidade (EMBRAPA, 2015).

Quanto aos Latossolos Vermelhos, também possuem cores vermelhas bem acentuadas, são profundos, ácidos, e com alta porosidade. Possui predomínio nas áreas de relevo plano e suave ondulado, favorecendo o uso da mecanização. Podem surgir em áreas de relevo ondulado, porém, com menor expressão (EMBRAPA, 2015).

Figura 2: Mapa de hipsometria (a), unidades geológicas (b) e solos (c) de Araçuaí (MG)



Fonte: Pacheco, 2020.

Aquisição e pré-processamento das imagens

Para o mapeamento das classes de uso e ocupação do solo, utilizou-se as imagens dos satélites Landsat 5, bandas 2 (0,50 – 0,60 μm), 3 (0,63 – 0,69 μm), 4 (0,76 – 0,90 μm), do sensor TM (Thematic Mapper) datada em 27 de junho de 2000 e do Landsat 8, bandas 3 (0,53 – 0,59 μm), 4 (0,64 – 0,67 μm), 5 (0,85 – 0,88 μm), do sensor OLI (*Operational Land Imager*) de 19 de agosto de 2019, correspondente a mesma estação do ano (estação seca). As imagens referem-se a órbita-ponto 217/72, com resolução espacial de 30 metros e temporal de 16 dias, sendo obtidas de forma gratuita no site do *United State Geological Survey* (USGS).

Utilizou-se a composição colorida para melhorar a interpretação e visualização, com as seguintes composições RGB: 432 para as imagens do satélite Landsat 5 TM; e 543 para o satélite Landsat 8 OLI. Foi aplicado o procedimento de contraste e transparência para o refinamento das imagens e a função *Majoriti* para a filtragem do arquivo raster gerado, para a obtenção de melhor qualidade visual e destaque das feições escolhidas. As imagens foram adquiridas em formato GeoTiff, contendo aplicação das correções geométrica e radiométrica, sendo considerado como critério determinante de escolha as imagens com o menor nível de cobertura de nuvens. Efetuou-se o georreferenciamento das cenas pelo Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercador (UTM), correspondente a Zona 23 Sul, vinculadas ao Sistema de Referência (SIRGAS 2000) e posteriormente, o recorte das imagens para área de estudo. A base cartográfica municipal, a rede hidrográfica, rodoviária e área urbana foram obtidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Foi gerado o mapa de declividade correspondente a área do município, tendo como base um Modelo Digital de Elevação (MDE) através do mosaico Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) com resolução espacial de 30 metros. As imagens SRTM foram importadas no software ArcGIS 10.8 e o cálculo da declividade realizado com o apoio da ferramenta *slope*. As classes temáticas contendo as informações de declividade foram baseadas conforme Embrapa (2013), sendo classificadas de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1: Classificação do relevo e intervalo de declividade

Classes de relevo	Declividade (%)	Descrição
Plano	0 - 3	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave Ondulado	3 - 8	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros com declives suaves.
Ondulado	8 - 20	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados.
Forte Ondulado	20 - 45	Superfície de topografia movimentada, constituídas por outeiros e/ou morros e raramente colinas, com declives fortes.
Montanhoso	45 - 75	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, constituídas por morros, montanhas, e declives fortes e muito fortes.

Fonte: Embrapa (2013).

Logo após, foi elaborado mapas de conflitos do uso e ocupação do solo em 2019 e tipos de solos em relação à declividade para identificação das áreas susceptíveis a sofrerem danos ambientais. O cruzamento dessas variáveis foi realizado por meio da ferramenta *intersect*, do ArcGIS 10.8, tendo como base as áreas com declividades superiores a 20%, conforme a metodologia da Embrapa (2013), que neste caso são consideradas como áreas de maior fragilidade à impactos ambientais.

Treinamento e classificação supervisionada das imagens

Nesta etapa realizou-se a seleção das amostras de pixels da imagem para a identificação das classes selecionadas de uso do solo. Foram estabelecidas quatro classes: vegetação densa, vegetação rasteira, solo exposto/área urbanizada e corpos d'água. Logo após, foi gerado um conjunto de assinaturas espectrais, sendo usadas como referência para a classificação das imagens. Para este estudo foi utilizado a classificação supervisionada, onde o analista defini as amostras das classes selecionadas com base na análise visual, tendo como apoio imagem de alta resolução do Google Earth para verificar a veracidade das imagens classificadas.

O classificador utilizado para o estudo foi o de Máxima Verossimilhança (MaxVer), um algoritmo estatístico, que se baseia na classificação pixel a pixel,

mediante as classes escolhidas. Segundo Reis, et al. (2011), o método MaxVer, utiliza dados estatísticos e resulta na ponderação das distâncias médias dos níveis digitais de cada classes, sendo o método mais utilizado no processamento de identificação e delineamento das classes.

Em seguida, foi gerado uma matriz de confusão, para obtenção da precisão geral da classificação e índice de *kappa*, sendo selecionados aleatoriamente 41 pontos de referência nas imagens classificadas. Para um bom nível de classificação o valor mínimo da acurácia aceitável é de 85% e do índice *kappa* os valores mais próximos de 1 corresponde a maior concordância entre os pontos de referência e as classes classificadas, no qual podem ser observados na Tabela 2, conforme a classificação de Congalton e Green (1999).

Tabela 2: Qualidade da classificação das imagens conforme o índice *Kappa*

Valor de Kappa	Desempenho
< 0,00	Péssimo
0,00 < k <= 0,20	Mau
0,20 < k <= 0,40	Razoável
0,40 < k <= 0,60	Bom
0,60 < k <= 0,80	Muito Bom
0,80 < k <= 1,00	Excelente

Fonte: Congalton; Green, 1999.

Pós-processamento das imagens

Posteriormente, através do mapeamento do uso do solo foram elaborados os mapas temáticos para anos de 2000 e 2019 para análise das alterações ocorridas na paisagem entre os dois períodos. As imagens classificadas foram convertidas no formato vetorial do tipo polígono, para obter o resultado da área dos polígonos de cada classe. Logo após, foram gerados mapas temáticos da área municipal e tabelas contendo as informações das áreas para cada classe de uso do solo. A classificação supervisionada, bem como a geração da matriz de confusão

juntamente com o índice *kappa* e a *acurácia* (precisão geral) foram realizados no software ArcGIS 10.8 e os dados exportados em tabelas no *Microsoft Excel*.

Resultados e discussão

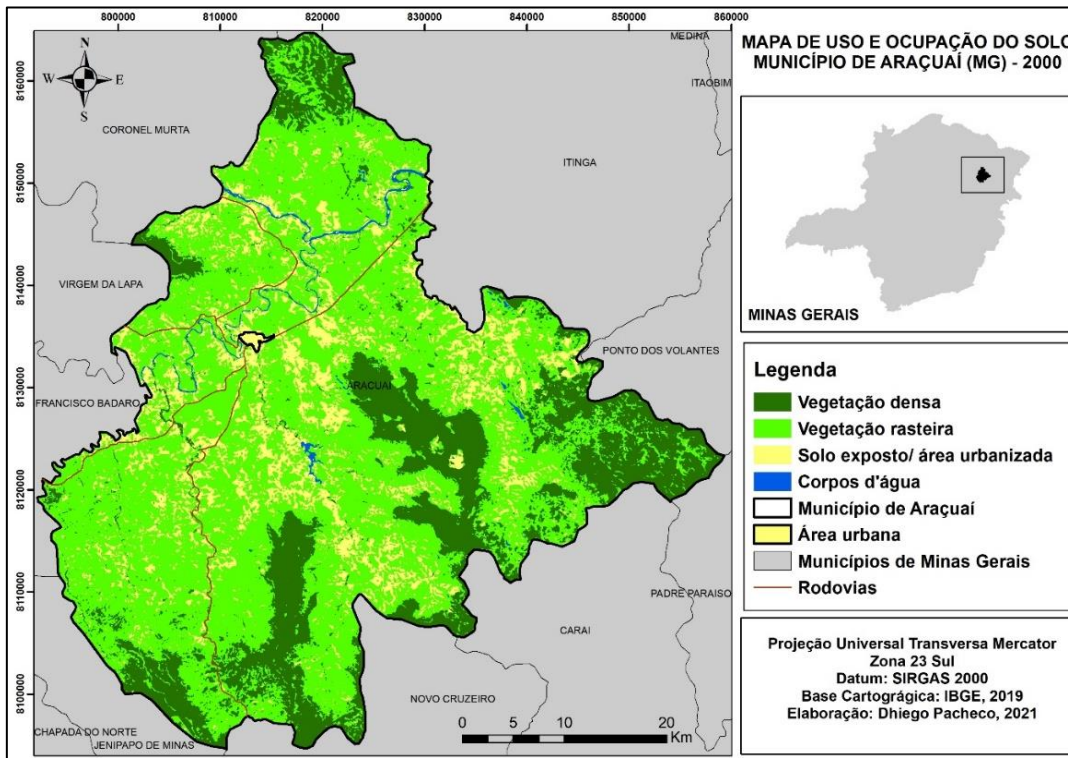
O município de Araçuaí apresentou ao longo de 19 anos, diferentes mudanças no uso e ocupação do solo, desde à vegetação e corpos d'água, resultando no solo exposto/área urbanizada. Na Tabela 3, observa-se a quantificação e o percentual das classes de uso do solo na área de estudo, conforme a classificação utilizada. Os valores encontrados para precisão geral e índice *kappa* foram respectivamente 92% e 90% para (2000) e 95% e 93% para (2019), o que classifica a qualidade da classificação como excelente, de acordo com Congalton e Green (1999). Os resultados da classificação supervisionada das imagens para o período de 2000 e 2019 pode ser verificado na Figura 3 e 4.

Tabela 3: Quantificação das classes do uso e ocupação do solo em Araçuaí (MG), nos anos de 2000 e 2019

Classes	2000		2019		Variação (%)
	Área (Km ²)	Área (%)	Área (KM ²)	Área (%)	
Vegetação densa	496,37	22,16	462,90	20,67	-1,49
Vegetação rasteira	1336,90	59,69	1195,40	53,38	-6,32
Solo exposto/área urbanizada	388,46	17,35	569,11	25,41	8,07
Corpos d'água	17,84	0,80	12,16	0,54	-0,25
TOTAL	2239,57	100,00	2239,57	100,00	

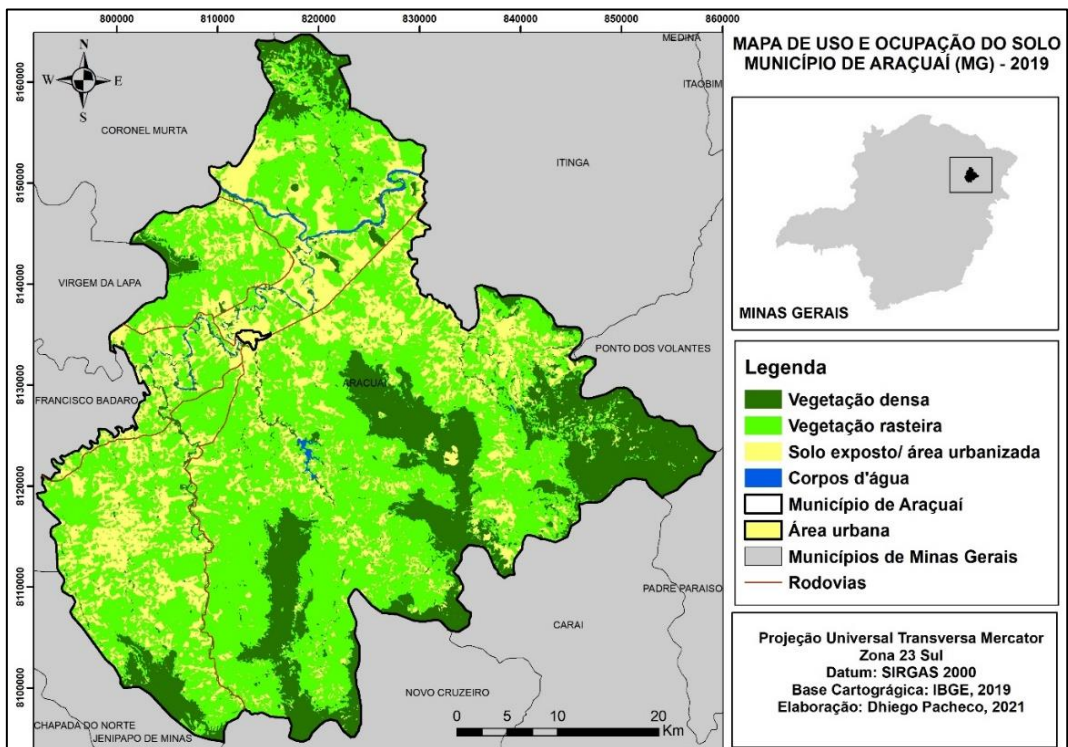
Fonte: Pacheco, 2021.

Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo de Araçuaí (MG) em 2000



Fonte: Pacheco, 2021.

Figura 4: Mapa de uso e ocupação do solo de Araçuaí (MG) em 2019



Fonte: Pacheco, 2021.

A classe vegetação densa apresentou redução de 1,49% da área total do município, entre o período de 2000 e 2019. Está concentrada em parte das porções norte, central, leste e sul do município, tanto para o ano de 2000, quanto de 2019. A vegetação densa analisada neste estudo, refere-se à vegetação nativa mais preservada, sem indícios de desmatamento. É caracterizada pelas formações florestais, com predomínio de espécies arbóreas e arbustivas, além das florestas de galeria concentradas nos vales dos rios. Esta redução, ainda que seja pouco significativa, pode ser justificada devido a expansão das atividades agrícolas e pecuária, que provoca o desmatamento de parte da vegetação nativa para o cultivo de culturas ou expansão das áreas de pastagem.

Estudo de Pereira et al. (2003) constatou que os principais problemas ambientais ocorrido em Araçuaí é decorrente das atividades antrópicas, gerando o desmatamento, intensificado pelas carvoarias, reflorestamento com espécies exóticas, queimadas e pecuária.

O município de Araçuaí possui uma área total de aproximadamente 2239 km² e a forma de uso predominante é a vegetação rasteira, em ambos os anos analisados. Essa vegetação durante o intervalo de 19 anos apresentou redução da área total do município, com percentual de 6,32%. Esta classe compreende as áreas de agricultura, além das áreas de pastagem, designada ao pastoreio do gado e coberta pela vegetação de gramíneas e/ou leguminosas. Incluem as coberturas residuais baixas, com variação da cobertura do solo, caracterizado como campos sujos, com presença de arbustos e subarbustos espaçados, sendo encontrados geralmente em solos rasos que podem apresentar pequena extensão de afloramento rochoso, ou ainda em solos profundo e de pouca fertilidade (EMBRAPA, 2015). Ressalta-se que os principais cultivos agrícolas do município são: feijão, milho, manga, mandioca, além do uso da pecuária extensiva, caracterizada principalmente pela presença de rebanhos de bovinos e equinos.

Em relação ao solo exposto/área urbanizada, verifica-se um aumento de 8,07% entre os anos de 2000 e 2019. A definição desta classe por meio desses parâmetros foi devido a semelhanças entre os pixels que não diferencia completamente os dois tipos de uso do solo, por essa razão formaram uma única

classe uniforme. Este uso refere-se as áreas onde a cobertura vegetal foi retirada por completo e onde há ocorrência de erosões. Compreende também as áreas edificadas, rodovias e afloramento rochoso.

Pereira et al. (2003) ressalta que o uso inadequado do solo no município de Araçuaí tem sido bastante impactado em decorrência da erosão acelerada, com a formação de ravinas e voçorocas. Outros fatores determinantes para o aumento desta classe estão associados ao crescimento populacional e expansão das áreas urbanas, principalmente em função do processo de migração das populações rurais para os centros urbanos em busca de emprego e melhor qualidade de vida.

A classe corpos d'água obteve percentual de 0,80% para o ano 2000 e 0,54% para o ano de 2019 na área do município de Araçuaí, não apresentando diferenças significativas. É composta por rios, córregos, lagos e lagoas, sendo que os rios que drenam o município pertencem à Bacia do rio Jequitinhonha. Destacam-se os rios Araçuaí, Setúbal, Piauí, Gravatá e Calhauzinho, tendo grande relevância, tanto em termos econômicos quanto social.

O município de Araçuaí possui baixo índice pluviométrico, com uma extensa estação de deficiência hídrica atingindo forte aridez entre os meses de agosto a novembro (NIMER, 1989). Portanto é uma região que tem enfrentado sérios problemas com a estiagem, e conforme Pereira et al. (2003), os rios têm sido afetados por processos erosivos promovido por causas naturais (declividade, clima) e antrópicas (mineração, agropecuária), ocasionando o assoreamento, erosão laminar e redução de sua vazão.

Ao analisar o mapa de declividade nota-se que o relevo do município apresenta variação significativa, com predomínio de grau ondulado e forte ondulado, com declives entre 8% e 45%, com ocupação de (66%). Já os terrenos mais acidentados (acima de 20%) (Figura 5), representam cerca de (29%) da área total do município. Quanto ao mapa de conflito de uso e ocupação do solo em 2019 em relação as áreas declivosas (acima de 20%), percebe-se a presença da vegetação densa (110 km²) (Tabela 4) nas áreas de declividades mais acentuadas, desse modo, associado aos terrenos com maiores altitudes (Figura 2a),

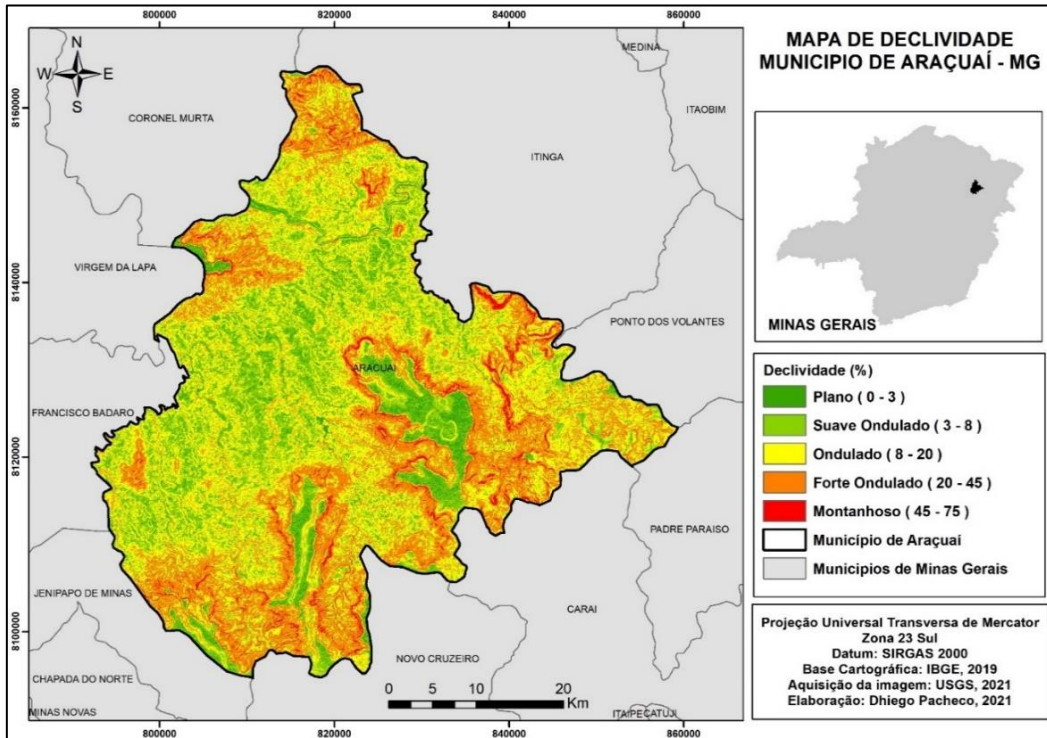
principalmente em parte da porção norte e leste (Figura 6). Essas áreas correspondem ao uso agrícola restrito, sendo que as áreas com declives acima de 45%, são sustentadas por coberturas florestais, indicada ao reflorestamento e a preservação da vegetação nativa (DE BIASI, 1992).

Em relação as áreas de vegetação rasteira, que podem ser destinadas ao uso das atividades agrícolas e pastagem, apesar de apresentarem tendência de redução da área total do município, permaneceram com a distribuição variável, sendo que as áreas mais planas (Figura 5), favorecem a produção e mecanização agrícola. No entanto, (445 km²) da área do município (Tabela 4), situa-se espacialmente distribuídas em áreas com maiores declividades (20 a 75%) (Figura 6).

Para Uberti et al. (1991) nesta declividade o solo apresenta alto risco de degradação e limitações para o uso de atividades agrícolas e pastagem, evidenciando o conflito de uso do solo. Já as áreas correspondentes ao solo exposto/área urbanizada em declives (acima de 20%), representam (102 km²) da área estudada (Tabela 4), apresenta susceptibilidade ao desenvolvimento acelerado de processos erosivos e, conforme Pereira et al (2003) pode resultar no surgimento de ravinas e voçorocas, decorrente da ação antrópica, desmatamento, queimadas e reflorestamento.

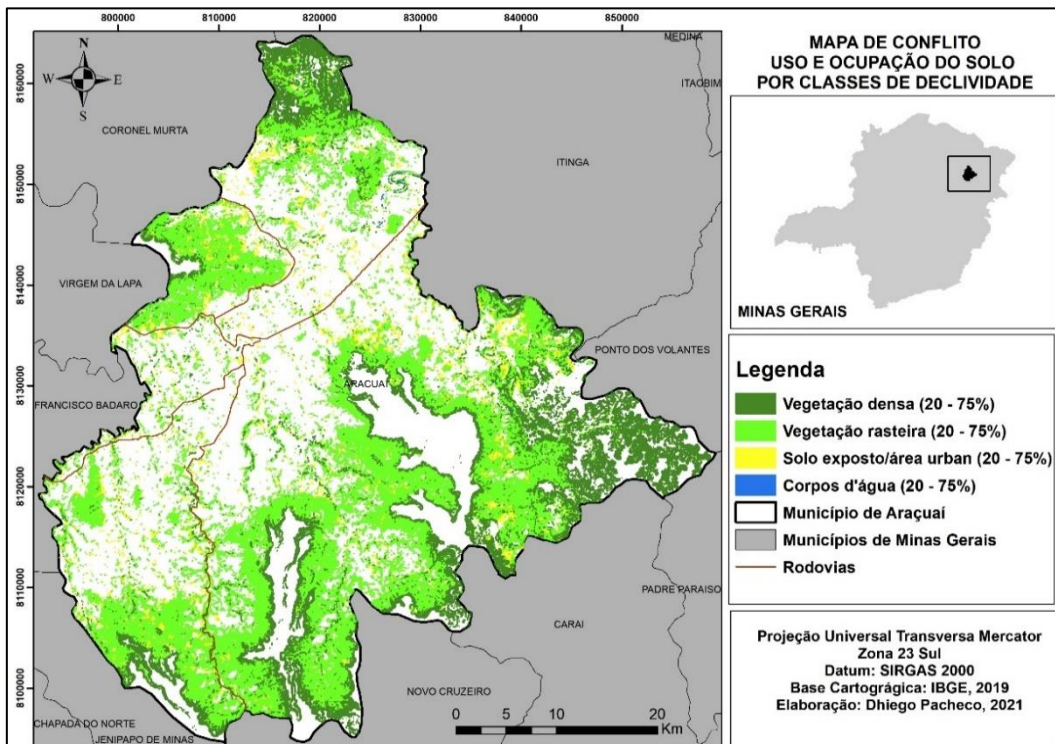
Quanto ao cruzamento dos mapas de tipos de solos e declividade, destacam-se as classes Argissolos Vermelhos (417,16 km²) e Argissolos Vermelho Amarelos (89,96 km²) em áreas mais declivosas (acima de 20%) (Tabela 5). Os Argissolos Vermelhos, situam-se principalmente em parte da porção norte, central e sul do município e os Argissolos Vermelho Amarelos, concentram-se na porção norte e leste (Figura 7).

Figura 5: Mapa de declividade de Araçuaí (MG)



Fonte: Pacheco, 2021.

Figura 6: Mapa de conflito de uso do solo em 2019 por classes de declividade em Araçuaí (MG)



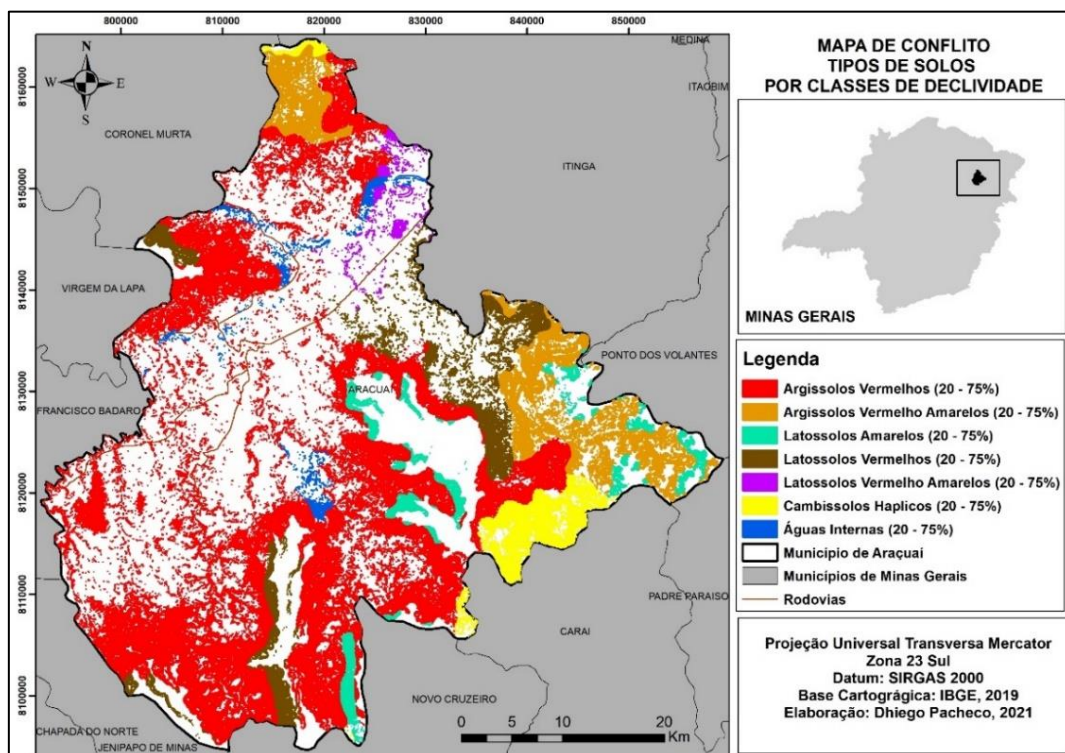
Fonte: Pacheco, 2021.

Tabela 4: Relação entre as áreas (km²) de uso do solo e as classes de declividade em Araçuaí (MG)

Declividade (%)	Uso do Solo (Área Km ²)			
	Vegetação Densa	Vegetação Rasteira	Solo exposto/área urbanizada	Corpos d'água
Plano (0 - 3)	69	56	45	5
Suave Ondulado (3 - 8)	122	223	163	3
Ondulado (8 - 20)	158	467	257	3
Forte Ondulado (20 - 45)	103	400	96	1
Montanhoso (45 - 75)	7	45	6	0

Fonte: Pacheco, 2021.

Figura 7: Mapa de conflito de tipos de solos por classes de declividade em Araçuaí (MG)



Fonte: Pacheco, 2021.

Tabela 5: Relação entre as áreas (km²) de tipos de solos e as classes de declividade em Araçuaí (MG)

Declividade (%)	Tipos de Solos (km ²)						
	AV	AVA	LV	LA	LVA	CH	AI
Plano (0 - 3)	99,44	3,56	24,01	27,58	11,25	0,87	8,39
Suave Ondulado (3 - 8)	323,89	18,76	65,53	46,08	30,37	4,96	21,38
Ondulado (8 - 20)	563,87	85,55	97,61	37,36	33,63	29,97	36,42
Forte Ondulado (20 - 45)	383,72	80,15	53,77	29,67	5,95	35,63	10,65
Montanhoso (45 - 75)	33,45	9,81	4,87	4,35	0,28	4,20	0,52

AV (Argissolos Vermelhos); AVA (Argissolos Vermelho Amarelos); LV (Latosolos Vermelhos); LA (Latosolos Amarelos); LVA (Latosolos Vermelho-Amarelos); CH (Cambissolos Háplicos); AI (Águas Internas). Fonte: Pacheco, 2021.

Estes solos possuem maior predominância nos terrenos mais acidentados e em função de sua natureza pouco consistente em superfície e baixa permeabilidade nos horizontes subsuperficiais, possuem elevada susceptibilidade à erosão e movimentos de massa, o que exige práticas de manejo e conservação intensas para a redução dos danos ambientais (UBERTI *et al.*, (1999); EMBRAPA, 2015).

Considerações finais

Com a utilização das imagens do satélite Landsat foi possível determinar de maneira satisfatória as mudanças no uso do solo ocorridas no município de Araçuaí no decorrer dos 19 anos. Observou-se redução das classes vegetação densa, vegetação rasteira e corpos d'água e conseqüentemente, aumento da classe solo exposto/área urbanizada no período estudado.

Quanto ao conflito das áreas de uso e ocupação do solo em relação a declividade acima de 20%, cerca de (657 km²) ocorrem em áreas com restrição. Já o conflito dos tipos de solos por declividade, há predomínio das classes Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho Amarelos, com cerca de (507 km²)

situados em áreas mais declivosas, sendo importante o uso de práticas de manejo e conservação do solo para minimização dos impactos ambientais.

Nesse sentido, destaca-se que as técnicas de sensoriamento remoto constituem como uma importante ferramenta para o conhecimento prévio, monitoramento contínuo das mudanças ocorridas na paisagem e a identificação de áreas de conflito, contribuindo para ações de planejamento, ordenamento territorial e preservação ambiental no município.

Agradecimentos

O autor agradece à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), por meio do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela realização da pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Referências

CARVALHO, J. O. A; GUIMARÃES, R. F; CARVALHO, A. P. F; GOMES, R. A. T; MELO, A. F; SILVA, P. A. **Processamento e análise de imagens multitemporais para o perímetro de irrigação de Gorutuba/MG**. In: *Actas XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*. Goiânia, Brasil, 16 a 21 de abril de 2005.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto Cadastro de Abastecimento por Águas Subterrâneas, Estados de Minas Gerais e Bahia: diagnóstico do município de Araçuaí, MG**. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral/Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Ministério de Minas e Energia. Belo Horizonte: Editora: GEHITE/CPRM/BH, p. 14, 2005.

DE BIASI, M. Carta Clinográfica: Métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, [s./l.], n. 6, p. 45-60, 1992.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013. 306 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. MATOPIBA: **Delimitação, Caracterização, Desafios e Oportunidades para o Desenvolvimento**. Piauí, 2015.

FACCO, D. S; BENEDETTI, A. C. A evolução temporal do uso e ocupação da terra em municípios da Quarta Colônia de Imigração Italiana – RS. **Ciência e Natura**, [S./l.], v. 38, n. 3, p. 1254-1264, 2016.

FAN, F; WENG, Q; WANG, Y. Land Use and Land Cover Change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, Based on Landsat TM /ETM+ Imagery. **Sensors**, [S./l.], v. 7, p. 1323-1342, 2007.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. Gráfica. 3. ed. São Paulo: Oficina de textos; 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/aracuai.html>. Acesso em 18 jan. 2021.

KHAN, R; JARIYA. Land Use Land Cover Change Detection Using Remote Sensing and Geographic Information System in Raipur Municipal Corporation Area, Chhattisgarh. **SSARSC Int. J. GeoSci. Geoinformatics**, [S./l.], v. 3, p. 1-4, 2016.

MAY, G. C; REIS, J. T. C. Análise das alterações do uso e cobertura do solo no município de Centenário - RS com o auxílio do Sensoriamento Remoto, no período de 1995-2014. **Ciência e Natura**, [S./l.], v. 38, n. 3, p. 1228-1237, 2016.

MENESES, P. R; ALMEIDA, T (Org.). **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: INPE, 2012.

NIMER, E; BRANDÃO, A. M. P. M. **Balço hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PEREIRA, A. M; ALMEIDA, M. I; LEITE, M. E. Considerações acerca da degradação ambiental no município de Araçuaí, no Vale do Jequitinhonha. **Unimontes Científica**, [S./l.], v. 5, n. 2, 2003.

REIS, J. T; FILHO, W. P; SILVEIRA, A. L. L. Estimativa entre densidade habitacional e áreas impermeáveis na região urbana da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena em Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**, [S./l.], v. 33, n1, p. 145-160, 2011.

UBERTI, A. A. A; BACIC, I. L. Z; PANICHI, J. A. V; LAUS NETO, J. A; MOSER, J. M; PUNDEK, M; CARRIÃO, S. L. **Metodologia para classificação da aptidão de uso das terras do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EMPASC/ACARESC, 19 p. (EMPASC. Documentos, 119), 1991.

USGS - United States Geological Survey. Aquisição de imagens orbitais digitais gratuitas do satélite Landsat. 2020. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 13 dez. 2020.

VAEZA, R. F; OLIVEIRA, F. P. C; DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, [S./l.], v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010.

Autor

Dhiego Gonçalves Pacheco – É Graduado em Geografia, Graduado em Humanidades, Mestre em Saúde, Sociedade e Ambiente pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Atualmente é Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM).

Endereço: Campus JK. Rodovia MGT 367 – Km 583, nº 5000. Alto da Jacuba. Diamantina/MG. CEP 39100-000. Diamantina, Minas Gerais.

Artigo recebido em: 05 de março de 2021.

Artigo aceito em: 23 de julho de 2021.

Artigo publicado em: 01 de setembro de 2021.