

Estimativa da área de cebola por meio de imagens de satélites para os municípios de Ituporanga e Imbuia, SC, Brasil



Lucas Kreutzfeld¹, Caio Bustani Andrade² e Luiz Carlos Pittol Martini³

Resumo – Este estudo utilizou imagens Landsat 8-OLI e Sentinel 2A/2B-MSI para estimar a área destinada à produção de cebola em dois municípios do estado de Santa Catarina (Ituporanga e Imbuia) durante a safra 2020/2021. Uma vez que as lavouras de cebola na região de estudo ocupam pequenas áreas com cerca de 2 hectares, os usos das terras foram identificados usando a interpretação visual de composições coloridas multitemporais geradas pela combinação de bandas espectrais do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas. As imagens de satélite mostraram que a cebola cobriu 3.136 hectares em Ituporanga e 934 hectares em Imbuia na safra 2020/2021. Em ambos os municípios avaliados, as estimativas obtidas a partir de imagens de satélite foram menores do que as estimativas obtidas por levantamentos indiretos baseados em declarações das partes locais envolvidas na atividade ou na quantidade comercializada de insumos. O estudo mostrou que as imagens Landsat 8-OLI e Sentinel 2A/2B-MSI são adequadas para identificar e estimar áreas cultivadas com cebola na região produtora de Santa Catarina. Dessa forma, as imagens de satélite podem auxiliar os levantamentos estatísticos convencionais utilizados pelos organismos oficiais responsáveis pelas estatísticas agrícolas.

Termos para indexação: *Allium cepa*; Mapeamento agrícola; Imagens orbitais; Cultivos anuais.

Onion area estimation using satellite images for the municipalities of Ituporanga and Imbuia, SC, Brazil

Abstract - This study used Landsat 8-OLI and Sentinel 2A/2B-MSI images to estimate the land area used for onion production in two municipalities of the State of Santa Catarina (Ituporanga and Imbuia) during the 2020/2021 crop year. Since onion crop in the study region occupy small-cultivated areas of about 2 hectares, the land-uses were identified using visual interpretation of multi-temporal color compositions created by combining spectral bands of red, near infrared, and short-wave infrared. Satellite images showed that the onion covered 3,136 hectares in Ituporanga and 934 hectares in Imbuia during 2020/2021 crop year. In both municipalities assessed, the area occupied with onion crops estimated by satellite imagery was smaller than the areas obtained by indirect surveys based on stakeholder statements or data from traded agricultural inputs. The study showed that Landsat 8-OLI and Sentinel 2A/2B-MSI images are suitable to estimate area used for onion production in Santa Catarina State. Therefore, satellite imagery can support conventional surveys carried out by the official bureau responsible for agricultural statistics.

Index terms: *Allium cepa*; Agricultural mapping; Orbital images; Annual crops.

Introdução

No Brasil, a estimativa das áreas cultivadas e da produção agrícola em todas as unidades federativas está sob responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com o apoio de outros organismos federais e estaduais que também coletam dados agropecuários. Em Santa Catarina (SC), o Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri/Cepa), tem a fun-

ção de levantar e tratar estatisticamente os dados agropecuários no território estadual. Os métodos empregados nas estimativas realizadas tanto pelo IBGE como pela Epagri/Cepa são similares e baseiam-se em dados declaratórios obtidos em escala microrregional por consultores com experiência profissional na área agrícola, os quais coletam os dados a partir de seus contatos em cooperativas, agroindústrias, fornecedores de insumos e grandes produtores.

Em etapa posterior, os dados são submetidos a rotinas para verificação

de valores espúrios e para avaliação contextual das informações geradas (IBGE, 2018). Essas rotinas de avaliação da qualidade dos dados contribuem para o aumento da precisão das estimativas, mas deve-se destacar que as áreas cultivadas e as respectivas produções agrícolas não são efetivamente medidas durante os levantamentos convencionais realizados pelos organismos de coleta de dados agropecuários. Dessa forma, a ausência de dados quantitativos medidos diretamente nas regiões produtoras pode causar divergências de

Recebido em 08/04/2022. Aceito para publicação em 22/11/2022.

Doi: <http://doi.org/10.52945/rac.v36i1.1458>

¹ Eng.-agrônomo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, e-mail: lucaskrtz@outlook.com.

² Eng.-agrônomo, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, e-mail: caio.bustani@posgrad.ufsc.br.

³ Eng.-agrônomo, Dr., professor do Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, e-mail: luiz.martini@ufsc.br.

distribuição das áreas cultivadas ou da produção física ao longo de certa região produtora, bem como subestimar ou superestimar indicadores de safra, tais como área colhida, produtividade e uso de insumos agrícolas. Para Mingoti et al. (2014), as divergências em estatísticas agrícolas e a presença de valores discrepantes nas séries históricas dificultam a análise espaço-temporal de variáveis como área de produção efetiva, uso de áreas com limitações legais, modais de transporte, necessidades de armazenamento e potencial de expansão agrícola. Além disso, para esses autores as estatísticas agrícolas mais precisas permitem estabelecer cenários de evolução territorial da agropecuária regional.

Como complementação ao método declaratório tradicional, atualmente o sensoriamento remoto orbital pode ser empregado para estimativas de áreas cultivadas em diferentes escalas, pois estão disponíveis variados sistemas de aquisição de imagens orbitais com diferentes resoluções espaciais e temporais aplicáveis ao monitoramento de áreas cultivadas e agricultura de precisão, como é o caso da plataforma Sentinel-2A/2B (SEGARRA et al., 2020). Mais de 20 anos atrás, quando a oferta de informações georreferenciadas era muito menor do que atualmente, Pino (1999) já alertava para a necessidade de uma metodologia que incluísse dados mais objetivos nas estatísticas agrícolas. Um pouco mais tarde, Rizzi & Rudorff (2005) encontraram diferenças significativas entre os dados do IBGE e os resultados obtidos por sensoriamento remoto orbital na estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul. Da mesma forma, Eberhardt et al. (2011) também encontraram diferenças significativas em estudo com cana-de-açúcar em Porto Xavier (RS). Em Santa Catarina, a Epagri vem utilizando imagens orbitais para o mapeamento de algumas culturas, como arroz irrigado na safra de 2018/19 e maçã na safra 2021 (EPAGRI, 2021). Outro exemplo vem da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), que firmou uma parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e divulgou em 2021 o mapeamento das áreas de soja em quatro estados brasileiros (CONAB, 2021). Esse mapeamento foi produzido a partir de técnicas de

sensoriamento remoto agrícola e auxiliará no acompanhamento futuro das áreas cultivadas com esse grão.

Como as organizações públicas ainda direcionam seus levantamentos por satélite para os cultivos de maior extensão (EPAGRI, 2021; CONAB, 2021), existe carência de estudos para espécies com menor área ocupada, como é o caso da cebola. No Brasil, estimativas oficiais mostram que os maiores estados produtores dessa cultura são Santa Catarina, Bahia e Minas Gerais. Santa Catarina é o maior produtor nacional, sendo responsável por cerca de 28% da produção na safra 2020/21 (IBGE, 2021). A produção de cebola no Estado é concentrada na região do Alto Vale do Itajaí, com os municípios de Ituporanga, Alfredo Wagner, Imbuia e Aurora, contribuindo para o total nacional com cerca de 250 mil toneladas (17%), produção obtida em aproximadamente 10 mil hectares (21% da área nacional ocupada com cebola). Considerando todas as áreas produtoras, a produção catarinense foi de 420.287 toneladas na safra 2020/21, com uma área plantada de 16.787 hectares (IBGE, 2021). No entanto, a Epagri/Cepa informou que a área cultivada com cebola em Santa Catarina nessa safra foi de 17.432 hectares e a produção de 389.941 toneladas (INFOAGRO, 2022). Portanto, entre o IBGE e a Epagri/Cepa existe uma diferença na estimativa da área plantada e na produção total ao redor de 4% e de 8%, respectivamente, revelando discrepância entre as fontes de dados declaratórios utilizados nos dois levantamentos. Uma vez que os dados do IBGE são consolidados a partir de consultas à Epagri/Cepa, as diferenças das duas fontes indicam subjetividade nas estatísticas e demonstram a necessidade de métodos que proporcionem métricas mais robustas para quantificação de áreas cultivadas e da produção agrícola.

Este trabalho teve como objetivo investigar o impacto do método de levantamento utilizado no cálculo das áreas destinadas à cultura da cebola nos principais municípios produtores de SC, bem como avaliar o potencial do uso de imagens de sensoriamento remoto orbital para identificação de lavouras de pequenas extensões localizadas em propriedades agrícolas com predominância de agricultura familiar.

Materiais e métodos

A área de estudo situa-se nos municípios catarinenses de Ituporanga e Imbuia (Figura 1). Realizou-se o mapeamento das áreas desses municípios cultivadas com cebola por meio da interpretação visual de imagens orbitais adquiridas durante a safra 2020/21, obtidas pelos sensores *Multispectral Instrument (MSI)* a bordo dos satélites gêmeos Sentinel 2A e Sentinel 2B e pelo sensor *Operational Land Imager (OLI)* a bordo do satélite Landsat 8. Estas plataformas apresentam a melhor combinação de resolução espacial e temporal de imagens dentre os satélites de distribuição livre.

As imagens Sentinel 2A/2B-MSI foram obtidas no portal *Copernicus Open Access Hub* (ESA, 2021) e as imagens Landsat 8-OLI no portal *Earth Explorer* (USGS, 2021). Optou-se pelo uso de imagens com correção atmosférica e dados de reflectância de superfície (nível 2 de correção, tanto para Sentinel como Landsat). Foram selecionadas as imagens com menor cobertura de nuvens sobre os municípios mapeados, assegurando-se pelo menos uma imagem por mês entre 8 de junho de 2020 e 9 de janeiro de 2021, período que abrange todo o ciclo da cebola na região de estudo. No total, foram consideradas sete passagens do Landsat 8 e dezessete passagens dos satélites Sentinel 2A/2B. As bandas espectrais nas faixas do vermelho (RED), infravermelho próximo (NIR) e infravermelho de onda curta (SWIR) mostraram-se mais adequadas para os objetivos do trabalho. Elas correspondem às bandas 4, 8 e 11 do Sentinel 2A/2B (bandas 4 e 8 com resolução espacial de 10 metros e banda 11 com resolução de 20 metros), e às bandas 4, 5 e 6 de 30 metros de resolução espacial do Landsat 8 (Tabela 1). Para interpretação visual, foram empregadas as composições coloridas RGB falsa-cor 8-11-4 para Sentinel 2A/2B e 5-6-4 para Landsat 8.

As áreas de cultivo de cebola foram identificadas com base no padrão de resposta espectral e na evolução temporal das mudanças de cobertura no solo ao longo da safra 2020/2021. A interpretação visual usada neste trabalho utilizou metodologia proposta

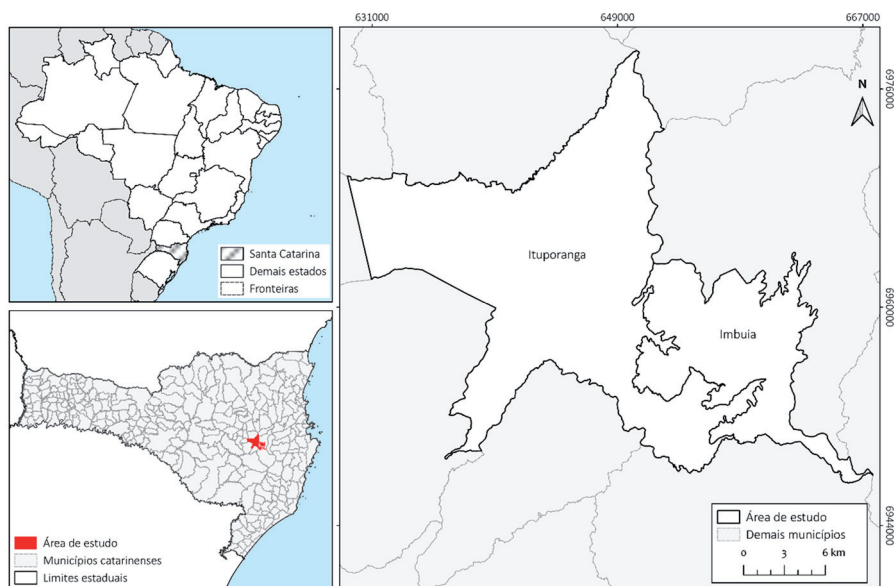


Figura 1. Localização geográfica e limites da área de estudo utilizada para mapeamento da cebola em dois municípios de Santa Catarina - Limites municipais obtidos em IBGE (2021b)
Fonte: Autor (2022)

Figure 1. Geographical localization and boundaries of the study area used for onion mapping in two municipalities of Santa Catarina state (Brazil) - Boundaries of municipalities obtained from IBGE (2021b)
Source: Author (2022)

Tabela 1. Parâmetros básicos das imagens de sensoriamento remoto utilizadas no mapeamento da cebola nos municípios de Ituporanga e Imbuia (SC) na safra 2020/21
Table 1. Basic parameters of remote sensing images used for onion mapping in the municipalities of Ituporanga and Imbuia (SC) during the 2020/21 crop year

Satélite	Sensor	Órbita-ponto	Data	Cobertura de nuvens (%)	Bandas espectrais
Sentinel 2A/2B	MSI	22JFQ	09/01/2021	15,7	RED (4), NIR (8), SWIR (11)
			30/12/2020	1,2	
			30/11/2020	24,9	
			20/11/2020	28,9	
			21/10/2020	9,9	
			05/11/2020	53,3	
			11/10/2020	8,8	
			06/10/2020	40,3	
			01/10/2020	2,9	
			26/09/2020	2,6	
			11/09/2020	2,3	
			22/08/2020	0,0	
			02/08/2020	19,4	
			23/07/2020	23,4	
13/07/2020	40,0				
03/07/2020	1,0				
23/06/2020	17,4				
08/06/2020	4,8				
Landsat 8	OLI	220/79	30/11/2020	67,9	RED (4), NIR (5), SWIR (6)
			13/10/2020	51,4	
			11/09/2020	11,6	
			26/08/2020	13,0	
			10/08/2020	11,7	
			09/07/2020	41,5	
23/06/2020	23,3				

Fonte: ESA (2021); USGS (2021)

por Panizza & Fonseca (2011), que recomendam um processo sequencial em três etapas: (1) *leitura intuitiva das imagens*, que consistiu na identificação de regiões de interesse nas imagens por simples exclusão de classes de usos das terras impróprias ao cultivo de cebola (por exemplo, áreas florestadas, corpos hídricos, áreas urbanas etc.); (2) *foto-determinação*, quando foi realizado o agrupamento das regiões obtidas na etapa anterior com base nas chances de presença/ausência do alvo de interesse (no estudo, áreas com cultivo de cebola), definido por indução/dedução; e (3) *fotointerpretação*, na qual foram criadas correlações entre os elementos determinados na imagem e elaboradas hipóteses interpretativas. Para as três etapas de interpretação foram registrados e analisados parâmetros como forma, tamanho, tonalidade (cor, brilho e sombreamento), posição do objeto na paisagem, textura e arranjo espacial das áreas de cultivo, levando-se em consideração a evolução temporal destas características ao longo do ciclo de cultivo.

Uma vez identificadas as lavouras com cebola, realizou-se a vetorização manual para cálculo das áreas totais por município. Os resultados foram comparados com as estimativas oficiais obtidas nos levantamentos do IBGE (2021a) e Epagri/Cepa (INFOAGRO, 2022). Dados vetoriais do sistema SICAR (2022) para cada município mostraram quantos e quais foram os imóveis com produção de cebola na safra analisada neste estudo. O tratamento e o processamento dos dados foram realizados com o Sistema de Informações Geográficas QGIS 3.18, utilizando o sistema de coordenadas planas, projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), e o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000, no Fuso 22 do Hemisfério Sul.

Resultados e discussão

A área total cultivada na safra 2020/21 foi de 4.070 hectares, dos quais 934 hectares (23%) localizavam-se em Imbuia e 3.136 hectares (77%) em Ituporanga (Figura 2). Estes resultados são cerca de 50% e 24% menores do que as áreas estimadas pela Epagri/Cepa para os municípios de Ituporanga

e Imbuia, com 1.900 hectares e 4.150 hectares, respectivamente (INFOAGRO, 2022). Em relação às estimativas do IBGE (2021a), os resultados são cerca de 48% e 17% menores, respectivamente. A área total foi cerca de 33% menor que os 6.050 hectares estimados pela Epagri/Cepa e 27% menor que os 5.600 hectares estimados pelo IBGE (Tabela 2). Discrepâncias entre as áreas ocupadas por culturas agrícolas obtidas por mapeamento a partir de imagens orbitais e por levantamento tradicional também foram encontradas no estudo de Rizzi & Rudorff (2005), no qual a área total de soja no Rio Grande do Sul foi cerca de 11% menor do que a estimada pelo IBGE. Os autores mostraram ainda que as diferenças em escala municipal foram superiores à média estadual de 11%, o que sugere a atribuição das áreas de um município para outros adjacentes quando se utiliza o método tradicional de levantamento. Para o estado do Paraná, a área total dedicada ao cultivo de soja na safra 2016/17 mapeada por sensoriamento remoto foi 20% menor do que a estimada pelo IBGE (PALUDO et al., 2020). Resultados discrepantes entre os dois métodos de levantamento também foram obtidos por Dalla Betta et al. (2022). Ao realizar o mapeamento da área de soja por sensoriamento remoto orbital em dois municípios catarinenses, os autores obtiveram uma área 23% superior aos dados oficiais para a safra 2012/2013 e 6% superior na safra 2020/2021. Discrepâncias similares também ocorreram em outras culturas. Por exemplo, o mapeamento do arroz conduzido pela Epagri em Santa Catarina (EPAGRI, 2021) mostrou haver 5.500 hectares (4%) a mais do que nas estimativas tradicionais.

Resultados discrepantes são esperados quando se confrontam estimativas de áreas cultivadas obtidas por metodologias distintas. Deve-se observar que os métodos comumente empregados nos levantamentos tradicionais baseiam-se em fontes secundárias de dados, como consultas a extensionistas rurais locais, financiamentos agrícolas e volume de insumos comercializados (IBGE, 2018). Para alguns cultivos, essas fontes de dados constituem uma amostragem enviesada, uma vez que muitos agricultores prescindem de financiamento bancário,

utilizam insumos próprios ou os adquirem em outras regiões. Essas limitações são ainda mais marcantes em alguns tipos de lavouras com agricultura familiar, como é o caso da cebola. Além disso, as variações ano a ano no tamanho das lavouras podem não ser devidamente contabilizadas pelos extensionistas rurais, uma vez que eles geralmente não dispõem de métodos quantitativos para atualização das áreas cultivadas. O sensoriamento remoto, por sua vez, tem o potencial de quantificar e atualizar regularmente as áreas cultivadas. Nesse aspecto, levantamentos baseados em imagens de satélites podem ser considerados como um tipo de censo e, desde que os métodos sejam devidamente calibrados, esses levantamentos podem ser atualizados periodicamente para obtenção de dados mais realistas.

Alguns estudos mostraram a viabilidade do uso de imagens de satélite com média resolução espacial para mapear cultivos que ocupam extensões contínuas na ordem de várias dezenas de hectares, como a cana-de-açúcar (CECHIM JÚNIOR et al., 2017) e soja (MERCANTE et al., 2012). Para esses casos, o emprego de técnicas de classificação não supervisionada ou semisupervisionada produzem resultados satisfatórios (JUN-

GES et al., 2013). Contudo, os resultados obtidos por métodos semiautomatizados para cultivos de pequena extensão (poucos hectares) nem sempre são adequados e podem gerar estimativas equivocadas das áreas cultivadas, principalmente devido às limitações quanto à resolução espacial e espectral das imagens disponíveis.

Alguns métodos combinam imagens de satélite com outras variáveis para gerar mapeamentos mais exatos (TENCATEN, 2015), mas a interpretação visual ainda permanece como uma técnica básica para cultivos como a cebola, que em Santa Catarina ocupa pequenas áreas descontínuas, entremeadas com outros usos das terras e em diferentes exposições do relevo. Em tais condições, a interpretação visual pode ser melhorada por meio da análise multitemporal das imagens de satélite disponíveis, as quais permitem acompanhar a evolução da ocupação do solo ao longo de uma ou mais safras. Aqui a disponibilidade de imagens ao longo do ciclo é crucial e a resolução temporal dos sistemas sensores é a principal limitação.

Para a região delimitada neste estudo, a Figura 3 mostra o padrão típico de resposta espectral da cultura da cebola obtido por meio de imagens Sen-

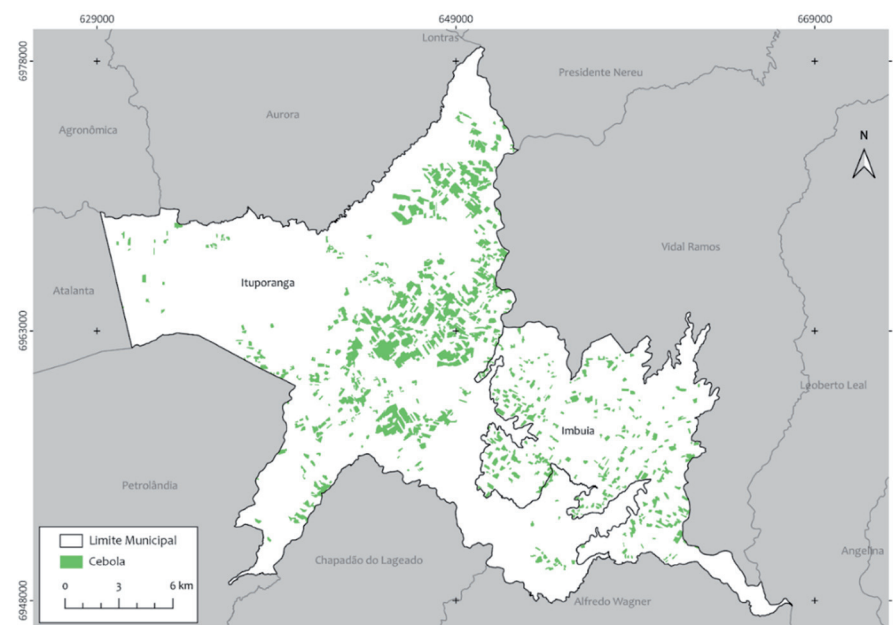


Figura 2. Mapa das áreas de cebola na safra 2020/21 nos municípios de Ituporanga e Imbuia (SC)

Fonte: Autor (2022)

Figure 2. Map of onion areas during the 2020/21 crop year in the municipalities of Ituporanga and Imbuia (Santa Catarina State, Brazil)

Source: Author (2022)

Tabela 2. Comparativo das áreas de cebola mapeadas por satélite com as estimativas do Epagri/CEPA e IBGE para os municípios de Ituporanga e Imbuia, Santa Catarina, Brasil
 Table 2. Comparison of satellite-mapped onion areas with EPAGRI/CEPA and IBGE estimates for the municipalities of Ituporanga and Imbuia, Santa Catarina State, Brazil

Município	Área (hectares)			Diferença (%)	
	Mapeada	EPAGRI/CEPA	IBGE	EPAGRI/CEPA	IBGE
Ituporanga	3.136	4.150	3.800	24	17
Imbuia	934	1.900	1.800	50	48
Total	4.070	6.050	5.600	33	27

Fonte: Infoagro (2022); IBGE (2021)

tinel 2A/2B-MSI adquiridas para certos períodos fenológicos. No início do ciclo (Figura 3a), predomina a resposta de solo até meados do mês de setembro. A partir desse mês, a resposta da cultura começa a se sobressair àquela do solo

descoberto (Figura 3b). As imagens do mês de outubro foram as mais adequadas para o mapeamento da maioria das áreas, uma vez que foi a época de maior biomassa e predominância da resposta da cultura nas imagens (Figura 3c). Em

novembro, quando se inicia a colheita, já se observa novamente a predominância da resposta do solo, visto que a cebola não passa por um processo de senescência. Sendo colhida verde, há uma abrupta perda de biomassa vegetal e, conseqüentemente, a resposta espectral volta a ter predominância do solo descoberto (Figura 3d).

Embora tenha sido identificado um padrão bem definido de evolução da cebola no terreno, não houve homogeneidade entre as áreas mapeadas, seja durante o período de máximo vigor vegetativo, seja no período com predominância de solo descoberto. As diferenças podem estar associadas às datas de plantio, aos ciclos dos diferentes cultivos e aos sistemas de cultivo e distintos

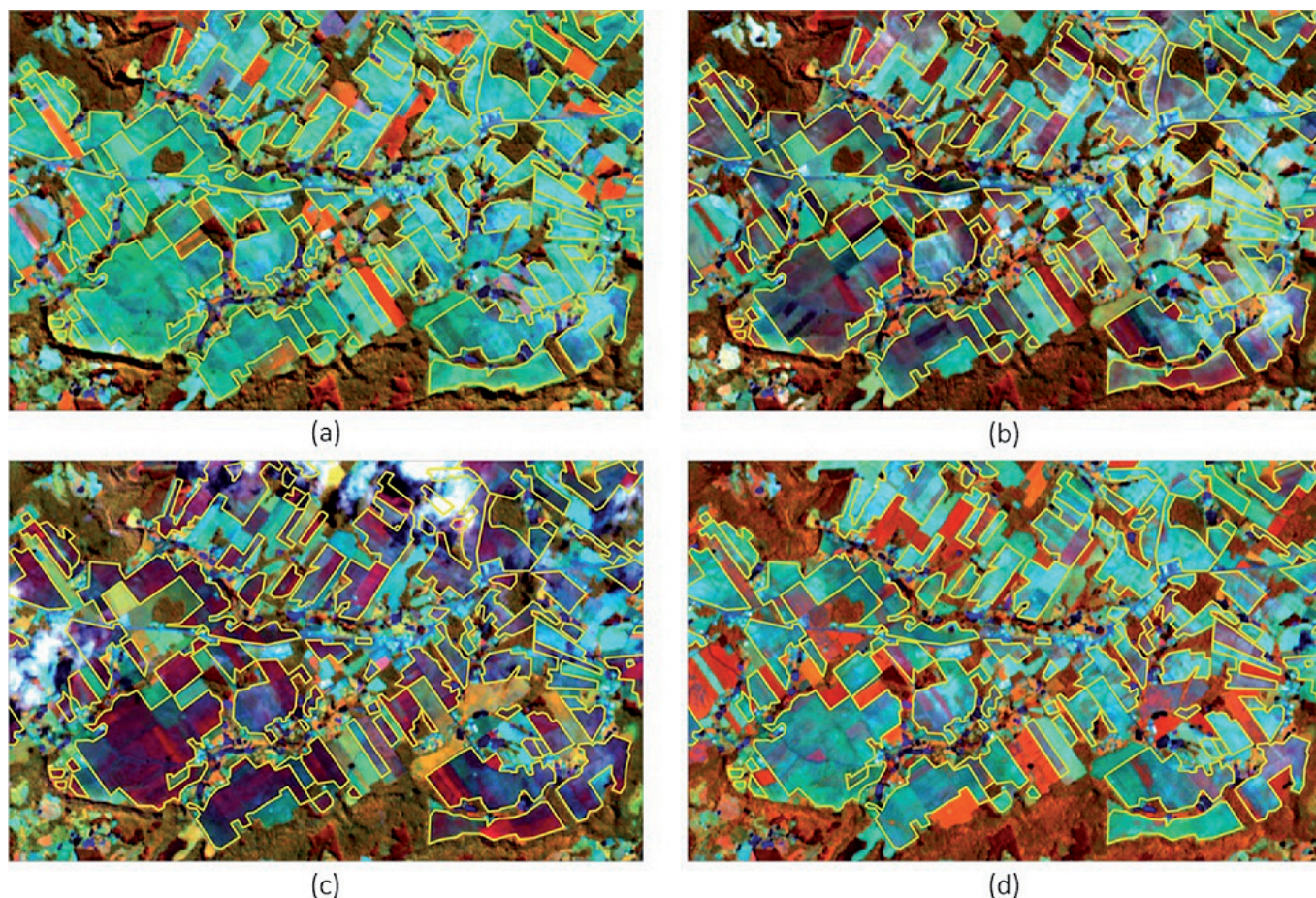


Figura 3. Composições coloridas RGB geradas pelas bandas 8, 11 e 4 do satélite Sentinel-MSI 2A/2B adquiridas em: (a) 22/08/2020; (b) 26/09/2020; (c) 06/10/2020; e (d) 30/11/2020. As áreas em destaque foram identificadas como lavouras de cebola por meio da interpretação visual

Fonte: Autor (2022).

Figure 3. RGB color composites generated by bands 8, 11, and 4 of the Sentinel-MSI 2A/2B satellite acquired in: (a) 22/08/2020; (b) 26/09/2020; (c) 06/10/2020; and (d) 30/11/2020. Highlighted areas were identified as onion crops by visual interpretation Source: Author (2022)

manejos adotados pelos agricultores (EPAGRI, 2013). Além disso, a presença de nuvens nas imagens, principalmente naquelas obtidas em outubro e novembro, foi uma das principais limitações para a interpretação visual das áreas com cebola.

Apesar das limitações relativas à tecnologia da cebola e quanto à qualidade das imagens disponíveis, a interpretação visual mostrou ser uma técnica integradora que permite ao intérprete reunir, de maneira sistemática, informações contextuais, como forma, tamanho, padrão, cor, textura e conectividade das áreas de cultivo. Ao possibilitar a criação de correlações entre os elementos da paisagem, essas informações contextuais flexibilizam a tomada de decisão a respeito do uso do solo em cada porção da imagem (PANIZZA & FONSECA, 2011). Como desvantagem, a interpretação visual é dependente do juízo do intérprete e o processo de classificação pode falhar devido à subjetividade das decisões. Nesse aspecto, diferentes intérpretes tendem a mapear de forma distinta a mesma região de estudo. Além disso, o mapeamento por interpretação visual está limitado a regiões restritas de cultivo, pois é um processo oneroso em tempo e requer pessoal habilitado para a tarefa.

Algumas desvantagens da interpretação visual podem ser superadas pela classificação automática das imagens de satélite. Este é um campo ativo de estudo em sensoriamento remoto e diversos algoritmos vêm sendo desenvolvidos e testados nos últimos anos, principalmente aqueles baseados em inteligência artificial (redes neurais e aprendizado de máquina, por exemplo). Contudo, como destacaram Yang et al. (2015), não existe um algoritmo de classificação específico com desempenho favorável em todas as situações reais. Enquanto diferentes algoritmos possuem acurácias distintas na classificação de um mesmo cultivo, um certo algoritmo específico pode apresentar acurácias muito diferentes quando aplicado

à classificação de variados cultivos. De certa forma, a subjetividade humana na interpretação visual é substituída pela subjetividade na escolha do algoritmo adequado.

Como complementação, neste trabalho realizou-se a interseção das áreas de cebola mapeadas por meio das imagens de sensoriamento remoto com o Cadastro Ambiental Rural (CAR). Como resultado, foram identificados 924 imóveis em Ituporanga e 504 imóveis em Imbuia com esse cultivo. Desses imóveis, apenas 19 em Ituporanga e 6 em Imbuia têm mais de 4 módulos fiscais, que é o limite estipulado pela legislação para enquadramento como agricultura familiar (BRASIL, 2006). Portanto, esse resultado comprova a predominância da produção da cebola por agricultores familiares relatada por Boeing (2002). Como o arrendamento de terras para a produção de cebola é uma prática comum, mesmo naqueles imóveis com área que extrapolam o limite da legislação pode haver produção caracterizada como agricultura familiar. Em comparação, o censo agropecuário de 2017 (IBGE, 2019) contabilizou 615 estabelecimentos agropecuários produtores de cebola em Ituporanga e 424 em Imbuia, sendo que apenas 31 e 23, respectivamente, foram registrados como sendo estabelecimentos não familiares. Dessa forma, existe também uma discrepância significativa entre os dados censitários do IBGE e os resultados obtidos pelo mapeamento efetuado neste trabalho. Comparando-se os dados de 2017 do IBGE e os resultados deste trabalho, ocorreram variações positivas de aproximadamente 50% para Ituporanga e 19% para Imbuia no número de imóveis com cebola. Essas variações são muito elevadas para serem atribuídas a flutuações temporais de áreas cultivadas, principalmente devido ao fato dessas flutuações terem ocorrido com uma defasagem de apenas cinco anos.

Finalmente, deve-se destacar que o estágio atual do sensoriamento remoto não prescinde de informações

de campo para validação de resultados baseados na classificação de imagens, seja pelo método de interpretação visual, seja pela classificação automatizada. Por questões operacionais, este estudo não utilizou levantamentos de campo para avaliação da acurácia do mapeamento. Portanto, os resultados aqui apresentados devem ser considerados preliminares e sujeitos a erros na atribuição dos tipos de usos das terras. Apesar dessa limitação, os resultados apontam para melhoria das estimativas das áreas cultivadas quando se utilizam imagens de satélite, uma vez que permitem avaliar a distribuição espacial dos cultivos e quantificar suas áreas de forma mais objetiva do que os levantamentos declaratórios tradicionais. Além disso, apresentam custo relativo reduzido quando comparados com uma operação censitária.

Conclusões

– Quando estimada por meio de imagens dos satélites Sentinel 2A/2B–MSI e Landsat 8–OLI para a safra 2020/21, a área cultivada com cebola nos municípios de Ituporanga e Imbuia foi 33% menor do que a estimada pela Epagri/Cepa e 27% menor do que a estimada pelo IBGE para a mesma safra.

– Foram identificados 1.428 imóveis rurais com cultivo de cebola nos municípios de Ituporanga e Imbuia, dos quais 1.403 possuem área dentro dos limites para classificação como agricultura familiar.

– A variação nas épocas de plantio, as diferenças entre sistemas de cultivo, a pequena extensão das lavouras e a baixa disponibilidade de imagens em algumas épocas do ano devido à cobertura de nuvens foram as principais limitações encontradas durante o mapeamento da cebola por meio dos satélites Sentinel 2A/2B–MSI e Landsat 8–OLI.

– A ampliação do número de safras avaliadas, o aumento na disponibilidade temporal de produtos de sensoriamento remoto e a coleta de dados auxiliares

de campo podem proporcionar maior acurácia na identificação das áreas cultivadas com cebola em regime de agricultura familiar.

Agradecimentos

Os autores expressam seu agradecimento aos revisores anônimos pelas contribuições para a melhoria da qualidade do manuscrito original.

Referências

BOEING, G. **Fatores que afetam a qualidade da cebola na agricultura familiar catarinense**. Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2002. 80 p.

BRASIL. **Lei Nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da política nacional da agricultura familiar e empreendimentos familiares rurais. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11326.htm. Acesso em: 13 fev. 2022.

CECHIM JUNIOR, C.; JOHANN, J.A.; ANTUNES, J.F.G. Mapping of sugarcane crop area in the Paraná State using Landsat/TM/OLI and IRS/LISS-3 images. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.6, p.427-432, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF: Conab. v.9, safra 2021/22, n.1 primeiro levantamento, outubro 2021.

DALLA BETTA, M.M.; TRABACQUINI, K.; ELIAS, H.T.; SILVA, M.S. da. Mapeamento da soja por meio de imagens Landsat e Sentinel-2 nos municípios de Lages e Capão Alto em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.5, n.2, p.68-73, 2022.

EBERHARDT, I.D.R.; RIZZI, R.; RISSO, J.; FERNANDES, S.L.; BERNARDY, R. Mapeamento da área de cana-de-açúcar em Porto Xavier por meio de imagens Landsat. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba, 2011. p. 0299.

EPAGRI. **Sistema de produção para a cebola**. 4a. Rev. Florianópolis, SC, 2013. 106p. (Epagri. Sistemas de Produção, 46).

EPAGRI. **Epagri avança para o final do mapeamento da maçã no Estado de Santa Catarina através de imagens de satélite**. 2021. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/2021/07/07/epagri-avanca-para-o-final-do-mapeamento-da-maca-no-estado-de-santa-catarina-atraves-de-imagens-de-satelite/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

ESA. The European Space Agency. **Sentinel Online**. Disponível em: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/home>. Acesso em: 10 out. 2021.

IBGE. **Pesquisas Agropecuárias**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2018. 111p. (Relatórios Metodológicos).

IBGE. **Censo Agropecuário: resultados definitivos 2017**. Rio de Janeiro, v.8, p.1-105, 2019.

IBGE. **Banco de Dados Agregados**. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2021a.

IBGE. **Malha Municipal Digital da Divisão Político-Administrativa Brasileira**. 2021b.

INFOAGRO. **Sistema Integrado de Informações Agropecuárias**. 2022. Disponível em: <https://www.infoagro.sc.gov.br/index.php/safra/producao-vegetal>. Acesso em: 20 jan. 2022.

JUNGES, A.H.; FONTANA, D.C.; PINTO, D.G. Identification of croplands of winter cereals in Rio Grande do Sul State, Brazil, through unsupervised classification of normalized difference vegetation index images. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.33, n.4, p.883-895, 2013.

MERCANTE, E.; de LIMA, L.E.P.; JUSTINA, D.D.D.; URIBE-OPAZO, M.A.; LAMPARELLI, R.A.C. Detection of soybean planted areas through orbital images based on culture spectral dynamics. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.5, p.920-931, 2012.

MINGOTI, R.; HOLLER, W.A.; SPADOTTO, C.A.; LOPES, V.A.V.; BRASCO, M.A. **Metodo-**

logia de análise crítica de dados estatísticos históricos sobre produção agropecuária. Campinas, SP, Embrapa Gestão Territorial, 2014. 25 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

PALUDO, A.; BECKER, W.R.; RICHETTI, J.; SILVA, L.C. de A.; JOHANN, J.A. Mapping summer soybean and corn with remote sensing on Google Earth Engine cloud computing in Parana state - Brazil. **International Journal of Digital Earth**, v.13, n.12, p.1624-1636, 2020.

PANIZZA, A. de C.; FONSECA, F.P. Técnicas de interpretação visual de imagens. **Geosp – Espaço e Tempo**, n. 30, p. 30-43, 2011.

PINO, F.A. Estatísticas agrícolas para o século XXI. **Agricultura em São Paulo**, v. 46, n. 2, p.71-105, 1999.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa da área de soja no Rio Grande do Sul por meio de imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, n.3, p.226-234, 2005.

SEGARRA, J.; BUCHAILLOT, M.L.; ARAUS, J.L.; KEFAUVER, S.C. Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. **Agronomy**, v.10, n.641, 2020.

SICAR. **Sistema de Cadastro Ambiental Rural v3.0.0**. Disponível em: <https://www.car.gov.br/#/>. Acesso em: 19 fev. 2022.

TEN CATEN, A.; SAFANELLI, J.L.; RUIZ, L.F.C. Mapeamento multitemporal da cobertura da terra, por meio de árvore de decisão, na bacia hidrográfica do rio Marombas, SC. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.35, n.6, p.1198-1209, 2015.

USGS. United States Geological Survey. **The Earth Explorer (EE) user interface**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 out. 2021.

YANG, B.; CAO, C.; XING, Y.; LI, X. Automatic classification of remote sensing images using multiple classifier systems. **Mathematical Problems in Engineering**, v.2015, ID 954086, 10p., 2015.