

APLICAÇÃO DE IMAGENS DO CBERS 04A PARA O MAPEAMENTO DE EDIFICAÇÕES EM ÁREAS PROTEGIDAS NO MUNICÍPIO DE OURO PRETO, MINAS GERAIS

Vinicius Lima Guimarães^{1, x}, Lussandra Martins Gianasi¹, Helder Lages Jardim¹
(¹Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Av. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte, Minas Gerais, 31270-901, Brasil; ^xAutor de correspondência: viniciusl.geo@gmail.com)

INTRODUÇÃO

A apropriação da terra nos municípios brasileiros tem como característica marcante a existência de edificações em áreas protegidas (Pioli & Rossin 2006), entendendo como edificação qualquer obra coberta que abriga atividades humanas, excluindo outros usos urbanos como arruamentos, áreas pavimentadas, barragens, usinas, pontes, e quaisquer outras estruturas. Isto é um reflexo de processos complexos, como estruturas econômicas historicamente desiguais, o crescimento populacional desordenado, a negligência do Estado, e o protagonismo dos interesses mercadológicos no planejamento territorial (Treuke 2018, Santos *et al.* 2017, Carvalho & Pereira 2007, Pioli & Rossin 2006).

No município de Ouro Preto, Minas Gerais, a consolidação deste tipo de ocupação ocorre em áreas ambientalmente frágeis (Oliveira 2010), em que a intervenção desordenada pode comprometer os recursos naturais, provocar desastres, destruir a biodiversidade, alterar a hidrologia e desencadear mudanças nas características de relevo, vegetação e solo (De Rodrigues & De Faria 2009, Silva *et al.* 2008, Santos 2015).

Desta forma, existe a necessidade de compreender onde no município ocorre este tipo de ocupação, analisando as áreas em que os entes federativos e seus dispositivos legais proíbem a presença de edificações, ou criam restrições para sua existência.

Neste sentido, tal trabalho procurou utilizar as imagens de alta resolução espacial da câmera WPM, a bordo do satélite orbital CBERS 04A, além de técnicas de Processamento Digital de Imagens e ferramentas de Geoprocessamento, para identificar edifícios em áreas protegidas legalmente no município de Ouro Preto.

MATERIAL E MÉTODOS

Pelo acesso aos dados públicos da Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-SISEMA 2022), foram adquiridas as áreas de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) e de Unidades de Conservação (UC).

As áreas protegidas pela Lei municipal de parcelamento, ocupação e uso do solo de nº 93, de 20 de janeiro de 2011, foram vetorizadas a partir do georreferenciamento das cartas de zoneamento, anexadas a este dispositivo legal (Preto 2011).

Criou-se uma rede de drenagem a partir do Modelo Digital de Elevação ALOS PALSAR (JAXA/METI 2022), posteriormente corrigida na escala de 1:5.000 por interpretação visual de imagens públicas da Google (Google 2022). Este processo permitiu a geração das Áreas de Preservação Permanente (APP) nos cursos d'água perenes e nas áreas de nascentes do município, conforme os limites apresentados no Código Florestal (Brasil 2012). O Modelo Digital de Elevação também foi utilizado para delimitar as áreas de APP com declividade superior a 45°.

Foram adquiridas na plataforma do DGI/INPE (INPE 2022) imagens do satélite CBERS 04A ortorretificadas, com coberturas de nuvens inferiores a 10%, entre 20/07/2021 a

25/08/2021, para a região. Criou-se um mosaico R4G3B2 com as bandas multiespectrais de tais imagens.

Tal mosaico passou por fusão com a banda pancromática de resolução espacial de 2 metros, pelo método IHS (Al-Wassai *et al.* 2011). Este mosaico possibilitou a criação dos espelhos d'água dos reservatórios de Ouro Preto, utilizados como base para definição das APP's de 30m em seu entorno.

Este mesmo mosaico foi utilizado para realização da classificação supervisionada das áreas edificadas, compreendidas enquanto locais com construções. O método utilizado para classificação foi o Modelo de Mistura Gaussiano (Lagrange *et al.* 2017) pelo software QGis 3.16, tendo como base 638 amostras. A classificação passou por vetorização e correção manual na escala de 1:5.000.

Tendo como verdade de campo 2000 pontos selecionados aleatoriamente para amostragem estratificada, tabelou-se a matriz de confusão entre as classes de "Área Edificada", entendidas como obras cobertas, e "Outros Usos", compreendidos enquanto qualquer outro uso que não fosse obras cobertas, e calculou-se a Acurácia Global, a Acurácia do Produtor, a Acurácia do Usuário, e o Coeficiente Kappa (Story & Congalton 1986, Cohen 1960).

Por fim, verificou-se a existência de edificações em áreas proibidas ou restritas, de acordo com os limites legalmente instituídos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na compilação de todas as áreas protegidas foi possível observar que o município de Ouro Preto conta com um total de 813,52 km² de área protegidas legalmente, o que representa 65,29% de seu território, com 1.245,87 km². Em 56,67% do total de área protegida, há proibição para existência de edificações, e em 43,33% há restrição.

Assim, é possível afirmar que o município de Ouro Preto tem a proteção ambiental legalmente instituída como uma de suas características centrais, e que para compreender os potenciais impactos causados pelo seu processo de ocupação, é necessário considerar isto.

Do total de 529,97 km² com proibição de existência de edificações, 47,58% pertencem à Unidades de Conservação Estaduais, 34,51% são de Áreas de Preservação Permanente, 11,03% de áreas delimitadas pelo zoneamento municipal, 5,7% de Unidades de Conservação Federais, 1,05% de Unidades de Conservação Municipais, e 0,10% de Reservas Particulares do Patrimônio Natural. Entende-se, assim, que as Unidades de Conservação Estaduais, e as Áreas de Preservação Permanente apresentam fundamental importância para proteção ambiental do município, sendo no atual cenário os instrumentos proibitivos de maior relevância para os processos de gestão ambiental, e ordenamento do uso e ocupação do solo.

Da área com 283,55 km² em que há restrição para existência de edificações, 65,6% pertence à Unidades de Conservação Estaduais, 30,89% são de áreas instituídas pelo zoneamento municipal, 2,47% são de Unidades de Conservação Municipal, 0,6% de Reservas Particulares do Patrimônio Natural, e 0,44% são de Unidades de Conservação Federais. Neste sentido, as áreas instituídas pelo zoneamento municipal são apresentadas enquanto um instrumento com maior direcionamento para o uso sustentável dos recursos presentes no município, sem adotar um caráter proibitivo para o ordenamento territorial.

A **Figura 1** apresenta a extensão dos diferentes tipos de área protegida no município de Ouro Preto.

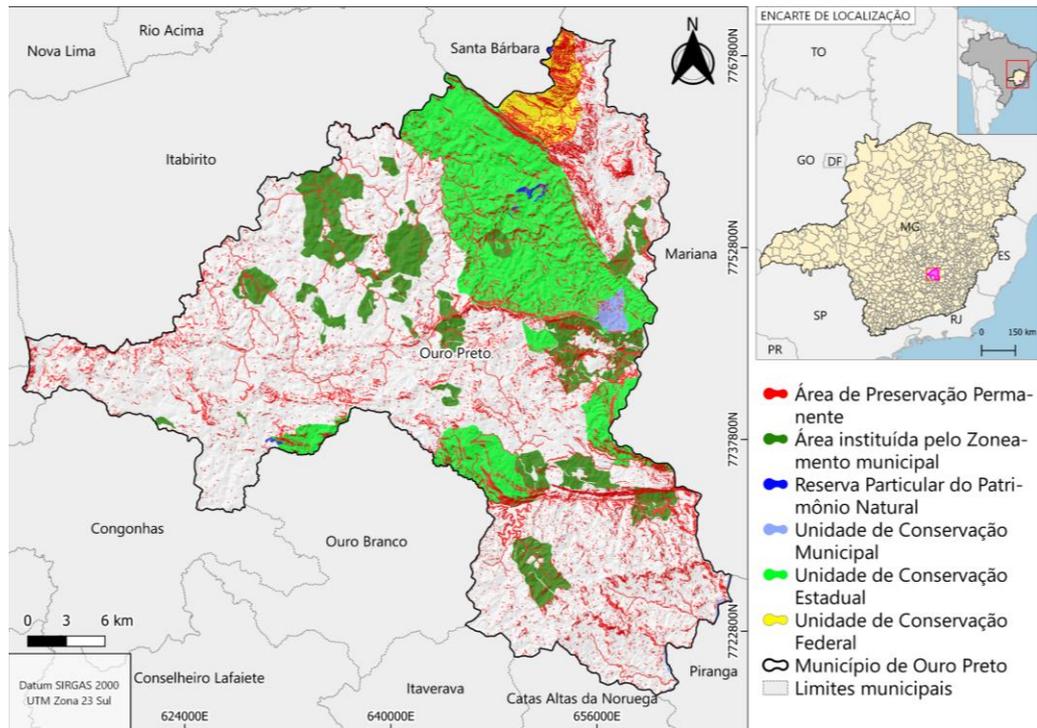


Figura 1 - Mapa das áreas de proteção no município de Ouro Preto, Minas Gerais.

A delimitação adicional das Áreas de Preservação Permanente, e das áreas de proteção instituídas pelo zoneamento municipal, foi responsável por um aumento de 328,92 km² no total de áreas protegidas no município de Ouro Preto. Esta área representa 26,40% do território municipal e 40,43% das áreas protegidas, o que faz com que sua delimitação seja fundamental para identificação dos locais legalmente protegidos, e com que a utilização exclusiva de dados públicos seja insuficiente para tal definição.

É importante compreender, no entanto, que a sociedade é responsável por criar um mundo objetivo (Carlos 2020), e que a efetividade de tais instrumentos de ordenamento territorial dependerão dos elementos políticos, econômicos, técnicos e culturais que compõem a totalidade social, e que são reproduzidos concretamente no espaço (Santos 1992). Assim, o fato do município ter áreas protegidas legalmente, não necessariamente irá refletir na proteção efetiva destas, considerando o processo de construção do espaço geográfico.

Entende-se ainda que, com a utilização de um Modelo Digital de Terreno (MDT) com alta resolução, o processo de definição das Áreas de Preservação Permanente poderia ser otimizado e mais preciso, sendo este um elemento com possibilidade de melhoria dos resultados apresentados neste trabalho. Assim, a qualidade das técnicas para definição das áreas legalmente protegidas influenciam diretamente na qualidade da representação do espaço geográfico real, e na averiguação do cumprimento dos instrumentos de ordenamento territorial.

A classificação supervisionada pelo Modelo de Mistura Gaussiano, feita a partir de 638 amostras do mosaico R4G3B2 do CBERS 04A fusionado com a banda pancromática (**Figura 2**), após passar por correção de sua versão vetorizada em escala de 1:5.000, apresentou a matriz de confusão presente na **Tabela 1**, tendo como verdade de campo 2.000 pontos selecionados aleatoriamente.

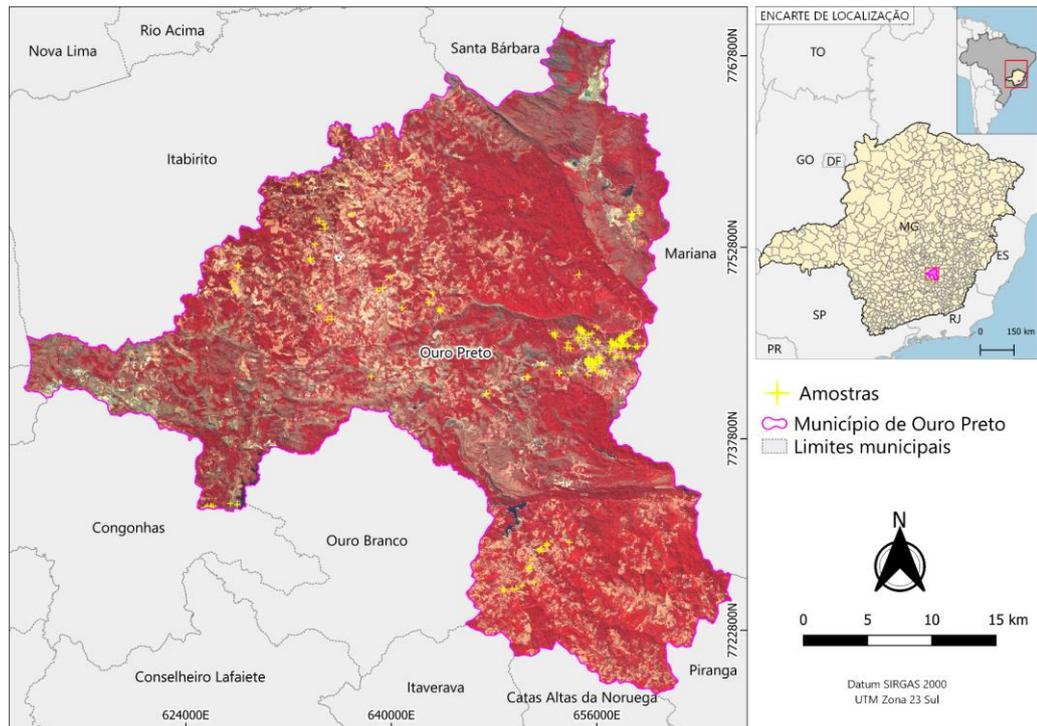


Figura 2 - Composição R4G3B2 do satélite CBERS 04A fusionada com a banda pancromática e localização das amostras para classificação.

Tabela 1 - Matriz de confusão entre as classes.

		Valor real		Total
		Área Edificada	Outros Usos	
Valor esperado	Área Edificada	981	19	1000
	Outros Usos	2	998	1000
Total		983	1017	2000

Assim, a Acurácia Global da classificação ficou em 98,95%, a Acurácia do Produtor em 99,79%, a Acurácia do Usuário em 98,1%, e o Coeficiente Kappa em 97,9%. Compreende-se que a alta acurácia apontada na classificação das áreas edificadas advém do método empregado que, embora oneroso e com possibilidade de erros subjetivos, criou uma representação assertiva da realidade da ocupação no município de Ouro Preto. Este resultado reafirma também o alto potencial de utilização do CBERS 04A para gestão ambiental e proteção de áreas ambientalmente frágeis.

Foram identificados 4,77 km² de área edificada, o que corresponde a 0,38% de toda extensão do município. Deste total de áreas edificadas, 44,88% encontra-se em extensões com restrição à existência de edificações, enquanto 6,33% está em áreas onde há proibição à existência de edificações. A **Figura 3** apresenta a extensão das áreas edificadas, no município de Ouro Preto.

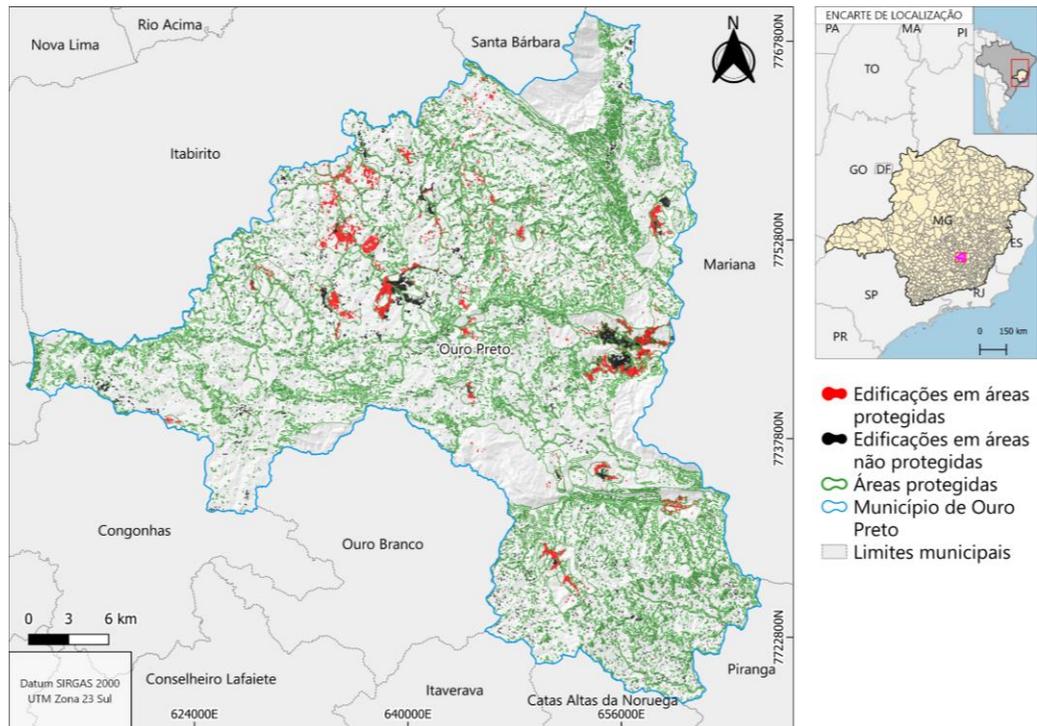


Figura 3 – Mapa de distribuição das áreas edificadas, no município de Ouro Preto, Minas Gerais.

A **Tabela 2** apresenta o percentual de área edificada por tipo de área protegida, em relação ao total da área protegida.

Tabela 2 – Percentual de área edificada por tipo de área protegida, em relação ao total de área protegida.

Tipo de área protegida	Percentual de área edificada (%)		Total
	Em área proibida	Em área restrita	
APP	0,103		0,103
Instituída pelo Zoneamento Municipal	0,112	2,393	2,505
RPPN		0,007	0,007
UC Municipal	0,021	0,029	0,050
UC Estadual	0,002	0,070	0,072
UC Federal	0,0002		0,0002

Destaca-se a inexistência de edificações em Reservas Particulares de Patrimônio Natural de tipo proibido e em Unidades de Conservação Federal de tipo restrito, apontando para preservação destas.

Embora o percentual de área protegida ocupada seja baixo no município, o fato de mais da metade de sua extensão estar protegida aponta a necessidade de constante verificação da existência não só de edificações, mas também de outros usos com potencial de causar impactos ambientais em tais áreas. Assim, é possível afirmar que há um alto percentual de áreas protegidas no município de Ouro Preto, e uma baixa existência de áreas edificadas.

Este quadro, no entanto, pode mudar, à medida que a os agentes públicos, responsáveis pela gestão ambiental no município enrijeça ou embrandeça a fiscalização e o cumprimento das diretrizes estabelecidas pelos instrumentos de ordenamento territorial.

O município também apresenta restrições a outros tipos de uso do solo em áreas protegidas, não analisadas diretamente neste trabalho, e que podem ser discutidas a partir dos resultados apresentados.

CONCLUSÃO

Os resultados apontaram para um alto percentual de áreas protegidas e uma baixa existência de áreas edificadas no município de Ouro Preto, bem como para uma baixa extensão de ocupações em áreas restritas ou proibidas.

Compreende-se que os dados produzidos podem subsidiar futuros trabalhos, no que diz respeito à evolução da distribuição de edificações na área de estudo, à aplicabilidade de imagens do CBERS 04A para este quesito em outros locais, e ao entendimento da extensão das ocupações em áreas ambientalmente frágeis em Ouro Preto.

Entende-se que é de responsabilidade dos agentes gestores e fiscalizadores a ação nas áreas proibidas ou restritas em que há edificações no município, e espera-se que os resultados obtidos neste trabalho possam auxiliar neste sentido.

REFERÊNCIAS

- Al-Wassai A, Kalyankar NV, Al-Zuky AA (2011) The IHS transformations based image fusion. *International Journal of Advanced Research in Computer Science* 2: 1 Disponível: <https://arxiv.org/abs/1107.4396>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Brasil (2012) Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acessado em 13 de janeiro de 2022.
- Carlos AFA (2020) Henri Lefebvre: o espaço, a cidade e o “direito à cidade”. *Revista Direito e Práxis* 11: 1 Disponível: <https://doi.org/10.1590/2179-8966/2020/48199>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Carvalho MM, Pereira GC (2007) Dinâmica metropolitana e segregação socioespacial. *Caderno CRH* 20: 50 Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0103-49792007000200006>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Cohen JA (1960) A coefficient of agreement of nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20: 1 Disponível: <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- De Rodrigues NM, De Faria ALL (2009) UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS SIG NA ÁREA URBANA: OCUPAÇÃO ILEGAL DE UM TRECHO DO RIBEIRÃO SÃO BARTOLOMEU-VIÇOSA (MG). *Revista Geográfica Acadêmica* 3: 1 Disponível:

- <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2009/vol3/no1/4.pdf>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Google (2022) Maxar Technologies Image 2022.
- IDE-SISEMA. <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acessado em 11 de julho 2022.
- INPE. <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Acessado em 15 de janeiro 2022.
- JAXA/METI. <https://asf.alaska.edu>. Acessado em 11 de julho 2022.
- Lagrange A, Fauvel M, Grizonnet M (2017) Large-scale feature selection with Gaussian mixture models for the classification of high dimensional remote sensing images. *IEEE Transactions on Computational Imaging* 3: 2 Disponível: <https://doi.org/10.1109/TCI.2017.2666551>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Oliveira LD (2010) Ocupação urbana de Ouro Preto de 1950 a 2004 e atuais tendências. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2263>. Acessado em 12 de dezembro de 2021.
- Pioli MSB, Rossin AC (2006) O meio ambiente e a ocupação irregular do espaço urbano. *Brazilian Journal of Environmental Sciences* 3: 1 Disponível: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCCIAMB/article/view/481. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Preto O (2011) Lei Complementar Nº 93 de 20 de janeiro de 2011. Ouro Preto. Disponível: https://ouropreto.mg.gov.br/static/arquivos/menus_areas/lei-complementar-93-parcelamento-uso-e-ocupa-o-do-solo.pdf?dc=9433. Acesso em 12 de dezembro de 2021.
- Santos AP, Polidori MC, Peres OM, Saraiva MV (2017) O lugar dos pobres nas cidades: exploração teórica sobre periferização e pobreza na produção do espaço urbano Latino-Americano. *Revista Brasileira de Gestão Urbana* 9: 3 Disponível: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.003.AO04>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Santos M (1992) 1992: a redescoberta da Natureza. *Estudos Avançados* 6: 14 Disponível: <https://doi.org/10.1590/S0103-40141992000100007>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Santos OJ (2015) Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. *Mercator* 14: 2 Disponível: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0005>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Silva A, Neves SMAS, Neves RJ (2008) Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da erosão marginal do Rio Paraguai: bairro São Miguel em Cáceres/MT-Brasil. *Revista Geográfica Acadêmica* 2: 3 Disponível: <https://biblat.unam.mx/hevila/Revistageograficaacademica/2008/vol2/no3/2.pdf>. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Story M, Congalton RG (1986) Accuracy assessment: A user's perspective. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 52: 1 Disponível: https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1986journal/mar/1986_mar_397-399.pdf. Acessado em 26 de novembro de 2022.
- Treuke S (2018) A reprodução das desigualdades socioeconômicas na vizinhança: examinando a dimensão espacial da pobreza. *Revista Colombiana de Sociología* 41: 2 Disponível: <https://doi.org/10.15446/rcs.v41n2.63504>. Acessado em 26 de novembro de 2022.