



## Sensoriamento remoto aplicado na sustentabilidade ambiental e sua relação com os ODS visando a gestão dos resíduos sólidos: uma revisão

*Remote sensing applied to environmental sustainability and its relationship with the SDGs for solid waste management: a review*

Joara de Oliveira Cardoso Pimentel <sup>\*1</sup> ; Jiam Pires Frigo <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

Recebido (Received): 23/10/2023

<sup>2</sup>Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), Foz do Iguaçu, PR, Brasil.

Aceito (Accepted): 14/02/2025

E-mail: jiam.frigo@unila.edu.br

\*Email para correspondência: joaracpimentel@gmail.com

**Resumo:** A compreensão entre interação humana com o território é evidenciado pelos potenciais impactos gerados ao meio ambiente. Tal fato corrobora para a modificação do traçado urbano ao mesmo tempo em que diversos resíduos e a poluição local ficam evidentes. Nesse artigo, apresenta-se uma revisão sistemática sobre a temática, identificando as principais tendências do sensoriamento remoto (SR) no que diz respeito à gestão dos resíduos sólidos urbano (RSU) e sua influência nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), explorando as principais lacunas existentes e indicando os direcionamentos para estudos futuros. A metodologia se baseou em uma abordagem quantitativa de natureza exploratória, sendo fundamentada na Teoria do Enfoque Meta-Analítico (TEMAC), compreendendo três etapas distintas (preparação; apresentação e inter-relação; e detalhamento/validation), guiando assim a coleta e análise de dados. O estudo mostra que o SR pode desempenhar um papel significativo para o monitoramento dos riscos enquanto que possibilita evidenciar a degradação ambiental, ajudando a traçar um panorama espacial destas problemáticas. Esse tipo de dado, por sua vez, pode ser usado para implementar soluções futuras visando à mitigação desses danos. Além disso, a relação estabelecida entre o SR e os ODS são demonstradas em 25,96% dos indicadores, enfatizando um enorme campo ainda a ser explorado por meio das técnicas de geoprocessamento. Assim, este artigo traz à luz do debate uma visão sobre a importância do SR na gestão sustentável do RSU, contribuindo para o desenvolvimento de soluções e estratégias em consonância com os ODS.

**Palavras-chave:** Monitoramento; Planejamento urbano; Gerenciamento.

**Abstract:** The understanding of human interaction with the territory is evidence by the potential impacts generated on the environment. This corroborates the modification of the urban layout, while at the same time waste and local pollution become evident. This article presents a systematic review of the subject, identifying the main trends in remote sensing (RS) with regard to urban solid waste (MSW) management and its influence on the Sustainable Development Goals (SDGs), exploring the main existing gaps and indicating directions for future studies. The methodology was based on a quantitative approach of an exploratory nature, based on the Theory of the Meta-Analytical Approach (TEMAC), comprising three distinct stages (preparation; presentation and interrelationship; and detailing/validation), thus guiding data collection and analysis. The study shows that RS can play a significant role in monitoring risks while making it possible to highlight environmental degradation, helping to draw up a spatial overview of these problems. This type of data, in turn, can be used to implement future solutions aimed at mitigating this damage. In addition, the relationship established between the RS and the SDGs is demonstrated in 25.96% of the indicators, emphasizing a huge field still to be explored through geoprocessing techniques. Thus, this article brings to light a vision of the importance of SR in the sustainable management of MSW, contributing to the development of solutions and strategies in line with the SDGs.

**Keywords:** Monitoring; Urban planning; Management.

## 1. Introdução

Atualmente, os impactos ambientais causados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são uma fonte de preocupação pública (ESPOSITO; MATANO; SACCHI, 2018). Tal processo ocorre simultaneamente a transformações do território sendo demonstrado por uma expansão urbana, na qual se destaca o desequilíbrio entre a relação do crescimento populacional e a expansão física do espaço urbanizado (SOUZA *et al.* 2023).

Conforme o Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Santa Catarina (CAU/SC, 2023), considerando que mais de 80% da população brasileira vive em cidades, é imprescindível que o espaço urbano seja planejado, de modo que proporcione qualidade de vida para seus habitantes. Desta maneira, o aumento não planejado da população enfatiza diversos problemas, como o crescimento urbano desordenado, degradação dos recursos ambientais e sociais, crescente produção do RSU no território, entre outros (KARABULUT *et al.* 2021). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2022), no Brasil, cerca de 81,8 milhões de toneladas desse resíduo foram produzidos no ano de 2022, totalizando 381 kg/hab/ano.

Sob essa perspectiva, ressalta-se a importância das políticas desenvolvidas para mitigar os problemas atribuídos a disposição irregular de resíduos no traçado urbano. Diante disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi instituída no Brasil em 2010, estabelecendo diretrizes para o correto manejo e gerenciamento do RSU, atribuindo as respectivas responsabilidades, metas e ações que promovam a prevenção e a precaução dos impactos que este possa gerar a saúde pública.

Torna-se fundamental implementar no traçado urbano dos territórios soluções mais inclusivas e seguras, visando o desenvolvimento de cidades sustentáveis e resilientes, tendo seu planejamento em prol dos indivíduos que as habitam. Para tal, a compreensão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e como os mesmos vem sendo utilizados em prol do planejamento e gestão sustentável das cidades é crucial.

Sob essa perspectiva, o artigo propõe uma revisão sistemática, dos métodos e aplicações das ferramentas de Sensoriamento Remoto (SR) e Inteligência Artificial (IA) usados na identificação do descarte irregular e na gestão do RSU, elencando os principais desafios existentes e simultaneamente explorando direcionamentos de pesquisas voltadas ao tema em questão, na intenção de relacionar o processo de urbanização das cidades e o cumprimento dos ODS atrelados ao planejamento urbano.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizado uma abordagem quantitativa do tipo exploratória, utilizando a Teoria do Enfoque Meta Analítico Consolidado - TEMAC (MARIANO, SANTOS; 2017), que é composta por três etapas: preparação de pesquisa; apresentação e interrelação de dados; detalhamento, modelo integrador e validação por evidências.

Neste âmbito, o estudo em questão se organiza da seguinte forma: a seção 2 indica os materiais e métodos utilizados para o levantamento dos artigos existentes sobre a temática através de uma revisão sistemática. A seção 3 aborda como o SR e as ferramentas de geoprocessamento foram aplicados nos 68 artigos selecionados. A seção 4 analisa a relação dos mesmos com o cumprimento dos ODS. A seção 5 resume os desafios e os futuros direcionamentos sobre o tema e conclui essa revisão.

## 2. Materiais e métodos

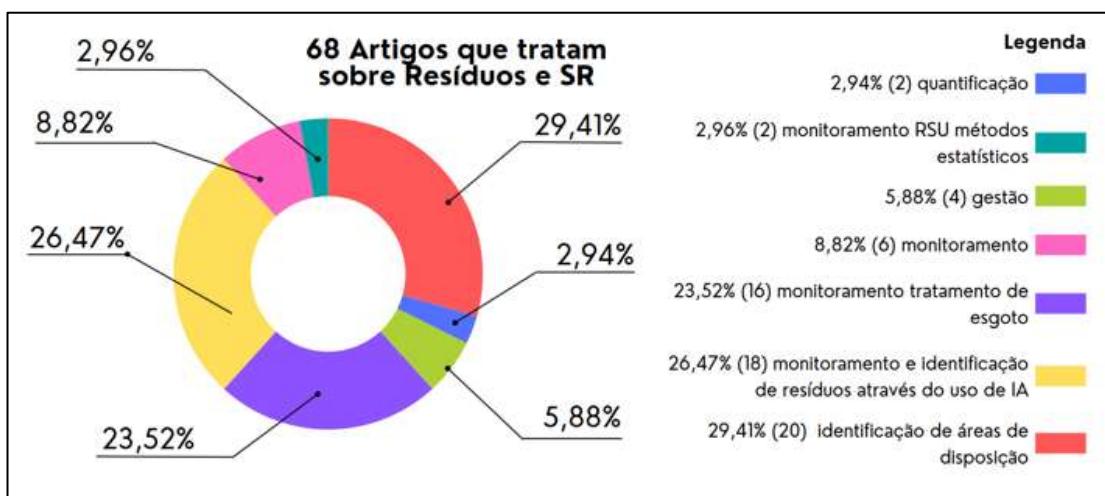
A pesquisa bibliográfica apresentada buscou descrever os avanços obtidos nos estudos realizados anteriormente, elencando as lacunas existentes sobre a temática. Para tal, utilizou-se a base de dados Web of Science, seguindo os respectivos critérios de busca:

- Palavras-chave: “waste urban” e “remote sensing”, com o conectivo AND;
- Selecionou-se artigos pelas respectivas categorias da Web of Science: Environmental Sciences, Remote Sensing, Geosciences Multidisciplinary, Imaging Science Photographic Technology, Engineering Environmental, Geography Physical, Green Sustainable Science Technology, Environmental Studies, Ecology, Public Environmental Occupation Health, Region Urban Planning, Computer Science Information Systems, Multidisciplinary Systems, Computer Science Interdisciplinary Applications, Materials Science Multidisciplinary, Soil Science, Optics, Computer Science Theory Methods, Developmnet Studies, Humanities Multidisciplinary, Geography, Urban Studies, Engineering Multidisciplinary, Specctroscopy, Biodiversity Conservation, Engineering Civil, Social Sciences Interdisciplinary;

- Selecionou-se o tipo de documento: artigo e artigo de revisão.

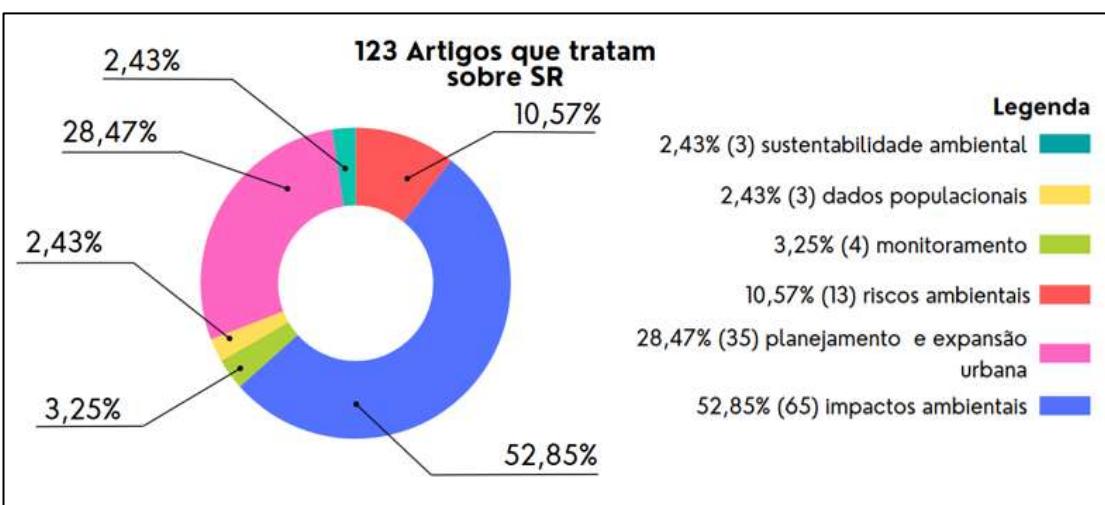
Por meio destes critérios, foram identificados 231 artigos, os quais tem como conteúdo principal a busca da sustentabilidade ambiental, desse modo os autores ao abordar tal assunto, revelam uma forte conexão com cumprimento dos ODS, destacando a busca de alternativas para alcançar cidades e comunidades mais sustentáveis; corroborar com ações que tem como propósito o acesso a água limpa, saneamento básico, consumo e produção mais responsáveis; proteger a vida embaixo da água e mitigar os impactos climáticos. Logo, entre estes artigos, evidencia-se que 82,68% (191) utilizam ferramentas de geoprocessamento e SR para o desenvolvimento da pesquisa e 17,32% (40) não utilizam as mesmas.

A temática resíduos foi tratada em 35,60% (68) dos artigos, onde 29,41% (20) destes buscam reconhecer áreas de disposição, 2,94% (2) abordam sobre a quantificação do RSU, 5,88% (4) discutem sobre a gestão, 23,52% (16) analisam áreas para implementação de aterros e estação de tratamento de esgoto, 26,47% (18) utilizam IA para identificação e monitoramento destes resíduos concomitantemente 8,82% (6) utilizam somente para o monitoramento; por fim 2,96% (2) dos artigos fazem o monitoramento de RSU por métodos estatísticos (**Figura 1**).



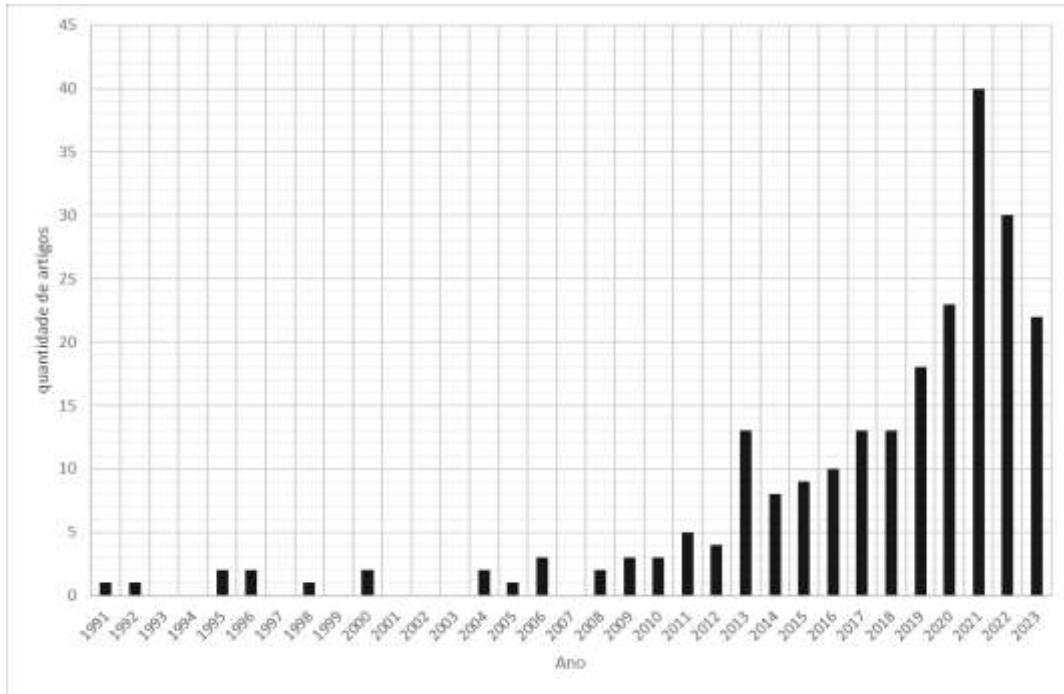
**Figura 1:** 68 artigos que tratam sobre Resíduos e SR. Elaboração: Autores (2023).

Além disso (**Figura 2**), 64,40% (123) que utilizam somente o SR, 10,57% (13) destes artigos abordam os riscos ambientais associados a utilização do solo e da água, 52,85% (65) discutem os impactos ambientais causados na poluição do solo, água, ar e pela iluminação noturna das cidades. Ao mesmo tempo 3,25 % (4) dos artigos realizam o monitoramento do solo, ecossistemas e impactos na saúde da população, 2,43% (3) analisam dados populacionais, 28,47% (35) trazem para o enfoque as ferramentas de SR sendo aplicadas a análise da expansão urbana e consequentemente a utilização das mesmas no planejamento urbano. Enfim, 2,43% (3) dos artigos analisam a sustentabilidade ambiental aplicado ao território.



**Figura 2:** 123 artigos que tratam sobre SR. Elaboração: Autores (2023).

Ademais, os 40 artigos que não utilizam as ferramentas de SR tratam temáticas como tratamento de resíduos (3), impactos ambientais por poluição (32) e dados referente a monitoramento da saúde populacional (5). Vale ressaltar que os 231 trabalhos foram publicados entre 1991 a 2023, onde 17,31% (40) foram publicados em 2021, seguido de 12,98% (30) em 2022 e 9,95% (23) em 2020. Destaca-se ainda a possibilidade do ano de 2023 passar o número de publicações do ano de 2020, visto que a pesquisa foi realizada entre Março/2023 e Julho/2023 (**Figura 3**).



**Figura 3:** Quantidade de artigos produzidos por ano. Elaboração: Autores (2023).

Nota-se o rápido crescimento das publicações ao longo dos anos indicando o crescimento do uso de tecnologias como a IA, o SR e o uso de veículos não tripulados na obtenção de dados sobre a busca da sustentabilidade na infraestrutura das cidades (TORRES; FRATERNALI, 2021).

Ao relacionar o número de publicações com a localização de onde foram desenvolvidas, possibilitando a observação de onde o estudo sobre a temática em questão estão mais avançados. Sendo assim, foi realizado uma mancha de calor com o software *VOSviewer* (versão 1.6.19) para compreender as relações entre os países que mais publicam.

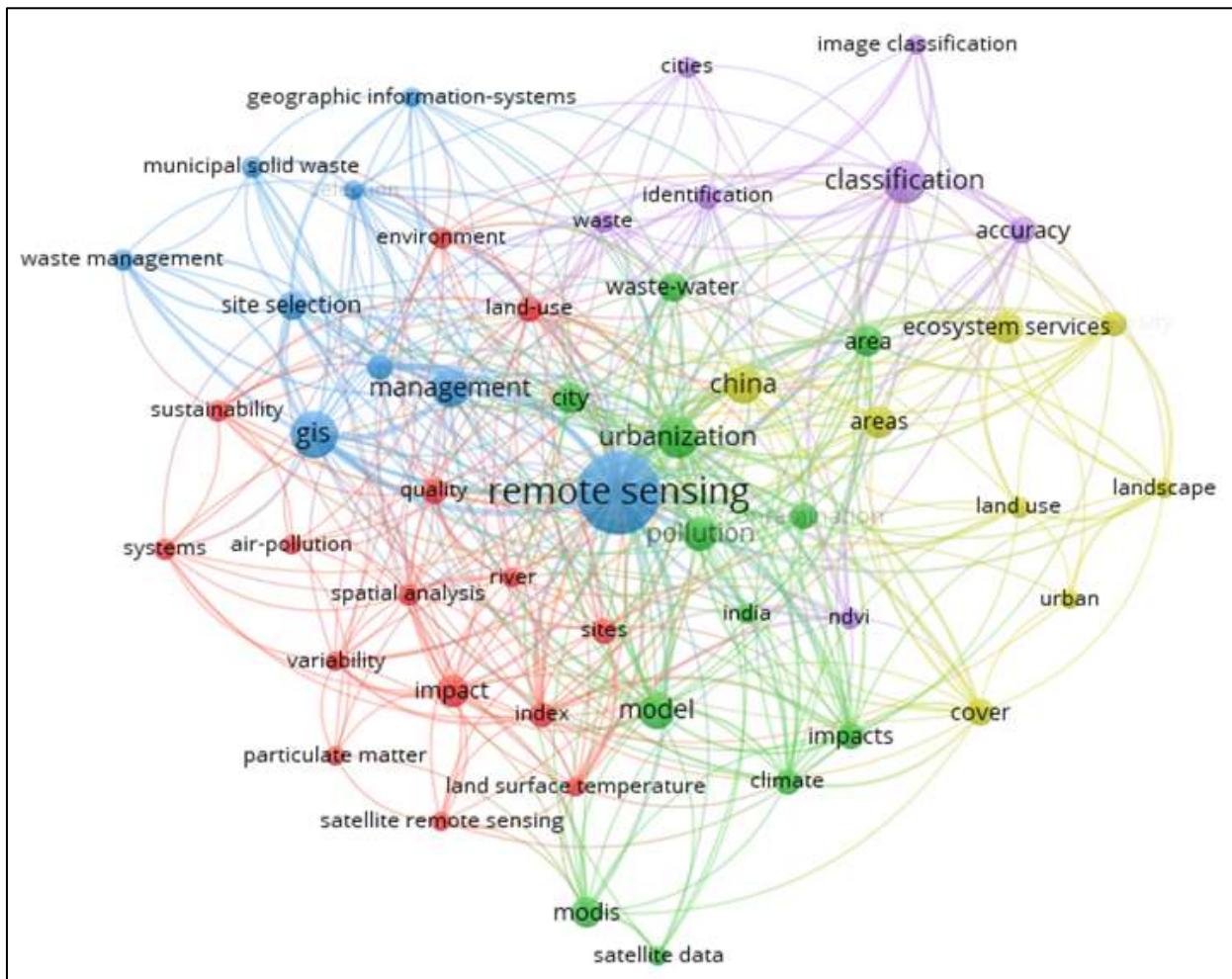
Com da análise da **Figura 4**, é possível apontar que a formação de agrupamentos indicam maior proximidade das publicações dos países em questão, logo, a cor vermelha evidencia que os países Brasil, Estados Unidos, Índia, Austrália, Paquistão e Egito tem maiores relações entre suas publicações, apontando a formação de alianças regionais estratégicas para o desenvolvimento da pesquisa em questão (SANTOS; QUADROS, 2024); consequentemente a cor azul indica uma relação análoga entre Inglaterra, Itália e Canadá; a cor verde relaciona a China, Japão, Espanha e Holanda; o amarelo associa a Alemanha e Dinamarca; e pôr fim a cor roxa indica que a Turquia tem suas publicações independentes de outros países.

Paralelamente, outras relações podem ser estabelecidas com a análise da proximidade das manchas de calor, por exemplo: a proximidade das manchas revela padrões de colaboração entre os países no desenvolvimento da pesquisa científica, desta forma, quanto maior for esta coparticipação, mais próximas e densas são as manchas, revelando o volume e a intensidade de interação entre as pesquisas desenvolvidas em seus respectivos países (SANTOS; QUADROS, 2024). Portanto, há a maior probabilidade de se desenvolver estudos entre Alemanha, Itália e Holanda, do que entre Alemanha e Paquistão ou Estados Unidos; o Japão tende a publicar pesquisas com a China do que com a Austrália; a Inglaterra tem maior possibilidade de desenvolver estudos com a Índia, Canadá e Itália do que com a Espanha; e assim por diante.

A **Figura 5** mostra a ocorrência das palavras-chave, em forma de nuvem de palavras, a qual foi criada com o auxílio do software *VOSviewer*, propiciando a visualização dos 51 termos principais, de acordo com sua frequência na literatura e a relação que estabelecem entre os demais artigos.



**Figura 4:** Relação entre os países que tem mais publicações. Elaboração: Autores (2023).



**Figura 5:** Palavras-chave com maior frequência na pesquisa realizada. Elaboração: Autores (2023).

Observa-se que as principais palavras-chave são destacadas pelo tamanho da fonte, o qual é proporcional a relevância do termo, formando uma escala gradual que reflete diretamente à sua frequência. Além disso, é importante mencionar os tamanhos dos círculos e as espessuras das linhas que conectam as

palavras. Os círculos destacam a frequência, enquanto as linhas demonstram a proximidade e a relação entre as expressões (SONG, WU; 2021).

De acordo com as atribuições realizadas pelo software *VOSviewer*, percebe-se que a rede inclui cinco agrupamentos primários, os quais podem ser elencados por meio das cores e relacionados com uma determinada temática. O primeiro deles consiste nas linhas com cor azul, os quais tratam sobre o gerenciamento de resíduos, SR e GIS, corroborando com os ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e 12 (consumo e produção responsáveis). O segundo é composto pelas linhas com cor roxa, as quais evidenciam a classificação e identificação de resíduos, priorizando o incentivo ao consumo e produção responsáveis (ODS 12). O terceiro é composto pela cor amarela, abordando temas como uso do solo e áreas urbanas, visando garantir o acesso a serviços básicos e a promoção de cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11). As linhas do quarto agrupamento são compostas pela cor verde, elencando os impactos da urbanização e do crescimento das cidades, o qual também se enquadra no ODS 11. E por fim, o quinto e último é formado por linhas vermelhas, que indicam a qualidade de ar, sustentabilidade do meio ambiente e análises espaciais sobre questões de temperatura global, convergindo com os ODS 3 (saúde e bem-estar), 7 (energia limpa e acessível), 11 (cidades e comunidades sustentáveis) e 13 (ação contra a mudança global do clima).

Neste âmbito, vale a pena ressaltar que as relações elencadas até o momento corroboram com a análise da temática, demonstrando a existência das associações entre a malha da cidade, planejamento urbano e os dados de observações feitas pelas ferramentas de SR e IA elencando os impactos diretos das atividades humanas sobre o meio ambiente.

### 3. Utilização do SR e das ferramentas de geoprocessamento

Para a análise do objetivo principal desse estudo, é indispensável a compreensão da utilização do SR nos 68 artigos selecionados para a revisão sistemática. Assim, o panorama e o tratamento aplicados aos resíduos fortalecem a gestão do RSU. Enfatizando que o reconhecimento de áreas de acúmulo irregular é uma das principais estratégias da gestão urbana atual (CHEN *et al.* 2021) viabilizando a mitigação de problemas ambientais causados pelos resíduos em questão.

Neste âmbito, o SR tornou-se conjunto de métodos e técnicas indispensáveis para obtenção de dados locais, com o objetivo de aplicar os recursos de imagem com alta resolução espacial e temporal, possibilitando maior precisão na detecção e extração de dados sobre resíduos (CHEN *et al.* 2021). No entanto, por muitas vezes, o descarte irregular do RSU geralmente é encontrado disposto no território aleatoriamente, causando grandes dificuldades para sua detecção e localização, desta maneira se faz necessário um método eficiente e preciso para a detecção do mesmo (LI *et al.* 2023).

Em 17 artigos foram analisadas as características espectrais e espaciais típicas do RSU e RCD, que geralmente é um composto complexo de objetos de diferentes formas, tamanhos e orientações (ZHANG *et al.* 2013), diferentes cores e texturas geralmente irregulares. A detecção destes resíduos foi realizada mediante a escala de cores (preto e branco), de acordo com a intensidade do brilho (LI *et al.* 2023) outro aspecto importante é a segmentação da imagem, a qual possibilita a observação do conjunto e contornos das manchas, demonstrando o empilhamento irregular destes rejeitos, e a análise dos pixels da imagem de acordo com as propriedades espectrais (ZHANG *et al.* 2022). Utilizaram-se também, dados de uso e ocupação do solo, cobertura vegetal, qualidade da água, características geomorfológicas e dados socioeconômicos corroborando para o reconhecimento de tais resíduos (GUIMARÃES; BARBOSA; GANDOLFO, 2019). Os dados para identificação do RSU e RCD foram extraídos dos satélites Sentinel, QuickBird, Pléiades 1B, MODIS, Landsat e Gaofen, além da utilização das imagens do Google Earth (**Tabela 1**).

**Tabela 1:** Métodos utilizados para identificação do RSU e RCD.

Resíduos	Análises	Métodos	Satélites
RSU e RCD	Intensidade brilho. Escala de cores (preto e branco).	Segmentação da imagem, análise do pixel, análise das propriedades espectrais (NDVI, NDBI, NDWI), análise das características geomórficas e dados socioeconômico.	Sentinel, QuickBird, Pléiades 1B, MODIS, Landsat, Gaofen

Fonte: Autores (2023).

Os resíduos de mineração e os resíduos de alta periculosidade foram obtidos através de tratamento dos dados gerados pelos índices espectrais da imagem dos satélites Sentinel, Landsat e IKONOS. Desta forma,

foram analisadas a composição mineral da cobertura do solo observando as variações existentes na curva espectral de cada onda refletida. Desta forma, (**Tabela 2**) os resíduos são apontados por intermédio da refletância de sua composição química e de sua estrutura cristalina (PEREIRA *et al.* 2023 e SLONECKER, 2011).

**Tabela 2:** Métodos utilizados para identificação do resíduo de mineração e de alta periculosidade.

Resíduos	Análises	Métodos	Satélites
Mineração e alta periculosidade	Cobertura do solo e variações da curva espectral	Análise da refletância da composição química do solo ( <i>soil composition index</i> ).	Sentinel, Landsat e IKONOS

Fonte: Autores (2023).

O SR também pode ser utilizado para o correto gerenciamento dos resíduos (WANG, QIAN, HE; 2022), aplicando técnicas voltadas para análise da aglomeração espacial e da dinâmica socioeconômica e cultural da região, utilizando IA para o agrupamento de dados, oportunizando o desenvolvimento de um modelo de gestão o qual visa a redução de custo e maior eficiência no processo de coleta e manejo adequado (**Tabela 3**).

Tal fato, também corrobora com o desenvolvimento de estudos voltados para quantificação do RSU e RCD utilizando o SR. Desta forma, a detecção remota é utilizada para obtenção de imagens da região de interesse relacionando-as com dados socioeconômicos, permitindo a análise da cobertura do uso do solo e das luzes noturnas emitidas por localizações com alta densidade demográfica, possibilitando relacionar tais dados com os índices de resíduos gerados por pessoa, tendo como resultado a quantificação do RSU e RCD (SAKTI *et al.* 2021; GUO *et al.* 2022).

Outro fator importante é a utilização das técnicas de geoprocessamento na intenção de selecionar áreas de aterro, detectando as mesmas regiões com base em multicritérios, os quais são: análise do uso da terra, projeções da população existente no território, observação das redes de transporte, hidrologia, declive e geologia, análise de impactos em áreas de conservação e distância de áreas urbanas (LANGA *et al.* 2022). Ressalta-se que com a utilização destas ferramentas também é viável apontar áreas propícias para implantação do tratamento de esgoto (LIU *et al.* 2022). Tais dados foram disponibilizados pelos satélites Landsat, MODIS, Cartosat e IRS-P6 (**Tabela 3**).

**Tabela 3:** Métodos utilizados para a gestão de resíduos.

Gestão	Análises	Métodos	Satélites
Gerenciamento e manejo	Aglomeração espacial. Dinâmica socioeconômica e cultural.	Utilização de IA para clusterização de dados. Desenvolvimento de um modelo de gestão para redução de custos e maior eficiência na coleta e manejo adequado. Utilização de veículos não tripulados para obtenção de dados.	-
Quantificação	Imagens e mapas georreferenciados.	Variável socioeconômica. Análise da cobertura e uso do solo (NDVI, NDBI, NDWI). Quantidade de resíduos gerados por pessoa.	Landsat e MODIS
Seleção de áreas de aterro e de tratamento de esgoto	Decisão multicritério.	Projeção da população, uso da terra, redes de transporte, hidrologia, declive, geologia, áreas de conservação e distâncias de áreas urbanas	Landsat, Cartosat e IRS-P6

Fonte: Autores (2023).

O monitoramento destas áreas é possível mediante a aplicação de técnicas de geoprocessamento, utilizando imagens do satélite Landsat, analisando dados espaciais sobre a cobertura vegetal existente e observando a radiação eletromagnética refletida, facilitando os registros de calor emitido, combustão e fermentação do RSU (GAUTAM; BREMA, 2020) (**Tabela 4**).

**Tabela 4:** Métodos utilizados para o monitoramento.

Monitoramento	Análises	Métodos	Satélites
Resíduos em geral	Intensidade do brilho e escala de cores das imagens	Análise das propriedades espectrais (NDVI, NDBI, NDWI).	Landsat

Fonte: Autores (2023).

Sob esta perspectiva, o SR também é utilizado para que as cidades tenham uma infraestrutura sustentável (SONG; WU, 2021). Deste modo, mostra-se estudos com temáticas que abordam os impactos e riscos ambientais, o adequado uso do solo e da água; e o monitoramento destes dados. Em vista disto, o SR pode ser aplicado para identificação de partículas existentes no ar, assim como seus contaminantes e a variação climática (**Tabela 5**). Tais técnicas são evidenciadas pelas análises da profundidade óptica do aerossol (XIONG *et al.* 2012), caracterizando a poluição e as partículas existentes no ar, propiciando a comparação espaço temporal da região de interesse. Já a variação pode ser analisada empregando o SR a partir da radiação emitida pelas construções, vegetação, espelho d'água entre outros (XIA; CHEN; QUAN, 2018). Desta forma, utilizou-se os dados dos satélites Landsat, MODIS, VIIRS Nighfire, ENVISAT, Sentinel, Radarsat, avaliando os impactos e riscos ambientais relacionados a qualidade do ar e variação climática.

**Tabela 5:** Métodos utilizados para identificação da qualidade do ar e a variação climática

Impactos e Riscos	Análises	Métodos	Satélites
Qualidade do ar e variação climática	Contaminantes e variação climática.	Análise da profundidade óptica do aerossol e da radiação emitida pelo solo, vegetação e água	Landsat, MODIS, VIIRS Nighfire, ENVISAT, Sentinel, Radarsat

Fonte: Autores (2023).

Para análise da qualidade da água foram utilizados dados de monitoramento (os quais foram fornecidos pelos satélites Sentinel, Landsat, PACE e GLIMR) e tratamento de águas residuais, sendo estes disponibilizados por órgãos responsáveis por tal ação, enquanto o SR contribui por intermédio do uso de imagens RGB e séries temporais, evidenciando a refletância da superfície facilitando a análise espectral e distinção da composição química da água (MIAO *et al.* 2020) (**Tabela 6**).

**Tabela 6:** Métodos utilizados para identificação da qualidade água

Impactos e Riscos	Análises	Métodos	Satélites
Qualidade da água	Por séries temporais. Dados da qualidade da água disponibilizados por órgãos responsáveis	Imagens RGB. Análise espectral. Análise da refletância da superfície da água. Distinção entre composição química da água.	Sentinel, Landsat, PACE e GLIMR

Fonte: Autores (2023).

Ademais, para análise do planejamento urbano, expansão urbana e uso do solo, foram utilizadas imagens RGB, as quais foram fornecidas pelos satélites Landsat, Sentinel, NPP-VIIRS e MODIS, possibilitando a comparação dos dados ao longo dos anos, observando elementos como a cobertura do solo, aumento ou diminuição do traçado urbano e áreas construídas, análise da vegetação e áreas de plantio. Também se enfatiza, a importância da escala de brilho e cores das imagens, permitindo o reconhecimento do uso do solo através da análise visual e espectral de tais dados (KAMANINA *et al.* 2023) (**Tabela 7**).

**Tabela 7:** Métodos utilizados para identificação do planejamento, expansão e uso do solo.

Impactos e Riscos Ambientais	Análises	Métodos	Satélites
Qualidade do solo	Cobertura do solo. Intensidade do brilho. Escala de cores (preto e branco).	Imagens RGB. Séries temporais. Análise espectral. Análise da cobertura do solo, área construída e vegetação.	Landsat, Sentinel, NPP-VIIRS e MODIS

Fonte: Autores (2023).

Ao associar as técnicas de geoprocessamento a IA, há a viabilidade da identificação e gestão de resíduos no território (YUAN; SHAFRI, 2022), facilitando tomadas de decisões para o manejo e uso adequado do solo e da água (SADDIQI *et al.* 2023). Para tal, há a possibilidade de utilização e associação de redes neurais ao geoprocessamento (WANG *et al.* 2023).

Por fim, pode-se se associar ainda a utilização de veículos não tripulados, os quais contribui juntamente com as técnicas de geoprocessamento e SR já citados, para a quantificação e reconhecimento de resíduos existentes no território (CHEN *et al.* 2021; XU *et al.* 2022).

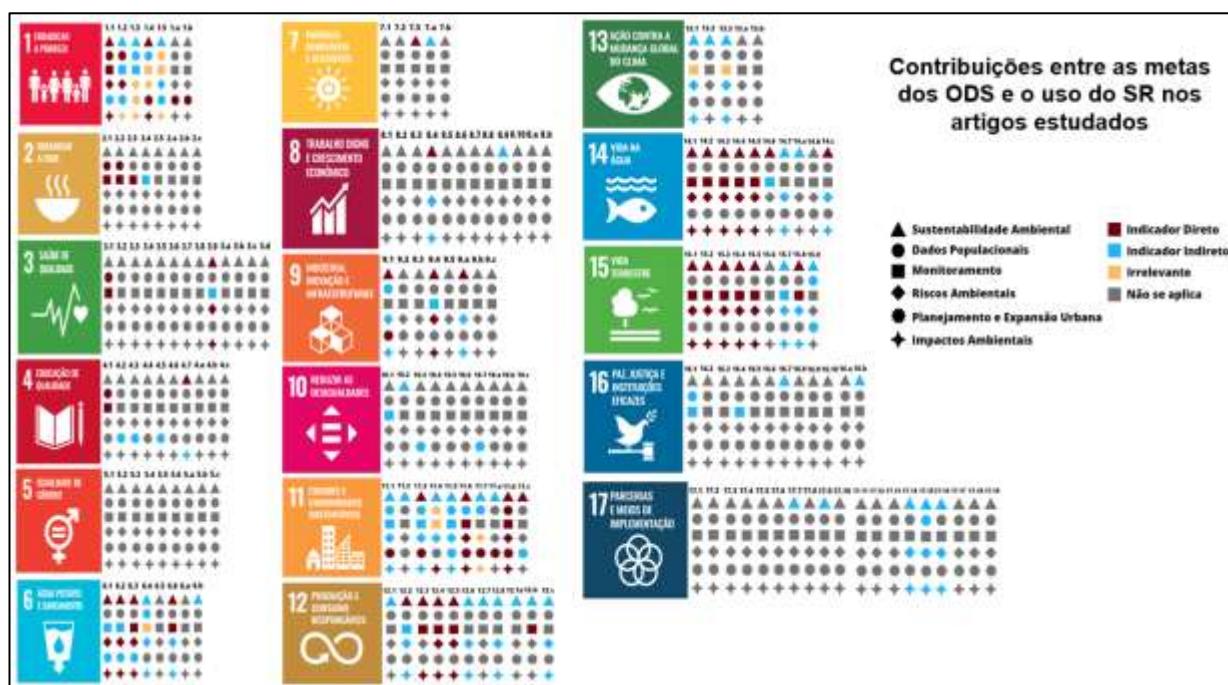
#### 4. Relação entre o SR, os ODS e a gestão do RSU

Essa seção será dividida em duas partes: a primeira busca fornecer elementos que ajudem a compreender as contribuições do uso do SR para o cumprimento dos ODS, classificando as principais dinâmicas e impactos estabelecidos no território; já a segunda, traz à luz do debate, como o SR pode ajudar no reconhecimento, monitoramento e correto manejo do RSU no território, relacionando tais fatos com o cumprimento das métricas estabelecidas pelos ODS.

Ao observar a relação entre o SR e os ODS, nota-se que o SR favorece uma abordagem padronizada para o monitoramento de diversas informações, permitindo a análise e a modelagem de dados no aspecto espaço temporal (VIEIRA *et al.* 2016), por sua vez, as metas dos ODS estão associadas com indicadores eficazes para observar as interações entre homem e meio ambiente (SONG; WU, 2021). Deste modo, para o desenvolvimento do estudo, se realizou uma comparação entre o SR e cada meta dos ODS que são abordados nos 68 artigos estudados, visando as potencialidades e as lacunas existentes.

Assim, foram apresentadas seis temáticas, as quais as publicações se enquadravam, sendo estas: sustentabilidade ambiental; dados populacionais; monitoramento; riscos ambientais; planejamento e expansão urbana; e impactos ambientais. Ademais, foram indicadas as influências destas categorias nas metas dos ODS, sendo as mesmas classificadas em quatro grupos: indicador direto, indicador indireto, irrelevante e não se aplica conforme **Figura 6**.

Ao considerar o ODS 1 – Erradicação da Pobreza, observa-se que a sustentabilidade ambiental é um ponto indispensável para cumprir o mesmo pelo fato que ao erradicar a pobreza extrema muda-se a qualidade de vida da população, tornando a sociedade mais equitativa, promovendo a segurança, a justa distribuição de renda e o acesso à educação, enquanto proporciona a preservação do meio ambiente, diminuindo a exposição a situações de riscos e vulnerabilidade (PINHEIRO; VIEIRA, 2018).



**Figura 6:** Contribuições entre as metas dos ODS e o uso do SR nos artigos estudados. Elaboração: Autores (2023).

O SR contribui diretamente para o monitoramento dos dados populacionais (LIANG *et al.* 2021), enfatizando a localização da população por meio das marcas de ocupação territorial, comparando com a distribuição econômica do país e dados referentes a estrutura urbana existente (XAVIER, 2022), possibilitando o monitoramento do uso do solo, da expansão, da distribuição dos assentamentos humanos e planejamento territorial adequado (KAMANINA *et al.* 2023), ao mesmo tempo em que também torna perceptível situações de exposição da população a áreas insalubres com provável risco e impactos ambientais (HOLSTEIN *et al.* 2018). Portanto, conforme **Figura 6**, nota-se que a respectiva temática contribui direta e indiretamente para a prática de 88,09% dos indicadores.

De acordo com o ODS 2 – Fome Zero, o SR possibilita a análise de dados sobre a saúde da população (SANCHES; CAMPOS, 2010), tendo em vista o monitoramento da desnutrição em determinadas áreas, associando a mesma a dados populacionais. A **Figura 6**, mostra o SR pode contribuir com 12,5% dos indicadores do ODS 2.

Além disso, o SR aplicado o ODS 3 – Boa Saúde e Bem-Estar, contribui para o monitoramento da saúde de qualidade (SANCHES; CAMPOS, 2010) fornecida a população, evidenciando as taxas de mortalidade materna e de recém-nascidos ao longo do tempo em cada região, expondo também o surgimento de diversas doenças (YANG *et al.* 2023). Ademais, a relação entre os indicadores e o SR favorecem significativamente dados sobre o número de mortes e doenças causadas por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar, água e solo. Deste modo, tal fato contribui com 6,41% dos indicadores do ODS 3, sendo considerada uma lacuna (**Figura 6**).

Ao analisar a temática do ODS 4 – Educação de Qualidade, percebe-se que o SR pode contribuir para a educação de qualidade por meio do monitoramento dos dados sobre a população que frequenta as instituições de ensino, na intenção de adquirir os conhecimentos necessários para promover o desenvolvimento e sustentabilidade ambiental. Para que essa situação ocorra é necessário planejamento voltado para áreas de expansão urbana, as quais tenham acesso correto e igualitário as oportunidades e infraestrutura existentes no território. Assim, essa relação contribui para 11,6% do cumprimento dos indicadores desta ODS, como uma possível área de ampliação dos estudos (**Figura 6**).

O ODS 5 – Igualdade de Gênero visa o empoderamento de todas as mulheres e crianças, enfatizando o fim da discriminação. Ao analisar os estudos elencados e a **Figura 6** constata-se que o SR não faz nenhuma relação com os indicadores desta ODS, visto que este é um provável campo de estudo a ser explorado nas futuras pesquisas.

Já para o ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, utiliza-se o SR para o monitoramento da qualidade da água (MIAO *et al.* 2020), para estabelecer possíveis riscos e impactos ambientais (HOLSTEIN *et al.* 2018 e KAMANINA *et al.* 2023) assegurando a disponibilidade de água e saneamento para todos, influenciando no correto planejamento através da expansão urbana regularizada, evitando efeitos negativos na vida da população menos favorecida. Desta forma, viabilizando o acesso ao saneamento adequado e a correta administração, há diminuição dos impactos no ecossistema simultaneamente a busca de uma melhor infraestrutura e menores disparidades entre os serviços oferecidos para a população (STANKOVIC; HASANBEIGI; NEFTENOV, 2020). Conforme **Figura 6**, nota-se que a respectiva temática contribui direta e indiretamente para a prática de 52,08% dos indicadores.

O ODS 7 tem seus indicadores voltados para garantir o acesso à energia acessível e limpa. Consequentemente, ao relacionar seus dados com o SR, observa-se que este ODS corrobora com o planejamento da implantação de novos projetos de sistemas limpos de produção de energia (FEITOSA *et al.* 2016), elencando possíveis áreas para construção efetiva dos mesmos. Tendo em vista estas informações, o SR atende 6,67% dos indicadores desta ODS, considerando uma lacuna na pesquisa em questão (**Figura 6**).

Sob essa perspectiva o ODS 8 tem como temática o trabalho decente e o crescimento econômico. Ao analisar seus indicadores, evidencia-se que o SR contribui diretamente com o monitoramento das atividades produtivas, buscando a sustentabilidade ambiental principalmente no trabalho agrícola (RUDORFF; MOREIRA, 2002), o qual possibilita o monitoramento das áreas de plantio, por intermédio de séries temporais, ações para ampliar a eficiência na produção e na utilização dos recursos existentes. Neste âmbito, 5,55% dos indicadores do ODS 8 se relacionam com o SR (**Figura 6**).

O ODS 9 busca a promover a industrialização, o incentivo a inovação e a infraestrutura sustentável. Ao relacioná-lo com o SR, ressalta-se que a interação entre estas tem a finalidade de desenvolver uma infraestrutura sustentável, qualitativa, resiliente e confiável, a qual apoia o bem-estar humano e econômico. Para tal, é necessário a observação das interações humanas na terra, enfatizando os diferentes graus de

problemas sobre a infraestrutura e as dinâmicas estabelecidas nos territórios (SONG; WU, 2021). Desta forma, ao se traçar essa relação constata-se que o SR pode contribuir com 25% dos indicadores (**Figura 6**).

Os indicadores do ODS 10 tratam sobre a redução das desigualdades. Deste modo, o SR possibilita o monitoramento, ao longo dos anos, dos dados disponibilizados sobre a renda da população, promovendo mitigar as diferenças existentes e promover a inclusão social e econômica dos envolvidos. A partir da **Figura 6** nota-se que o SR pode contribuir com 6,67% dos indicadores do ODS 11, sendo está uma lacuna que pode ser explorada por estudos futuros.

Ao analisar a temática do ODS 11, nota-se que o SR interage direta e indiretamente com 75% de seus indicadores. Para tal, constata-se a garantia do acesso a cidades e comunidades mais sustentáveis, visando medidas e políticas públicas em prol do planejamento e expansão urbana (BALHA *et al.* 2019), mapeando e monitorando o uso do solo e as estratégias de desenvolvimento urbano (**Figura 6**).

Neste âmbito o ODS 12, tem como temática assegurar os padrões de consumo e produção responsáveis. Observa-se que o SR associado aos indicadores deste ODS possibilita o monitoramento da gestão sustentável dos recursos naturais, tendo como enfoque quantificar o RSU (SAKTI *et al.* 2021) produzido pelo consumidor, mitigando as perdas ao longo das cadeias de produção e pelo desperdício. Tal fato corrobora para o manejo sustentável dos resíduos e buscam minimizar os principais impactos sobre o meio ambiente. Desta forma, 43,93% dos indicadores se relacionam direta e indiretamente com o uso do SR (**Figura 6**).

O ODS 13 traz em sua abordagem medidas e ações a serem tomadas para combater a mudança global do clima e seus respectivos impactos (SON *et al.* 2022). Em vista disso, o SR contribui diretamente com mapeamentos de riscos e impactos ambientais, elencando áreas de prováveis catástrofes naturais e mudanças ao longo do tempo no clima. A **Figura 6** demonstra a contribuição do SR, a qual gira em torno de 30%.

Os indicadores do ODS 14 tratam sobre a conservação da vida na água para o desenvolvimento sustentável. Para tal, o SR estima a qualidade ambiental da água, ao longo dos anos, promovendo o monitoramento. Desta forma, enfatiza a conservação dos recursos hídricos e seu uso sustentável. A **Figura 6** mostra a contribuição direta e indireta do SR, já que a mesma é em torno de 48,33%.

De acordo com o ODS 15, o uso do SR se relaciona através do monitoramento da região em evidência, com o propósito de promover a sustentabilidade ambiental, além de utilizar conscientemente os ecossistemas terrestre (WANG; FAN; WANG, 2019). Assim, a partir da utilização das técnicas já elencadas o SR possibilita compreender os riscos e impactos ambientais atrelados ao uso do solo e dos recursos naturais existentes. Para tal, verifica-se que o SR contribui com 57,4% dos indicadores desta ODS (**Figura 6**).

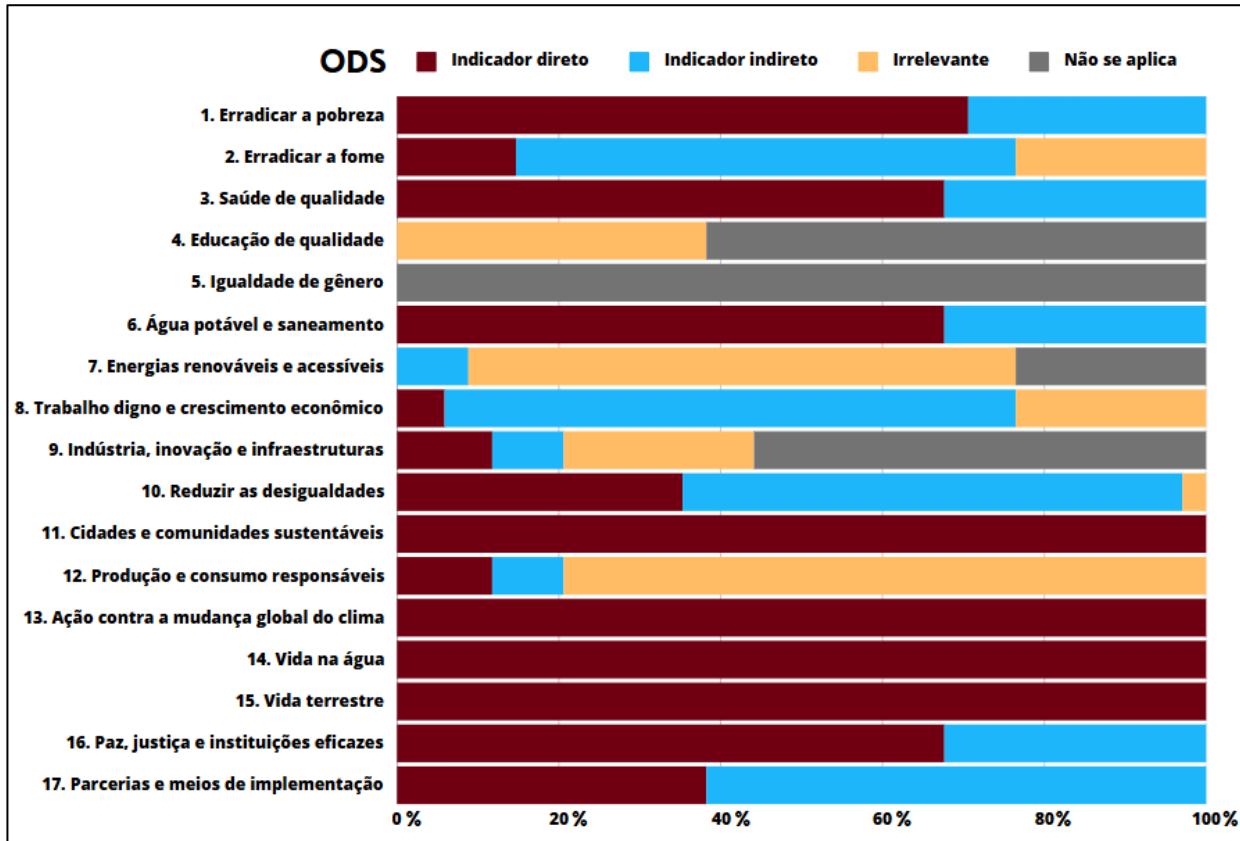
O ODS 16 busca promover a paz e justiça, através de sociedades pacíficas e inclusivas. Sob essa ótica, ressalta-se que o SR possibilita a interação entre estas na intensão das mesmas serem desenvolvidas de modo sustentável, enfatizando o cumprimento de leis e monitorando as taxas de mortalidade relacionada a diferentes formas de violência. Desta forma, ao se traçar essa relação observa-se na **Figura 6** que o SR pode contribuir com 6,94% dos indicadores.

Neste âmbito o ODS 17, tem como temática fortalecer os meios para implementação do desenvolvimento sustentável. Relacionando tais métricas com o SR, se constata a possibilidade de incentivar os países na geração e ampliação da produção de dados georreferenciados, de forma confiável e de alta qualidade, buscando a implementação de novas tecnologias e métodos. Por fim, tais dados espaciais refletem a realidade de diferentes locais, tornando-os mais tangíveis e evidenciando o desenvolvimento sustentável (VIEIRA *et al.* 2016). Desta forma, o SR contribui com 10,52% dos indicadores desta ODS, podendo o mesmo ser considerada uma lacuna a ser desenvolvida por estudos futuros.

Diante deste panorama, nota-se que 25,96% dos índices dos ODS podem ser influenciados e potencializados para o seu cumprimento por meio do SR (**Figura 6**). Desta forma, a interação dessas diferentes categorias demonstra os esforços atuais e possivelmente futuros a serem implementados para que haja uma infraestrutura sustentável.

Nesta conjuntura, ao analisar a influência do SR no correto manejo e gestão do RSU existente no território, observa-se que tal fato se relaciona com o cumprimento dos ODS, possibilitando a implementação de políticas públicas mais eficazes, que visam a otimização de recursos e a promoção de práticas sustentáveis, identificando áreas de descarte irregular e áreas de acúmulo, mapeando possíveis locais de risco ambiental e monitorando a evolução do gerenciamento destes resíduos.

Considerando as temáticas apresentadas nos 68 artigos estudados, possibilita-se associá-los quanto a identificação e a correta gestão do RSU, evidenciando como os mesmos corroborariam com o cumprimento das metas dos ODS. Em decorrência disso, seguindo a abordagem apresentada na **Figura 1** foi possível estabelecer esta relação, conforme **Figura 7**.

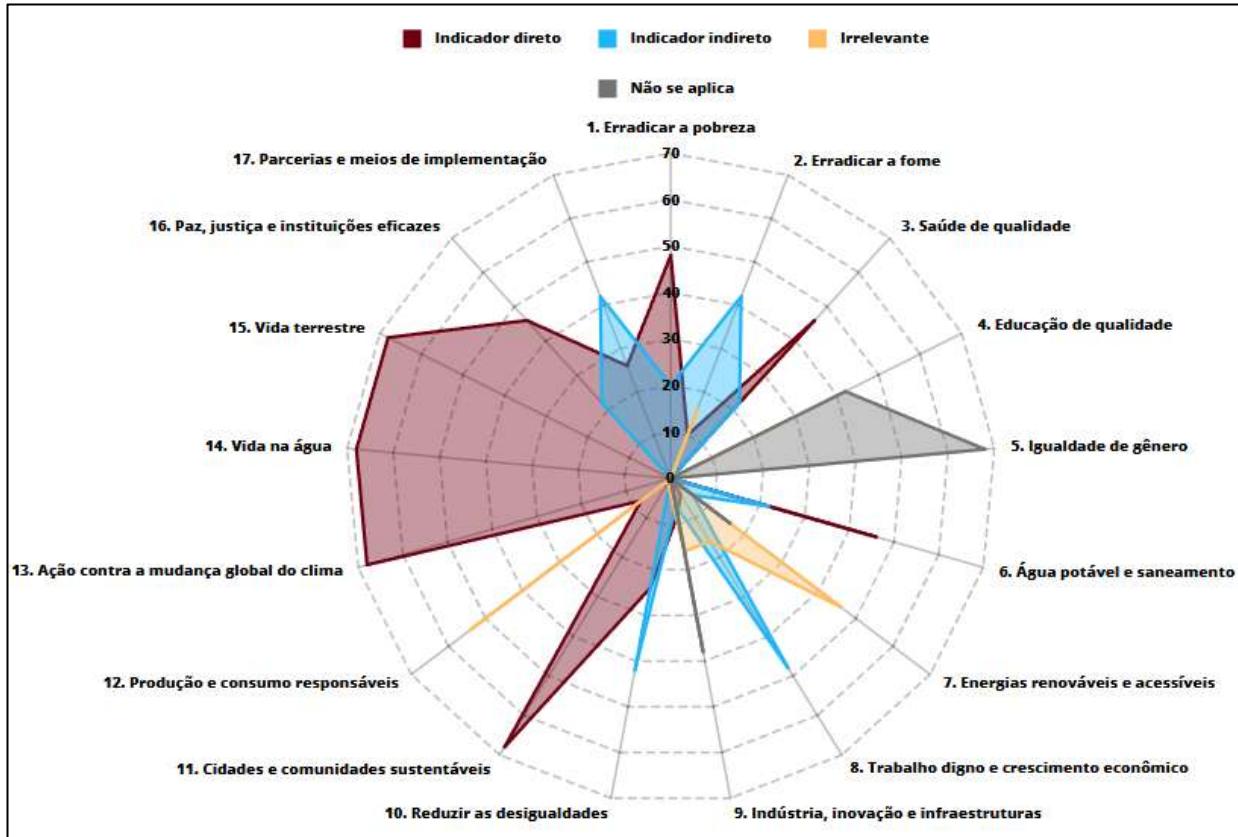


**Figura 7:** Porcentagem de publicações em RSU que corroboraram para o cumprimento dos ODS. Elaboração: Autores (2025).

Essa conexão fica clara quando o RSU indica que pode colaborar diretamente para o cumprimento de 46,40% dos objetivos dos ODS e indiretamente para 24%; para 15,40% esse vínculo seria irrelevante e por fim, para 14,20% essa associação não se aplica (**Figura 7**).

Ao analisar a relação direta entre o RSU e os ODS, constata-se que 48 (70,58%) dos artigos sobre RSU estabelecem essa dinâmica no ODS 1 – Erradicação da Pobreza, oportunizando melhorias na qualidade de vida da população, promovendo práticas eficientes de gestão dos resíduos, permitindo erradicar descartes em lixões a céu aberto e em áreas que se encontram pessoas com vulnerabilidade social, ao mesmo tempo em que promove a preservação do meio ambiente, a geração de empregos e renda para catadores e trabalhadores do setor, contribuindo para a redução da pobreza e da desigualdade social, colaborando também com o ODS 2 – Fome Zero. Nota-se também que a relação indireta também se faz presente nos ODS citados (**Figura 8**).

Já no ODS 3 – Boa Saúde e Bem-Estar, essa contribuição ocorre diretamente em 46 (67,64%) das pesquisas, propiciando a correta gestão e manejo do RSU reduzindo as doenças transmitidas por vetores, diminuindo a exposição da população a locais que estão contaminados. Tal fato, também se sucede no ODS 6 – Água Limpa e Saneamento, onde o manejo correto destes resíduos estão atrelados a prevenção de doenças relacionadas à água, a proteção de recursos hídricos e a melhoria do saneamento básico fornecido a população, o que consequentemente incentiva também o ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, fomentando a busca por cidades e comunidades mais inclusivas. Esse vínculo também é enfatizado quando se trata dos ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima, ODS 14 – Proteger a Vida Marinha, ODS 15 – Vida Terrestre e ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes (**Figura 8**).



**Figura 8:** Quantidade de publicações em RSU que corroboram para o cumprimento dos ODS. Elaboração: Autores (2025).

Vale ressaltar que a gestão do RSU por muitas vezes se relaciona indiretamente com alguns ODS, sendo este o caso dos 68 artigos estudados com o ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico, ODS 10 – Redução das Desigualdades e ODS 17 – Parcerias e Meios de Implementação, os quais promovem a inclusão social através da geração de empregos dignos, fortalecendo a otimização de processos e parcerias entre os setores, implementando através de políticas públicas a adoção de processos mais sustentáveis, visando uma sociedade mais justa fomentando práticas disruptivas e inovadoras (Figura 8).

No caso do ODS 7 – Energia Limpa e Acessível e o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, os estudos em questão trazem para o debate questões relacionadas como a quantificação do RSU, o monitoramento e a identificação de áreas de disposição, conforme a Figura 1, não tendo uma conexão efetiva para o cumprimento das metas estabelecidas nestes objetivos, assim no ODS 7, 46 (67,64%) artigos tem sua abordagem consideradas irrelevantes na temática em questão, já o para ODS 12 são 54 (79,41%) (Figura 8). É fundamental destacar que em outros âmbitos como: o incentivo a coleta seletiva, a redução do volume de RSU gerado e destinação correta de tais resíduos poderiam contribuir e impactar positivamente os ODS 7 e 12, porém tal temática não foi abordada nas 68 publicações e não foram consideradas neste artigo.

Por fim, no ODS 4 – Educação de Qualidade, apesar da importância do acesso à educação ambiental e da conscientização da população aos problemáticas voltadas a sustentabilidade e ao meio ambiente, percebe-se que ao considerar o mote tratado nos artigos (Figura 1), 42 (61,76%) destes não exercem relação com a gestão do RSU, o mesmo ocorre com o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, com 38 (55,88%) e o ODS 5 – Igualdade de Gênero, com 68 (100%) (Figura 8).

## 5. Conclusões

Ao se tratar do SR, conclui-se que o mesmo tem grande potencial para o desenvolvimento da sustentabilidade, visando monitorar os principais impactos ambientais causados pela ação humana. Sua capacidade analítica, faz com que o SR atrelado a técnicas de geoprocessamento seja uma ferramenta essencial para a identificação de diversos problemas socio ambientais, possibilitando ao poder público fomentar suas estratégias e políticas para que a gestão do planejamento urbano e dos recursos naturais

existentes sejam mais eficientes e utilizados de modo mais eficaz e sustentável. Para verificação de tal fato, essa revisão utilizou uma estrutura de pesquisa bibliográfica, demonstrando a rede de ocorrência das palavras-chave trazendo à luz da discussão as principais relações e associações das temáticas envolvidas, sendo estas: sustentabilidade, SR, urbanização, cidade, impactos, resíduos, gerenciamento, poluição e classificação.

Desta forma, o agrupamento realizado indica uma interdependência entre o reconhecimento dos impactos ambientais existentes com a infraestrutura urbana e as interações que ocorrem nos territórios, apresentando principalmente, a preocupação crescente com a problemática ambiental. Portanto, as tecnologias que envolvem o SR e o geoprocessamento possibilitam a observação e análise da dinâmica espacial, permitindo a criação de políticas públicas mais eficazes, com ênfase exclusivamente a efetiva gestão ambiental urbana.

Nesse contexto, a observação da dinâmica espacial reforça o cumprimento dos ODS, ampliando a capacidade de monitoramento e análise territorial, facilitando tomadas de decisão que possibilitam a execução de ações voltadas para a sustentabilidade, ao mesmo tempo em que potencializa e direciona estudos futuros, os quais podem ser voltados a relação do SR com o desenvolvimento de tecnologias para países emergentes, com vistas à redução das desigualdades e maior qualidade de vida, abordando o correto gerenciamento, quantificação e identificação dos resíduos, mitigando situações de riscos.

Por fim, outro ponto importante a ser ressaltado para futuros estudos seria a melhor forma de integrar o SR a promoção da equidade de gênero, seja através da democratização do acesso a essas tecnologias, na criação de políticas públicas ambientais inclusivas ou até mesmo na capacitação de grupos que são historicamente marginalizados e que também se encontram em situações de vulnerabilidades na sociedade atual. Dessa forma, o SR tem o potencial não apenas de impulsionar a sustentabilidade, mas também promover o desenvolvimento mais equitativo e socialmente justo.

## Referências

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, p. 1-64, 2022.

BALHA, A.; VISHWAKARMA, B. D.; PANDEY, S.; SINGH, C. K. Predicting impact of urbanization on water resources in megacity Delhi. **Remote Sensing Applications-Society and Environment**, v. 20, p. 1-12, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100361>

BRASIL. Lei nº 12.305, de 9 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010.

CAU/SC. Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Santa Catarina. **Fundamentos Para as Cidades 2030 – Planos Diretores Participativos e Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.courb.org/wp-content/uploads/2020/06/manual-fundamentos-cidades-2030.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2023.

CHEN, Q.; CHENG, Q.; WANG, J.; DU, M.; ZHOU, L., LIU, Y. Identification and Evaluation of Urban Construction Waste with VHR Remote Sensing Using Multi-Feature Analysis and a Hierarchical Segmentation Method. **Remote Sensing**, v. 13, p. 1-32, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13010158>

CHEN, Q. LI, Y. Y.; JIA, Z. Y. ; CHENG, Q. H. 3D Change Detection of Urban Construction Waste Accumulations Using Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry. **Sensors and Materials**, v. 33, p. 4521-4543, 2021. <https://doi.org/10.18494/SAM.2021.3447>

ESPOSITO, G.; MATANO, F., SACCHI, M. Detection and Geometrical Characterization of a Buried Landfill Site by Integrating Land Use Historical Analysis, Digital Photogrammetry and Airbone Lidar Data. **Geosciences**, v. 8, p. 1-14, 2018. <https://doi.org/10.3390/geosciences8090348>

FEITOSA, F. E. C. S.; SILVA, F. B.; BELO, R. C. R.; SANTOS, J. R. N.; ARAÚJO, M. L. S.; SANTOS, J. S. Sensoriamento Remoto no Planejamento de Projetos de Energia Fotovoltaica no Estado do Maranhão. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, Belo Horizonte, 04 a 07 de abril de 2016. <https://doi.org/10.59627/cbens.2016.1805>

GAUTAM, S.; BREMA, J.; DHASARATHAN, R. Spation-Temporal Estimates of Solid Waste Disposal in an Urban City of India: A Remote Sensing and GIS Approach. **Environmental Technology & Innovation**, v. 16, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.100650>

GUIMARÃES, C. C.; BARBOSA, A. M.; GANDOLFO, O. C. B. Visual Interpretation of Satellite and Aerial Images to Identify and Study the Evolution of Inadequate Urban Waste Disposal Sites. **Detritus**, v. 6, p. 85-95, 2019. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2019.13821>

GUO, Q. M.; ZHAN, L. T.; SHEN, Y. Y.; WU, L. B.; CHEN, Y. M. Classification and Quantification of Excavated Soil and Construction Sludge: A Case Study in Wenzhou, China. **Frontiers of Structural and Civil Engineering**, v. 16, p. 202-213, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11709-021-0795-8>

HOLSTEIN, A.; KAPPAS, M.; PROPASTIN, P.; RENCHIN, T. Oil spill detection in the Kazakhstan sector of the Caspian Sea with the help of ENVISAT ASAR data. **Environmental Earth Science**, v. 77, p.1-11, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7347-0>

KAMANINA, I. Z.; BADAWEY, V. W.; KAPLINA, S. P.; MAKAROV, O. A.; Mamikhin, S. V. Assessment of Soil Potentially Toxic Metal Pollution in Kolchugino Town, Russia: Characteristics and Pollution. **LAND**, v. 12, p. 1-16, 2023. <https://doi.org/10.3390/land12020439>

KARABULUT, A. I.; YAZICI-KARABULUT, B.; DERIN, P.; YESILNACAR, M. I.; CULLU, M. A. Landfill siting for municipal solid waste using remote sensing and geographic information system integrated analytic hierarchy process and simple additive weighting methods from the point of view of a fast-growing metropolitan area in GAP of Turkey. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, p. 4044-4061, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15951-7>

LANGA, C.; HARA, J.; WANG, J. J.; NAKAMURA, K.; WATANABE, N.; KOMAI, T. Dynamic Evaluation Method for Planning Sustainable Landfills Using GIS and Multi-Criteria in Areas of Urban Sprawl with Land-Use Conflicts. **Plos One**, v. 16, p. 1-17, 2022.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254441>

LI, H.; HU, C.; ZHONG, X.; ZENG, C., SHEN, H. Solid Waste Detection in Cities Using Remote Sensing Imagery Based on a Location-Guided Key Point Network with Multiple Enhancements. **Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 16, p. 191-201, 2023.  
<https://doi.org/10.1109/JSTARS.2022.3224555>

LIANG, H. W.; LI, N.; HAN, J.; BIAN, X.; XIA, H. X.; DONG, L. Investigating the Temporal and Spatial Dynamics of Human Development Index: A Comparative Study on Countries and Regions in the Eastern Hemisphere from the Perspective of Evolution. **Remote Sensing**, v. 13, p. 1-22, 2021.  
<https://doi.org/10.3390/rs13122415>

LIU, B.; TANG, J.; YUNKE, Q.; YANG, Y.; LYU, H.; DAI, Y. D.; LI, Z. Y. A GIS-Based Method for Identification of Blindness in Former Site Selection of Sewage Treatment Plants and Exploration of Optimal Siting Areas: A Case Study in Liao River Basin. **Water**, v. 14, p. 1-18, 2022.  
<https://doi.org/10.3390/w14071092>

MARIANO, A. M.; SANTOS, M. R. Revisão da Literatura: Apresentação de Abordagem Integradora. AEDM International Conference – Economy, Business and Uncertainty: Ideas for a European and Mediterranean Industrial Policy, Reggio di Calabria, Itália, 2017.

MIAO, S.; LIU, C.; QIAN, B. J.; MIAO, Q. Remote sensing-based water quality assessment for urban rivers: a study in linyi development area. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 34586-34595, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-4038-z>

PINHEIRO, M. L. R.; VIEIRA, R. S. O desenvolvimento sustentável mp cp,bate à pobreza e à exclusão social. **Justiça do Direito**, v. 32, p. 301-317, 2018. <http://dx.doi.org/10.5335/rjd.v32i2.6973>

PEREIRA, I.; ALCALDE-APARICIO, S.; FERRER-JULIÀ, M.; CARREÑO, M. F.; GARCÍA-MELÉNDEZ, E. Monitoring sedimentary areas from mine waste products with Sentinel-2 satellite

images: A case study in the SE of Spain. **Soil Science**, v. 74, p. 1-21, 2023. <https://doi.org/10.1111/ejss.13336>

RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A. Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, v. 9, p. 1-19, 2002.

SADDIQI, M. M.; ZHAO, W.; COTTERILL, S.; DERELI, R. K. Smart management of combined sewer overflows: From an ancient technology to artificial intelligence. **Wires Water**, v. 10, p. 1-33, 2023. <https://doi.org/10.1002/wat2.1635>

SANCHES, P. M. A.; CAMPOS, J. A. D. B. Geoprocessamento como ferramenta de Saúde no Brasil. **Revista UNINGÁ**, v. 26, p. 189-197, 2010. <https://doi.org/10.46311/2318-0579.26.eUJ920>

SANTOS, G. V.; QUADROS, R. Capacidades dinâmicas para a transformação digital: uma análise bibliométrica exploratória com VOSviewer. **Revista de Gestão e Secretariado – GeSec**, v15, n 7, p. 01-36, 2024. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i7.3970>

SAKTI, A. D.; RINASTI, A. N.; ELPRIDA, A.; DIASTOMO, H.; FICKRIE, M.; ANNA, Z.; WIKANTIKA, K. Multi-Scenario Model of Plastic Waste Accumulation Potential in Indonesia Using Integrated Remote Sensing, Statistic and Socio-Demographic Data. **International Journal of Geo-Information**, v. 10, p. 1-23, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijgi10070481>

SLONECKER, E. T. The Use of Historical Imagery in the Remediation of an Urban Hazardous Waste Site. **Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 4, p. 281-291, 2011. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2010.2049254>

SON, N. T.; TRANG, N. T. T.; BUI, X. T.; DA, C. T. Remote sensing and GIS for urbanization and flood risk assessment in Phnom Penh, Cambodia. **Geocarto International**, v. 37, p. 6625-6642, 2022. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1941307>

SONG, Y.; WU, P. Earth Observation for Sustainable Infrastructure: A Review. **Remote Sensing**, v. 13, p. 1-20, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13081528>

SOUSA, C. A. F.; SILVEIRA, J. A. R.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M. A methodological proposal to analyze urban sprawl, negative environmental impacts, and land degradation in the case of João Pessoa City (Brazil) between 1991 and 2018. **Environ Monit Assess**, v. 195, p. 1-24, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11325-3>

STANKOVIC, M.; HASANBEIGI, A.; NEFTENOV, N.; VENTURES, T.I. Uso de tecnologias da 4RI em água e saneamento na América Latina e no Caribe. **BID – Banco Internacional de Desenvolvimento**, p. 1-67, 2020. <https://doi.org/10.18235/0002343>

TORRES, R. N.; FRATERNALI, P. Learning to Identify Illegal Landsfills through Scene Classification in Aerial Images. **Remote Sensing**, v. 13, p. 1-21, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13224520>

VIEIRA, R. R. T.; GARCIA, L. P.; SOUZA, A. D.; SANTOS, E. F. Geotecnologias e o monitoramento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável pelas Entidades de Fiscalização Superior. **Revista do TCU**, v. 137, p. 42-51, 2016.

XAVIER, R. B. S. **Avaliação de Estimativas Populacionais com Dados de Luz Noturna VIIRS DNB**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), São Carlos, 2022.

XIA, H.; CHEN, Y.; QUAN, J. A simple method based on the thermal anomaly index to detect industrial heat sources. **In J Appl Earth Obs Geoinformation**, v. 73, p. 627-637, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.08.003>

XIONG, Y. Z., HUANG, S. P.; CHEN, F.; YE, H.; WANG, C. P.; ZHU, C. B. The Impacts of Rapid Urbanization on the Thermal Environment: A Remote Sensing Study of Guangzhou, South China. **Remote Sensing**, v. 4, p. 2033-2056, 2012. <https://doi.org/10.3390/rs4072033>

XU, L. X.; SUN, T. H.; WU, W. H.; ZOU, K.; HE, S. J.; ZHAO, Y. M.; YE, M.; ZHANG, X. H. Research on Classification of Construction Waste Based on UAV Hyperspectral Image. **Spectroscopy and Spectral Analysis**, v. 42, p. 3927-3934, 2022. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2022\)12-3927-08](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2022)12-3927-08)

ZHANG, F. L.; DU, S. H.; GUO, Z. Extracting Municipal Solid Waste Dumps Based on High Resolution Images. **Spectroscopy and Spectral Analysis**, v. 33, p. 2024-2030, 2013. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2013\)08-2024-07](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2013)08-2024-07)

ZHANG, C. Q.; ZHOU, L.; DU, M. Y.; YANG, K.; LUO, T. A Cross-Channel Multi-Scale Gated Fusion Network for Recognizing Construction and Demolition Waste from High-Resolution Remote Sensing Images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 43, p. 4541-4568, 2022. <https://doi.org/10.1080/01431161.2022.2115864>

Wang, L.Y.; Fan, H.; Wang, Y. K. An estimation of housing vacancy rate using NPP-VIIRS night-time light data and Open Street Map data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 40, p. 8566-8588, 2019. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1615655>

WANG, K.; QIAN, J. X.; HE, S. J. Global destruction Networks and Hybrid E-Waste Economies: Practices and Embeddedness in Guiyu, China. **Environment and Planning A-Economy and Space**, v. 54, p. 533-553, 2022. <https://doi.org/10.1177/0308518X211061748>

WANG, N. XU, D.; XUE, J.; ZHANG, X.; HONG, Y.; PENG, J.; LI, H.; MOUAZEN, A. M.; HE, Y.; SHI, Z. Delineation and optimization of cotton farmland management zone based on time series of soil-crop properties at lands scape scale in Xinjiang, China. **Soil & Tillage Research**, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105744>

YANG, B.; HAWTHORNE, T. L.; AOKI, L.; BEATTY, D. S.; COPELAND, T.; DOMKE, L. K.; ECKERT, G. L.; GOMES, C. P.; GRAHAM, O. J.; HARVELL, C. D.; HOVEL, K. A.; HESSING-LEWIS, M.; HARPER, L.; MUELLER, R. S.; RAPPAZZO, B.; RESHITNYK, L.; STACHOWICZ, J. J.; TOMAS, F.; DUFFY, J. E. Low-Altitude UAV Imaging Accurately Quantifies Eelgrass Wasting Disease from Alaska to California. **Geophysical Research Letters**, v. 50, p. 1-11, 2023. <https://doi.org/10.1029/2022GL101985>

YUAN, Q.; SHAFRI, H. Z. M. Multi-Modal Feature Fusion Network with Adaptive Center Point Detector for Building Instance Extraction. **Remote Sensing**, v. 14, p.1-23, 2022. <https://doi.org/10.3390/rs14194920>



Este artigo é distribuído nos termos e condições do Creative Commons Atribuições/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual (CC BY-NC-SA).