XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8504

Poluição Luminosa e Dinâmica Urbana: Análise da Expansão da Radiância em Cachoeiro de Itapemirim, ES (Brasil)

Light Pollution and Urban Dynamics: Analysis of Radiance Expansion in Cachoeiro de Itapemirim, ES (Brazil)

Laysa Guimarães Vieira Fonseca
Universidade Federal do Espírito Santo | Vitória | Brasil | laysagvf@gmail.com
Ricardo Nacari Maioli
Universidade Federal do Espírito Santo | Vitória | Brasil | ricardo.maioli@ufes.br
Cristina Engel de Alvarez
Universidade Federal do Espírito Santo | Vitória | Brasil | cristina.alvarez@ufes.br

Resumo

A poluição luminosa pode gerar muito efeitos negativos e uma das formas para seu monitoramento é através de sensoriamento remoto de luzes noturnas. Assim, esta pesquisa investiga a relação entre o aumento da radiância e as transformações no uso e ocupação do solo em Cachoeiro de Itapemirim (ES), no período de 2012 a 2025. Para isso, foram utilizados dados baseados em imagens de satélite, do sensor VIIRS, e ferramentas de análise espacial. Os resultados indicam aumento de aproximadamente 29,5% na radiância média, mesmo com leve redução da população, evidenciando que a poluição luminosa não está diretamente relacionada ao número de habitantes. Esse aumento não é uniforme e concentra-se, principalmente, em polos industriais ligados ao setor de mármore e granito, novas áreas comerciais e loteamentos residenciais recentes. O estudo ressalta a importância de integrar diretrizes de controle da iluminação artificial ao planejamento urbano.

Palavras-chave: Luz artificial noturna; Sensoriamento Remoto; VIIRS; Planejamento Urbano; Radiância.

Abstract

Light pollution can have many negative effects, and one way to monitor it is through remote sensing of nighttime lights. Thus, this study investigates the relationship between increased radiance and changes in land use and land cover in Cachoeiro de Itapemirim (ES) from 2012 to 2025. To this end, data based on satellite imagery from the VIIRS sensor and spatial analysis tools were used. The results indicate an increase of approximately 29.5% in average radiance, even with a slight decrease in population, showing that light pollution is not directly related to the number of inhabitants. This increase is not uniform and is concentrated mainly in industrial hubs linked to the marble and granite sector, new commercial areas, and recent residential developments. The study highlights the importance of integrating artificial lighting control guidelines into urban planning.

Keywords: Artificial Light at Night; Remote Sensing; VIIRS; Urban Planning; Radiance.

INTRODUÇÃO

A poluição luminosa tem sido um dos impactos ambientais mais presentes nas áreas urbanas contemporâneas. Resultante principalmente do uso excessivo ou inadequado

da iluminação artificial noturna, esse fenômeno ultrapassa a questão estética e passa a interferir diretamente nos sistemas naturais, na saúde humana e na forma como as cidades se desenvolvem [1][2].

Tradicionalmente associada à perda da visibilidade do céu noturno, a poluição luminosa envolve diferentes manifestações, como o brilho do céu, o ofuscamento e a intrusão luminosa em ambientes internos [3][4]. No entanto, seus efeitos vão além da observação astronômica e podem causar impacto ao equilíbrio de ecossistemas e alterar ciclos biológicos essenciais de diversas espécies [5][6].

Estudos indicam que a exposição contínua à luz artificial durante a noite interfere diretamente nos ritmos circadianos, afetando a produção hormonal e a qualidade do sono [7][8]. Essas alterações estão associadas a problemas metabólicos, como obesidade e diabetes, além de evidências do risco de doenças mais graves, incluindo câncer [9][10]. Pesquisas mais recentes também ampliam essa discussão ao relacionar a poluição ambiental, incluindo a luminosa, a doenças cardiovasculares e hipertensão, o que reforça seu papel como fator de risco ainda subestimado [11][12][13].

Além dos impactos na saúde humana, a poluição luminosa provoca mudanças significativas nos ecossistemas. A iluminação artificial noturna afeta o comportamento de animais, com interferência em padrões de alimentação, reprodução e migração [1]. Algumas pesquisas específicas evidenciam efeitos em diferentes níveis da cadeia ecológica, como alterações fisiológicas em peixes migratórios, desorientação de tartarugas marinhas e impactos em polinizadores noturnos, fundamentais para a segurança alimentar [14][15][16]. Além disso, mudanças na vegetação urbana também têm sido observadas, como o atraso na queda de folhas, atribuída pelos pesquisadores, em função da iluminação artificial [17].

No contexto urbano, a expansão da iluminação está diretamente ligada ao crescimento econômico, à valorização imobiliária e às novas dinâmicas de uso do espaço. Ambientes urbanos cada vez mais iluminados são frequentemente associados à segurança, ao consumo e à estética das chamadas “cidades instagramáveis” [18]. No entanto, essa intensificação da iluminação nem sempre é acompanhada de critérios técnicos ou ambientais adequados, o que pode contribuir para o aumento da poluição luminosa [19].

No Brasil, apesar do avanço das discussões sobre o tema, ainda há lacunas significativas em termos de regulamentação e planejamento urbano voltado ao controle da iluminação artificial [19]. A ausência de diretrizes mais rigorosas favorece a expansão desordenada da luz artificial, especialmente em áreas em crescimento urbano e industrial.

Nesse cenário, torna-se desejável compreender como a poluição luminosa evolui nas cidades, onde o crescimento urbano nem sempre está acompanhado de planejamento ambiental adequado. Assim, este estudo tem como objetivo analisar a evolução da radiância noturna no meio urbano, tendo como estudo de caso o município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), para identificação de padrões espaciais relacionados à expansão urbana e ao desenvolvimento industrial.

MÉTODO

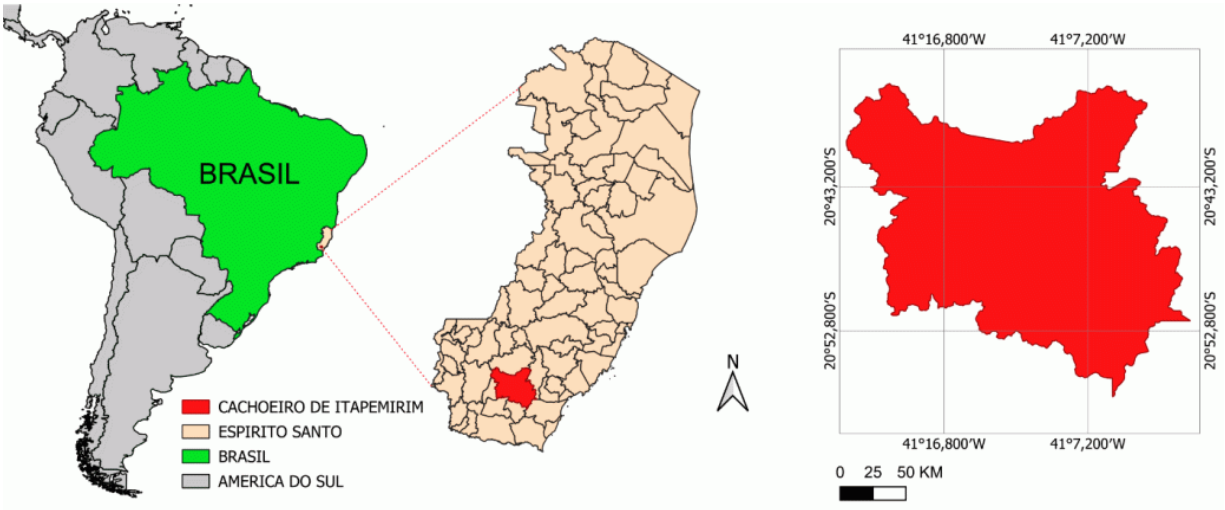
A metodologia adotada fundamenta-se na análise territorial do município de Cachoeiro de Itapemirim, escolhida para estudo de caso, com foco na evolução da poluição luminosa a partir da interpretação de mapas anuais de luzes noturnas,

gerados com base em imagens de satélite no período de 2012 a 2025. O recorte temporal foi definido pela disponibilidade dos dados no portal Light Pollution Map (www.lightpollutionmap.info) cujo recorte se inicia em 2012 e tem como dado mais recente o ano de 2025. Assim, optou-se pela análise de todos os anos disponíveis. O método foi estruturado em três etapas, detalhadas em sequência.

1. Área de estudo

O município de Cachoeiro de Itapemirim foi definido como recorte da área de estudo, localizado na região sul do estado do Espírito Santo (Figura 1) e com uma área territorial de 864,583 km² [20]. Segundo o Censo Demográfico de 2022, o município apresenta uma população de 185.786 habitantes, com densidade demográfica de 214,89 hab/km² [20]. A cidade exerce papel de centralidade regional, sendo o principal polo econômico e de serviços desta região do estado [21].

Figura 1: Mapa de localização do município de Cachoeiro de Itapemirim em diferentes escalas.



Fonte: os autores.

A economia local é historicamente baseada na extração e beneficiamento de rochas ornamentais, o que lhe confere reconhecimento como “Capital do Mármore e Granito”. Esse setor, aliado ao comércio e aos serviços, contribui para um dos maiores PIBs do estado [22]. Do ponto de vista físico, o território apresenta relevo acidentado, com a sede municipal situada em um vale cortado pelo Rio Itapemirim [23]. A mancha urbana concentra-se nesse vale, enquanto distritos rurais, mais espalhados pelo território, apresentam forte presença de atividades mineradoras e agropecuárias [24].

O processo de urbanização e a consolidação de áreas industriais indicam elevada demanda por iluminação artificial. Considerando que o crescimento urbano está diretamente relacionado ao aumento da luminosidade noturna [25], o município configura-se como um caso relevante para análise da evolução da poluição luminosa no estado. Contudo, para realização dessa avaliação, é preciso definir a formas de obtenção dos dados e sua posterior análise. Consequentemente, adotou-se o sensoriamento remoto para essa etapa, método consolidado na literatura e capaz de fornecer dados sobre a luz emitida para o espaço de toda a extensão territorial do município [3].

2. Base de dados

Os dados de luzes noturnas foram obtidos por meio do portal Light Pollution Map (www.lighpollutionmap.info), baseados em dados extraídos do sensor VIIRS, com informações anuais de radiância (nW cm^{-2} sr^{-1}) entre 2012 e 2025 [26]. A área do município foi previamente delimitada na plataforma, garantindo a padronização da análise espacial ao longo de todo o período estudado. Após a delimitação, são extraídas imagens com dados de luzes noturnas desse recorte.

As imagens foram adquiridas em formato GeoTIFF, com pixels de 32 bits, e processadas no software QGIS (Quantum Geographic Information System) versão 3.44.4. Cada imagem raster foi convertida em polígonos vetoriais, permitindo associar os valores de radiância a unidades espaciais específicas e viabilizando análises comparativas entre os diferentes anos. Deste modo, as imagens são divididas em pixels e cada um deles carrega um valor de radiância.

Para melhor espacialização das informações sobre radiância nas imagens geradas, os dados foram classificados por meio de simbologia graduada. Para isso, foi adotada uma abordagem complementar, com a representação cartográfica realizada por meio de gradientes de cor, facilitando a leitura e a comparação visual, ao longo do tempo, das informações contidas nos mapas.

Foi aplicada uma classificação detalhada, composta por dez níveis de radiância (0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 32,0; 64,0; 128,0 nW cm^{-2} sr^{-1}), organizada em progressão exponencial, na qual cada classe compreende níveis que vão do valor inicial até o seu dobro. A primeira classe é correspondente ao nível nulo (zero) e a segunda inicia em 0,5 nW cm^{-2} sr^{-1}, visto que que radiâncias inferiores a esse valor são tratadas como ruído de fundo e atribuídas como zero nos produtos VIIRS [26]. Essa abordagem permitiu evidenciar com maior precisão as áreas com maior intensidade luminosa.

3. Processamentos de análise

No QGIS, foi realizada a sobreposição dos mapas de poluição luminosa dos anos de 2012 e 2025 sobre imagens de satélite recentes, a qual permitiu identificar, com maior precisão, as áreas com os níveis mais elevados de radiância. Esse procedimento possibilitou a delimitação das regiões mais impactadas pela iluminação artificial e sua relação com o uso e ocupação do solo.

A análise da dinâmica urbana foi complementada com o uso das imagens históricas disponíveis na plataforma Google Earth Pro. Essas imagens correspondem a mosaicos formados por diferentes cenas orbitais, organizadas pela própria plataforma com base em critérios como melhor qualidade visual e menor cobertura de nuvens, considerando períodos próximos às datas de referência (setembro de 2012 e julho de 2025). Embora essas imagens não representem registros obtidos em uma única captura, a resolução espacial disponível foi suficiente para permitir a identificação visual de novas áreas de expansão urbana e das mudanças na cobertura do solo durante o recorte temporal utilizado.

O Adobe Photoshop foi utilizado como ferramenta complementar às análises de geoprocessamento executadas no QGIS, apenas para a sobreposição das imagens em camadas e o ajuste da opacidade. Esse procedimento permitiu comparar visualmente as áreas de radiância e identificar mudanças na malha urbana. A partir da comparação entre as imagens de 2012 e 2025, foi possível observar o surgimento de novas regiões edificadas e de infraestruturas viárias, relacionando essas mudanças às alterações na distribuição da emissão luminosa.

A partir da comparação com os mapas de poluição luminosa gerados no QGIS, foi possível verificar a correspondência entre o aumento da radiância e as áreas de maior crescimento urbano ao longo do período analisado. Para compreender a dinâmica desse crescimento, realizou-se uma identificação das mudanças na ocupação do solo. Esta análise apresentou um caráter qualitativo e exploratório, sendo utilizada apenas como apoio à interpretação espacial dos dados de radiância obtidos pelo sensor VIIRS.

Os dados anuais de radiância, referentes ao período de 2012 a 2025, foram exportados do QGIS em formato de planilha e organizados no Microsoft Excel. Para cada ano, realizou-se a soma dos valores de radiância, seguida do cálculo da média anual, o que permitiu a construção de uma série temporal representativa da evolução da poluição luminosa no município. Com base nesses dados, foi elaborado um gráfico com a média de radiância ao longo do recorte temporal analisado, para uma análise comparativa direta.

Outro dado analisado foi a radiância *per capta* do município. Para chegar a esse índice, foram cruzados os valores médios de radiância com os dados populacionais disponíveis dos Censos Demográficos de 2010 e 2022, diante da ausência de dados oficiais para os anos exatos de 2012 e 2025, referentes aos mapas gerados de poluição luminosa. Essa abordagem permitiu analisar, de forma integrada, a relação entre a variação populacional e o comportamento da radiância ao longo do período estudado.

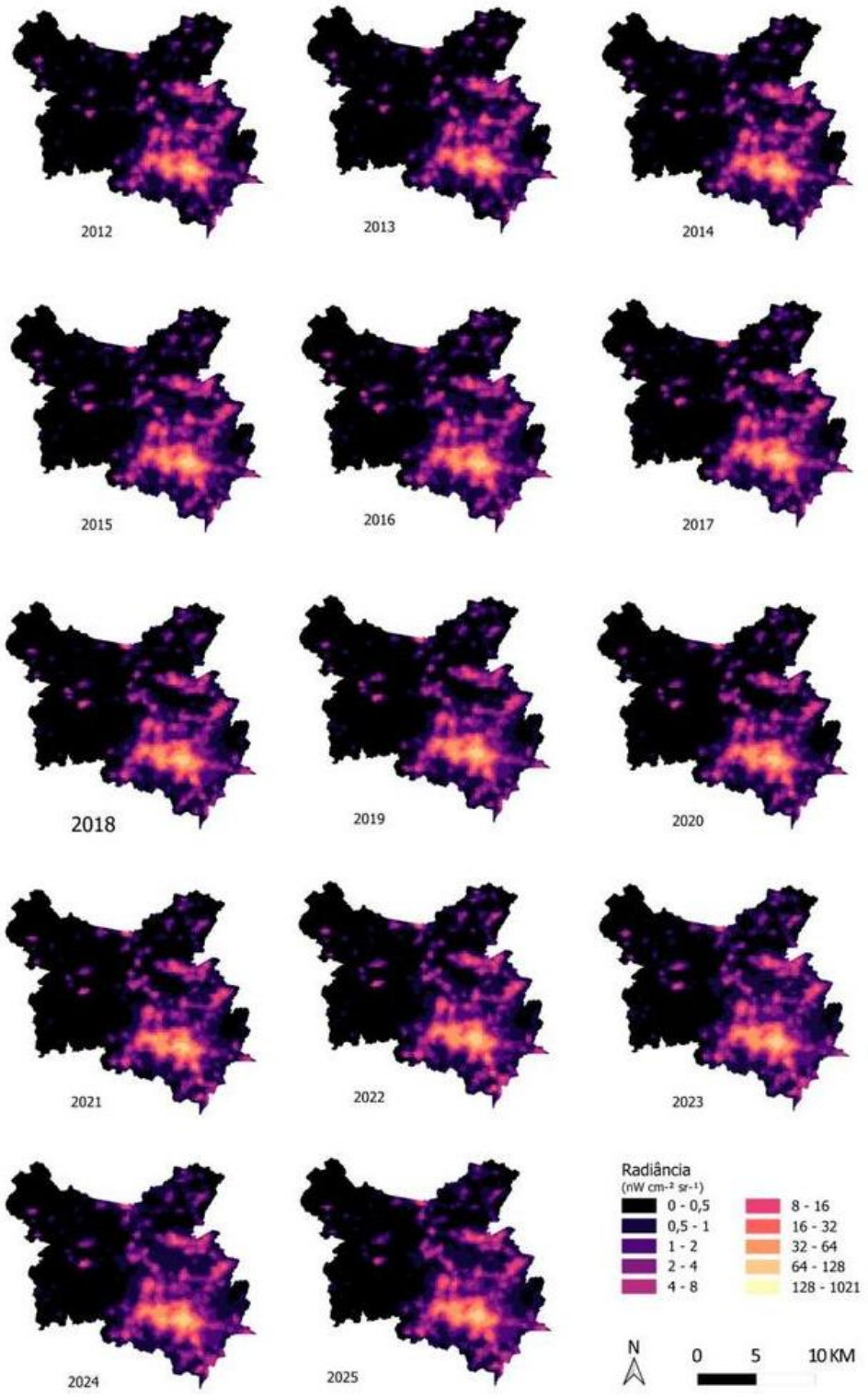
RESULTADOS

A análise dos dados foi baseada na interpretação dos mapas de poluição luminosa de 2012 a 2025 gerados no QGIS. Com esse método, é possível identificar áreas do território com registro de níveis de radiância, identificar áreas mais críticas, com níveis mais elevados, assim como áreas sem registro de emissão de luz noturna. Na série temporal de mapas produzidos a partir dos dados de radiância, a espacialização da informação se torna mais evidente e de fácil interpretação, sendo possível acompanhar a evolução da emissão de luz noturna em diferentes porções do território do município ao longo dos anos.

Nos mapas gerados, é possível identificar uma parcela significativa do território que se manteve sem registro de radiância ao longo do período analisado (Figura 2). Essa área, com radiância nula, correspondia a 55,7% do território em 2012, mas apresentou uma redução para 46,4% em 2025. Esse comportamento indica a expansão da área total iluminada no município, o que sugere o avanço da ocupação urbana e da iluminação artificial em regiões anteriormente não iluminadas. A redução das áreas escuras pode

ser entendida como um indicativo da fragmentação do habitat noturno, fenômeno frequentemente observado em cidades que passam por processos acelerados de espraiamento urbano [3].

Figura 2: Mapas anuais de radiância em Cachoeiro de Itapemirim (ES).

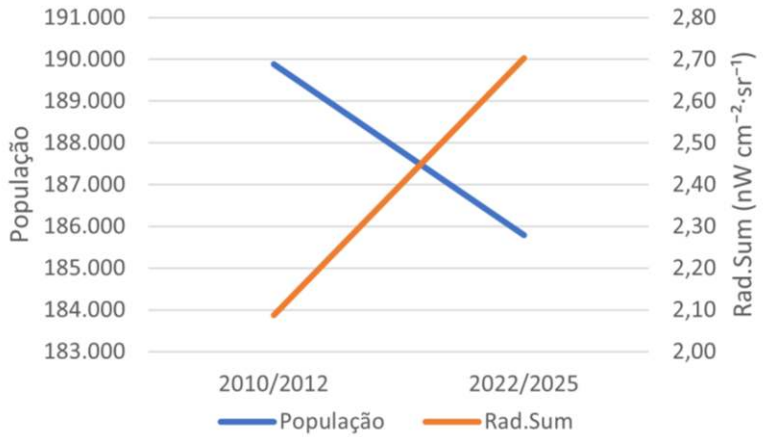


Fonte: os autores.

Inicialmente, verificou-se uma diferença significativa entre o comportamento da população e da radiância ao longo do período analisado. Enquanto o número de

habitantes do município apresentou uma redução aproximada de 2,16%, [20] a radiância total registrou um aumento de cerca de 29,5% (Figura 3). Apesar de algumas pesquisas indicarem a relação direta entre esses dois fatores [29], o resultado encontrado nessa investigação evidencia que o crescimento da poluição luminosa da região analisada não está diretamente relacionado ao aumento populacional do município. Estudos corroboram a ideia de que a emissão de luz artificial vem aumentando, em média, a um ritmo superior ao crescimento populacional e até mesmo ao do Produto Interno Bruto (PIB) das regiões [25].

Figura 3: Relação entre população e radiância *per capita*.

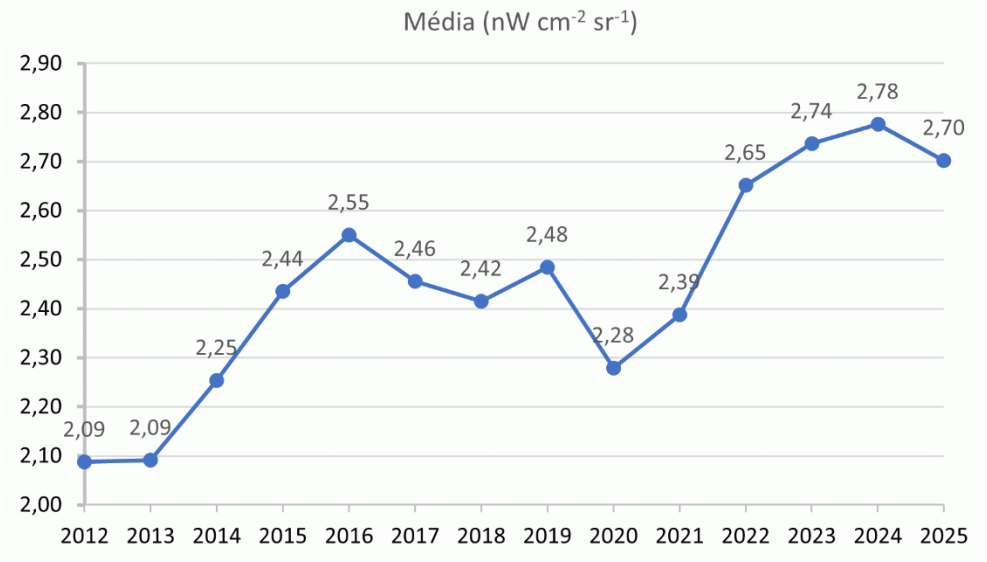


Fonte: os autores.

Observa-se uma dissociação entre o crescimento demográfico e a intensificação da radiância no período noturno. O aumento da poluição luminosa no município está mais associado à forma como o território vem sendo ocupado e iluminado do que, necessariamente, ao número de habitantes. Esse comportamento indica que a expansão urbana e as atividades econômicas exercem, no território analisado, maior influência sobre a emissão de luz artificial do que a dinâmica populacional.

Na análise temporal, os dados da média anual de radiância apresentam um crescimento não linear ao longo do período estudado. Entre 2012 e 2016, observa-se um aumento contínuo da média de radiância, passando de 2,09 para 2,55 nW cm^{-2} sr^{-1}. Em seguida, há uma fase de oscilações entre 2017 e 2019, com pequenas variações nos valores. No ano de 2020, ocorre uma queda mais acentuada (menor índice registrado após o período de crescimento inicial), no qual foi observada uma média de 2,28 nW cm^{-2} sr^{-1}. As variações dos valores de radiância são comuns e podem ser provocados por diversos motivos [27], porém, essa redução pode estar associada aos efeitos da pandemia da COVID-19, período marcado pela diminuição das atividades econômicas, comerciais e da circulação urbana [28]. A partir de 2021, a radiância volta a apresentar crescimento progressivo, com aumento mais expressivo entre 2021 e 2022. Esse avanço se mantém até 2024, ano em que se registra o maior valor (2,78 nW cm^{-2} sr^{-1}). Em 2025, observa-se uma leve redução da emissão para 2,70 nW cm^{-2} sr^{-1} (Figura 4).

Figura 4: Radiância média anual no período de 2012 a 2025.



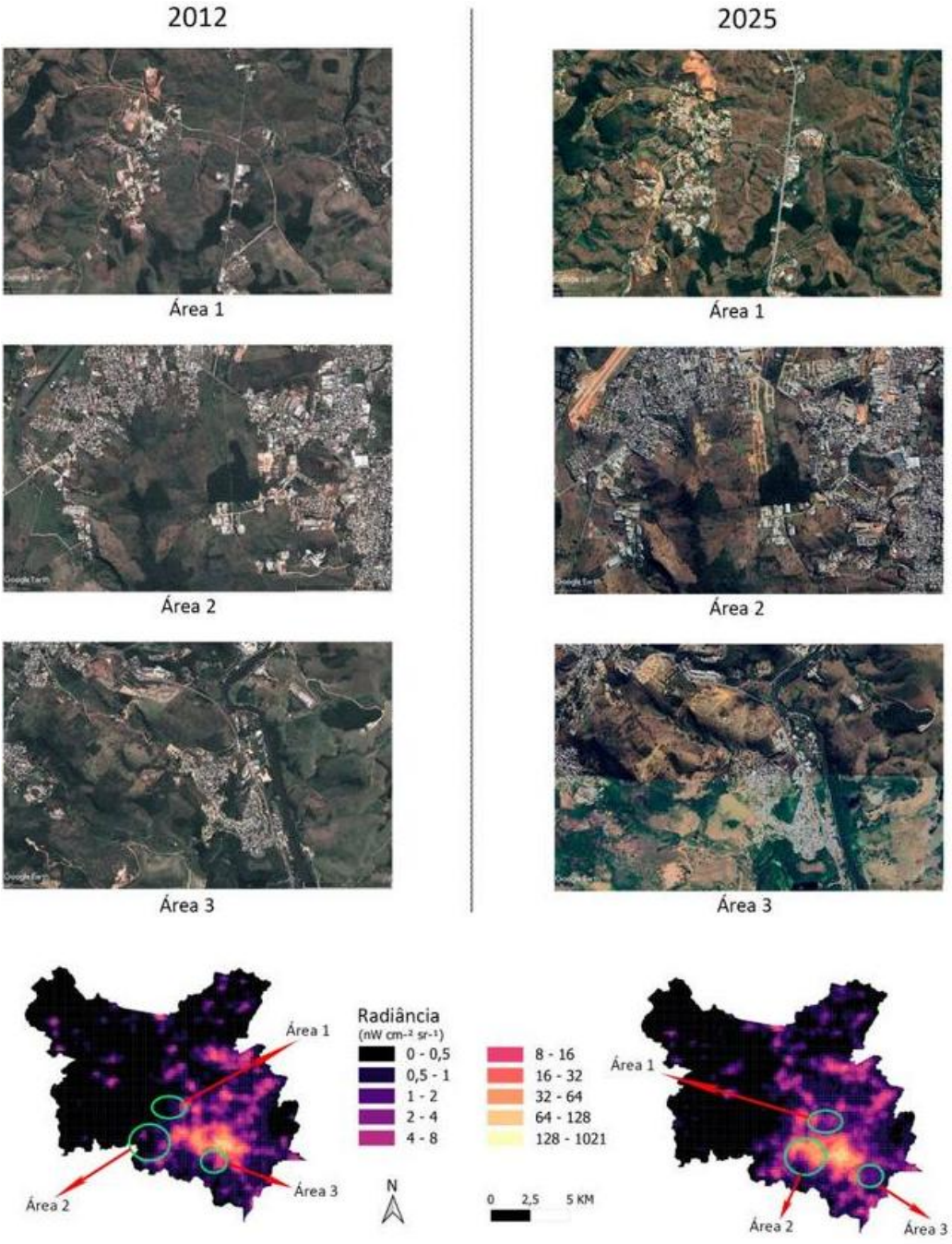
Fonte: os autores.

Do ponto de vista espacial, a sobreposição dos mapas de 2012 e 2025 permitiu identificar as áreas com maior aumento de radiância (Figura 5). A sobreposição dos dados indicou que os maiores aumentos de radiância coincidem com as áreas onde estão localizados os polos industriais do setor de rochas ornamentais, principalmente de mármore e granito. Esses resultados sugerem que o funcionamento das indústrias no período noturno e a necessidade de iluminação constante dos pátios logísticos, por questões de segurança, podem estar relacionados aos maiores níveis de luminosidade registrados nessas áreas, corroborando dados encontrados em outras pesquisas que indicam as atividades industriais como grandes emissoras de luz para o espaço [30].

Além disso, áreas que passaram por expansão urbana recente, como novos loteamentos residenciais e condomínios, também apresentaram aumento significativo da emissão de luz. Cabe destacar que, nesses últimos casos, a infraestrutura urbana, incluindo a iluminação viária, é criada, e só posteriormente a área começa a ser ocupada com edificações. Nesse período inicial de consolidação da ocupação dos lotes, que pode se alongar por muitos anos, algumas ruas ficam iluminadas durante toda a noite, mesmo sem a presença de moradores ou usuários nessas vias. Esse fato contribui para o aumento de emissões de luz da região, mesmo sem registrar um aumento populacional significativo.

Entretanto, essa relação constitui uma hipótese interpretativa baseada na coincidência espacial observada, não sendo possível comprová-la diretamente apenas com os dados utilizados nesta pesquisa. Outro fator relevante identificado foi o crescimento de áreas comerciais, que contribuem para a intensificação da iluminação noturna, especialmente em regiões de maior fluxo urbano. Esses espaços tendem a apresentar maior demanda por iluminação tanto por questões de visibilidade quanto por aspectos relacionados à segurança e à busca por efeitos de caráter estético em determinadas áreas urbanas [18].

Figura 5: Imagens de satélite e mapas de radiância da área de estudo em 2012 e 2025.



Nota: Comparação entre imagens de satélite (2012 e 2025) e mapas de radiância da área de estudo em Cachoeiro de Itapemirim (ES). Fonte: imagens de satélite Google Earth (2012 e 2025); Mapas autorais.

De forma geral, os resultados apontam que a poluição luminosa em Cachoeiro de Itapemirim está mais relacionada às transformações no uso e ocupação do solo do que à variação do número de habitantes. Esse padrão evidencia a importância de considerar o planejamento da iluminação urbana como parte estratégica do desenvolvimento municipal, visto que sua distribuição ocorre de maneira heterogênea no território, concentrando-se nas áreas de maior dinamismo econômico e recente expansão. Diante disso, torna-se fundamental incorporar critérios de controle da iluminação artificial nas políticas de planejamento territorial, uma vez que o avanço da

radiância se mostra fortemente associado às transformações promovidas pelo processo de urbanização, e não apenas ao crescimento populacional.

CONCLUSÃO

Este estudo analisou a relação da poluição luminosa, baseada em dados de sensoriamento remoto de luzes noturnas, com as transformações no uso e ocupação do solo de um município médio do Brasil, localizado no Espírito Santo. A metodologia proposta mostrou-se adequada para o alcance do objetivo. Foi demonstrado que, assim como ocorre em outros centros urbanos, Cachoeiro de Itapemirim apresenta uma expansão acelerada da poluição luminosa, com aumento de quase 30% na emissão de luz para o céu em 14 anos. Destaca-se a dissociação entre esse crescimento e a dinâmica populacional, indicando que a intensificação da iluminação não está necessariamente associada ao aumento demográfico, mas a padrões de ocupação e atividades econômicas. Os principais focos desse avanço concentram-se nos polos de rochas ornamentais e nas áreas de expansão residencial. Pode-se inferir, ainda, que a possível ausência de critérios técnicos na iluminação urbana contribui para o desperdício energético e potenciais impactos ao ambiente e à saúde.

Diante desses resultados, torna-se importante incorporar diretrizes de controle da iluminação artificial ao planejamento urbano, incluindo a adoção de luminárias com melhor direcionamento do fluxo luminoso, redução da emissão de luz para o céu e critérios técnicos compatíveis com as características de cada área da cidade. O monitoramento por sensoriamento remoto, como o realizado nesta pesquisa, demonstra potencial para acompanhar a evolução da poluição luminosa ao longo do tempo e subsidiar políticas públicas voltadas ao desenvolvimento urbano. Dessa forma, torna-se possível conciliar o crescimento econômico e a expansão das cidades com a preservação da qualidade do ambiente noturno e a redução dos impactos ambientais associados ao uso excessivo da iluminação artificial.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES).

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o a ferramenta DeepL Translate para a tradução do resumo (*abstract*). Após a utilização da ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] BRAYLEY, O.; HOW, M.; WAKEFIELD, A. Biological Effects of Light Pollution on Terrestrial and Marine Organisms. **International Journal of Sustainable Lighting**, v. 24, n. 1, p. 13–38, 2022. DOI: https://doi.org/10.26607/ijsl.v24i1.117.

[2] ARAUJO, J. L.; PICAZZIO, E. Implicações da poluição luminosa nas áreas das ciências e da sociedade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 12, p. 105–119, 2021. DOI: https://doi.org/10.51891/rease.v7i12.3449.

[3] FALCHI, F. *et al*. The new world atlas of artificial night sky brightness. **Science Advances**, v. 2, n. 6, p. e1600377, 2016. DOI: https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377.

[4] DARKSKY INTERNATIONAL. **What is light pollution?** 2026. Disponível em: https://darksky.org/resources/what-is-light-pollution/. Acesso em: 18 março 2026.

[5] JÄGERBRAND, A. K.; SPOELSTRA, K. Effects of anthropogenic light on species and ecosystems. **Science**, v. 380, n. 6650, p. 1125–1130, 2023. DOI: https://doi.org/10.1126/science.adg3173.

[6] HASSAN, N. E. Light Pollution and Its Effects on Human Health and the Environment: a review. **Asian Journal of Environment & Ecology**, v. 23, n. 10, p. 96–108, 2024. DOI: https://doi.org/10.9734/ajee/2024/v23i10613.

[7] COLEMAN, C. *et al*. Associations of sleep duration and quality with risk of incident obesity, diabetes, and metabolic syndrome. **Chronobiology International**, v. 42, n. 11, p. 1528–1535, 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/07420528.2025.2556840.

[8] JIAO, Y. *et al*. Sleep disorders impact hormonal regulation: unravelling the relationship among sleep disorders, hormones and metabolic diseases. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 17, n. 1, p. 1–11, 2025. DOI: https://doi.org/10.1186/s13098-025-01871-w.

[9] JAMES, P. *et al*. Outdoor Light at Night and Breast Cancer Incidence in the Nurses' Health Study II. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, n. 8, p. 1–11, 2017. DOI: https://doi.org/10.1289/EHP935.

[10] PRAJAPATI, N. *et al*. Outdoor Exposure to Artificial Light at Night and Breast Cancer Risk: a case-control study nested in the e3n-generations cohort. **Environmental Health Perspectives**, v. 133, n. 5, p. 1–11, 2025. DOI: https://doi.org/10.1289/ehp15105.5.

[11] MÜNZEL, T. *et al*. A comprehensive review/expert statement on environmental risk factors of cardiovascular disease. **Cardiovascular Research**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1093/cvr/cvaf119.

[12] RAJZER, M. *et al*. The impact of environmental pollution and climate change on hypertension: a position paper by the European Society of Hypertension (ESH). **Cardiovascular Research**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1093/cvr/cvag061.

[13] GOMEZ-DELGADO, F. *et al*. Environmental pollution and cardiovascular health. Challenges and new perspectives. **Clinica e Investigacion En Arteriosclerosis**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.arteri.2025.500802.

[14] SCHUMANN, S. *et al*. Impact of artificial light at night (ALAN) on cardiac function and acute oxidative stress physiology in migratory brown trout smolts. **Environmental Pollution**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.envpol.2025.126593.

[15] DIMITRIADIS, C. *et al*. Artificial night lighting in the Mediterranean: Management priorities and constraints for sea turtle conservation. **Marine Pollution Bulletin**, 2026. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2026.119476.

[16] OTIENO, M.; PETERS, M. K.; STEFFAN-DEWENTER, I. Safeguarding nocturnal pollinators for food security in sub-Saharan Africa. **Trends in Ecology & Evolution**, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tree.2025.08.002.

[17] Chen, Y., Qu, W., Zohner, C. M., Peñuelas, J., Wu, C. Increased artificial illumination delays urban autumnal foliar senescence. **Nature Communications,** 2026. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-025-68246-7.

[18] FELLOWS, M. F. M. *et al*. Cidades Instagramáveis: a iluminação urbana e o turismo focado no instagram. **Revista de Tecnologia & Gestão Sustentável**, v. 2, n. 7, p. 47–58, 2023. DOI: https://doi.org/10.17271/rtgs.v2i7.4636.

[19] MARQUES, J. R. A poluição luminosa e a legislação brasileira. **Em Tempo**, v. 21, n. 2, p. 125–135, 2022. DOI: https://doi.org/10.26729/et.v21i2.3451.

[20] IBGE. **Cachoeiro de Itapemirim: Panorama**. 2026. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/cachoeiro-de-itapemirim/panorama. Acesso em: 23 março 2026.

[21] PREFEITURA DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM. **História da Cidade**. 2026. Disponível em: https://www.cachoeiro.es.gov.br/a-cidade/historia/. Acesso em: 23 março 2026.

[22] IJSN. **PIB Municipal**. 2026. Disponível em: https://ijsn.es.gov.br/publicacoes/cadernos/pib-municipal. Acesso em: 23 março 2026.

[23] PREFEITURA DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM. **Plano Municipal de Meio Ambiente (PMMA)**. 2023. Disponível em: https://pmma.etc.br/wp-content/uploads/2023/12/PMMA-Cachoeiro-de-Itapemirim.pdf. Acesso em: 23 março 2026.

[24] INCAPER. **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER): Cachoeiro de Itapemirim**. 2026. Disponível em: https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Cachoeiro.pdf. Acesso em: 17 abril 2026.

[25] KYBA, C. C. M. *et al*. Citizen scientists report global rapid reductions in the visibility of stars from 2011 to 2022. **Science**, v. 379, n. 6629, p. 265-268, 2023. DOI: https://doi.org/10.1126/science.abq7781.

[26] STARE, J. **Light Pollution Map**. 2024. Disponível em: https://www.lightpollutionmap.info/. Acesso em: 7 abril 2026.

[27] ROMÁN, M. O. *et al*. NASA's Black Marble nighttime lights product suite. **Remote Sensing of Environment**, v. 210, p. 113–143, jun. 2018. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.rse.2018.03.017.

[28] JECHOW, A.; HÖLKER, F. Evidence That Reduced Air and Road Traffic Decreased Artificial Night-Time Skyglow during COVID-19 Lockdown in Berlin, Germany. **Remote Sensing**, v. 12, n. 20, p. 3412, 17 out. 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/rs12203412.

[29] DIAS, F.; KAWAKUBO, F. S. Mapeamento bibliométrico e revisão sistemática da aplicação dos dados de sensoriamento remoto de luz noturna. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 45, e229207, 2025. DOI: https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2025.229207.

[30] RAHIM, R.; MARUF, A. A.; ISLAM, F. M. I.; RAHMAN, M. Spatial distribution of light pollution severity through GIS & remote sensing: a study based on Rajshahi and Dhaka District in Bangladesh. **GeoJournal**, v. 89, n. 198, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s10708-024-11172-w.