



# A CIDADE NOTURNA: UMA ANÁLISE DAS DINÂMICAS URBANAS POR MEIO DA LUZ ARTIFICIAL NO CENTRO EXPANDIDO DE BLUMENAU/SC (TECNOPOLÍTICAS DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL)

**Keila Tyciana Peixer**

FURB – Universidade Regional de Blumenau | kpeixer@furb.br

**Marcos Antônio Mattedi**

FURB – Universidade Regional de Blumenau | mam@furb.br

**Maiko Rafael Spiess**

FURB – Universidade Regional de Blumenau | mspiess@furb.br

**Letícia Pires**

FIAP – Faculdade de Informática e Administração Paulista | leticiapyres@gmail.com

---

## Sessão Temática 5: Tecnopólicas do planejamento e desenvolvimento regional

---

**Resumo:** Este artigo analisa a cidade noturna, considerando a influência da luz artificial no centro expandido de Blumenau/SC. Tem como objetivo investigar as dinâmicas espaciais e temporais associadas à iluminação, compreendendo como a distribuição e a intensidade da luz refletem as transformações urbanas. Os procedimentos metodológicos incluíram a coleta de dados de imagens de satélite do sensor Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), a análise em plataformas como QGIS e Python e o desenvolvimento de séries temporais para identificar tendências, padrões sazonais e resíduos. Os resultados destacam a importância de incorporar a dimensão noturna no planejamento urbano, utilizando a luz artificial como proxy para captar transformações espaciais e sociais. Metodologicamente, o uso de dados de imagens de satélite mostrou-se eficaz para captar padrões, embora apresente restrições em contextos locais. Essas limitações reforçam a importância de integrar abordagens complementares, com o uso de inteligência artificial e reconhecimento de padrões para explorar outros aspectos relacionados.

**Palavras-chave:** cidade noturna; centro expandido; iluminação artificial; imagens de satélite (NTL); dinâmica urbana.

# THE NOCTURNAL CITY: AN ANALYSIS OF URBAN DYNAMICS THROUGH ARTIFICIAL LIGHTING IN THE EXPANDED CENTER OF BLUMENAU/SC

**Abstract:** *This article analyses the nocturnal city, considering the influence of artificial lighting in the expanded city center of Blumenau/SC. Its aim is to investigate the spatial and temporal dynamics associated with lighting, understanding how the distribution and intensity of light reflect and shape urban transformations. The methodological procedures included collecting satellite imagery data from the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), analysis through platforms such as QGIS and Python, and the development of time series to identify trends, seasonal patterns, and residuals. The results highlight the importance of incorporating the nocturnal dimension into urban planning, using artificial lighting as a proxy to capture spatial and social transformations. Methodologically, the use of satellite imagery proved effective in identifying patterns, although revealed limitations in addressing local contexts. These constraints underscore the necessity of integrating complementary approaches, leveraging artificial intelligence and pattern recognition to explore other related aspects.*

**Keywords:** *nocturnal city; expanded center; artificial lighting; satellite imagery (NTL); urban dynamics.*

# LA CIUDAD DE NOCHE: UN ANÁLISIS DE LA DINÁMICA URBANA UTILIZANDO LUZ ARTIFICIAL EN EL CENTRO AMPLIADO DE BLUMENAU/SC

**Resumen:** *Este estudio analiza la ciudad nocturna, considerando la influencia de la luz artificial en el centro ampliado de Blumenau/SC. Su objetivo es investigar las dinámicas espaciales y temporales asociadas a la iluminación, entendiendo cómo la distribución y la intensidad de la luz reflejan las transformaciones urbanas. Los procedimientos metodológicos incluyeron la recopilación de datos de imágenes satelitales del sensor Visible Infrarrojo Imaging Radiometer Suite (VIIRS), el análisis en plataformas como QGIS y Python y el desarrollo de series temporales para identificar tendencias, patrones estacionales y residuales. Los resultados resaltan la importancia de incorporar la dimensión nocturna en la planificación urbana, utilizando la luz artificial como proxy para capturar las transformaciones espaciales y sociales. Metodológicamente, el uso de datos de imágenes satelitales demostró ser efectivo para capturar patrones, aunque presenta restricciones en los contextos locales. Estas limitaciones refuerzan la importancia de integrar enfoques complementarios, utilizando inteligencia artificial y reconocimiento de patrones para explorar otros aspectos relacionados.*

**Palabras clave:** *ciudad de noche; centro ampliado; iluminación artificial; imágenes de satélite (NTL); dinámica urbana.*

## INTRODUÇÃO

A evolução urbana, ao longo dos séculos, reflete transformações decorrentes dos avanços tecnológicos, sociais e econômicos. Desde os primeiros assentamentos até as atuais metrópoles globais, as cidades representam centros de interação. A urbanização, juntamente com o avanço tecnológico e a geração de dados em larga escala, tornou-se foco central do debate sobre a integração entre tecnologia e ciência (González; Arenas, 2020). Nesse contexto, a busca por ferramentas para compreender as dinâmicas urbanas deu origem a um novo campo de estudo: a ciência das cidades (Batty, 2013). Impulsionada pela revolução digital e pelo uso de big data e inteligência artificial, essa abordagem conecta dados e teorias para aprofundar o entendimento sobre o urbanismo. Desenvolvida nas últimas décadas, a ciência das cidades propõe um enfoque transdisciplinar, unindo disciplinas como geografia e economia a tecnologias avançadas. Ao interpretar as cidades como sistemas dinâmicos, compostos por subsistemas interdependentes, busca integrar grandes volumes de dados para identificar padrões e comportamentos coletivos.

Os gestores urbanos contam com diversas abordagens para enfrentar os desafios decorrentes das transformações nas cidades. Sob esta ótica, o planejamento urbano utiliza múltiplos níveis de informações como base para orientar decisões estratégicas (Figura 1). Os dados administrativos fornecem elementos para a operacionalização de políticas públicas, embora frequentemente apresentem limitações relacionadas à atualização. Estatísticas gerais e estudos específicos, como planos municipais, complementam essa base de informações, porém apresentam desafios metodológicos, como dificuldades de coleta e representações espaciais restritas. Esses desafios podem comprometer as tomadas de decisões. O avanço tecnológico tem possibilitado o uso de novas fontes de dados, como big data, Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA). Essas tecnologias permitem o monitoramento em tempo real de atividades e oferecem informações de alta fidelidade, ampliando o aprofundamento das análises urbanas.

**Figura 1: Estrutura hierárquica de dados e tecnologias no planejamento urbano**



Diante desse panorama, o debate sobre a cidade noturna destaca-se como uma dimensão historicamente negligenciada no planejamento urbano. Essa perspectiva amplia a análise ao considerar os fluxos e interações que predominam após o pôr do sol. Nesse contexto, novas centralidades se reconfiguram em torno de atividades de lazer, trabalho e descanso. Contudo, esses processos enfrentam desafios, como insegurança e desigualdades de acesso, conforme apontado por Gwiazdzinski (2002; 2011 e 2019). Com avanços como a iluminação pública e a colonização das atividades diurnas para o período noturno, surgem possibilidades de integrar os ritmos temporais da cidade. A incorporação dessa dimensão ao planejamento urbano requer um olhar que integre a noite como elemento central, permitindo uma compreensão mais ampla das complexidades urbanas.

A compreensão da cidade noturna pode ser realizada por diferentes técnicas e abordagens que investigam interações sociais, econômicas e espaciais. Pesquisas etnográficas analisam práticas culturais e sociais, indicando como a população utiliza os espaços urbanos após o anoitecer (Sevaio, 2021). Dados de mobilidade urbana permitem identificar padrões de deslocamento e sua relação com a infraestrutura disponível (Góis, 2018). Estudos sobre segurança pública avaliam a distribuição espacial de crimes e exploram como o planejamento pode mitigar vulnerabilidades (2020). Além disso, a análise de políticas públicas e horários de funcionamento de serviços e comércios permite compreender as relações urbanas e organização econômica da noite (Silva, 2021). Entre essas ferramentas, as imagens de satélite captadas à noite (*Nighttime lights - NTL*) ganham destaque pela riqueza de informações que oferecem (Román, 2018). Essas imagens registram a luminosidade artificial, revelando padrões de ocupação, áreas de atividades e infraestrutura luminosa, que combinadas a outros indicadores, possibilitam análises detalhadas sobre os processos urbanos.

As imagens diurnas da Terra fornecem informações e dados sobre a presença humana e alterações realizadas na paisagem. O monitoramento e a detecção de fontes de luz artificiais na superfície terrestre, por meio das luzes noturnas, oferecem um panorama espacial das atividades (Croft, 1978; Li et al., 2018; Elvidge et al., 2013; Wang et al., 2019). O acesso a bases de dados geoespaciais de alta resolução tem impulsionado pesquisa na área de planejamento urbano. Estudos recentes têm se concentrado na modelagem da expansão urbana e do crescimento populacional, utilizando dados em escalas globais (Fan et al., 2014; Zhou, 2017; Bagan; Yagamata, 2015; Elvidge et al., 1997; Bennet e Simth, 2017; Santos, 2019).

Contudo, a análise em escalas menores, como regional e municipal, permite para compreender as especificidades da dinâmica urbana. A análise de luzes noturnas, como proxy para o desenvolvimento urbano, complementa métodos tradicionais, revelando a necessidade de investigações mais detalhadas em escala urbana para capturar a complexidade dos processos de urbanização. Este estudo utiliza a análise de séries temporais de iluminação noturna para investigar as transformações urbanas no centro expandido de Blumenau/SC. Considerando a heterogeneidade entre os bairros que compõem essa área, a

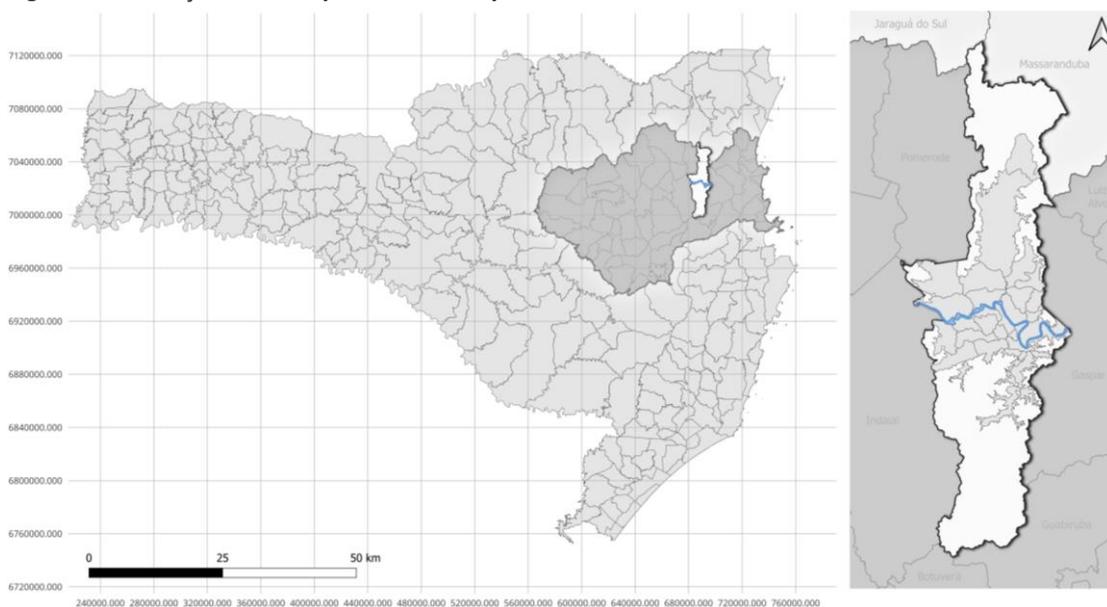
análise busca identificar tendências e padrões sazonais de luminosidade, correlacionando-os com variáveis urbanas para compreender a configuração espacial da cidade.

Considerando esses fatores, este artigo estrutura-se em quatro seções. A primeira contextualiza Blumenau e seu centro expandido. A segunda descreve a metodologia empregada: aquisição de imagens de satélite, pré-processamento e métodos de extração da intensidade luminosa. A terceira seção apresenta e analisa os resultados, correlacionando variações na luminosidade com as transformações espaciais observadas. Por fim, a quarta seção apresenta as considerações finais, discute a validade da metodologia, suas limitações e potencialidades, e sugere direções para pesquisas futuras.

## BLUMENAU E A CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DO CENTRO EXPANDIDO

Blumenau localiza-se em Santa Catarina, na região do Vale do Itajaí (Figura 2). A cidade está situada a 140 km da capital, Florianópolis, e ocupa uma área de 518,61 km<sup>2</sup>. Reconhecida como uma capital regional (IBGE, 2018), consolida-se como a terceira cidade mais populosa de Estado, com 361.855 habitantes (IBGE, 2022). Desde a fundação da colônia em 1850, as transformações espaciais da cidade foram moldadas por fatores econômicos, sociais e políticos. No período colonial, predominava uma economia de subsistência, sustentada por trabalhadores conectados ao Rio Itajaí-Açu, responsável por abastecer a colônia e regiões vizinhas. Com o surgimento da indústria têxtil, ocorreu a expansão urbana, acompanhada de melhorias na infraestrutura e consolidação de áreas industriais. Durante as décadas de 1980 e 1990, a cidade passou por uma reconfiguração econômica, impulsionada pela perda de competitividade da indústria têxtil local. Esse processo foi decorrente da abertura econômica e aumento da concorrência com produtos importados (Siebert, 2008).

**Figura 2: Localização do município de Blumenau/SC**



Fonte: autores.

Como consequência, houve o fechamento de fábricas, fragmentação das cadeias produtivas e a crescente adoção de modelos de terceirização. A reorientação econômica da cidade refletiu-se no crescimento de segmentos como o varejo, a tecnologia e os serviços financeiros, que assumiram um papel central na ocupação do espaço deixado pela retração industrial. Essa diversificação mitigou os impactos sociais e econômicos e contribuiu para a consolidação de uma estrutura produtiva mais heterogênea. Os reflexos foram percebidos também na configuração do espaço urbano, com a expansão do núcleo urbano, configurando um centro expandido. Assim, bairros que antes tinham papel secundário passaram a atrair investimentos e atividades econômicas, favorecendo redistribuição das funções urbanas e promovendo maior integração entre o centro histórico e as áreas adjacentes.

Embora o centro de Blumenau tenha sido objeto de alguns estudos (Budag, 2004; Mattedi, 2009; Knuth, 2017), há uma ausência de investigações sobre os impactos dessas transformações na configuração espacial do centro expandido. Além disso, a maioria das pesquisas concentra-se em atividades diurnas, ignorando as particularidades do período noturno. Nesse contexto, este artigo busca explorar como as dinâmicas noturnas impactam as transformações do centro tradicional em um núcleo expandido de atividades, utilizando dados de intensidade luminosa extraídos de imagens de satélite. Do ponto de vista metodológico, esta investigação busca identificar se os dados de iluminação noturna captados por sensoriamento remoto representam com precisão as atividades urbanas. Explora ainda o potencial desses dados para, no futuro, construir aplicações à análise regionais, permitindo compreender as interações e fluxos entre cidades em um mesmo território.

## CENTRO EXPANDIDO: CARACTERÍSTICAS E DINÂMICAS URBANAS

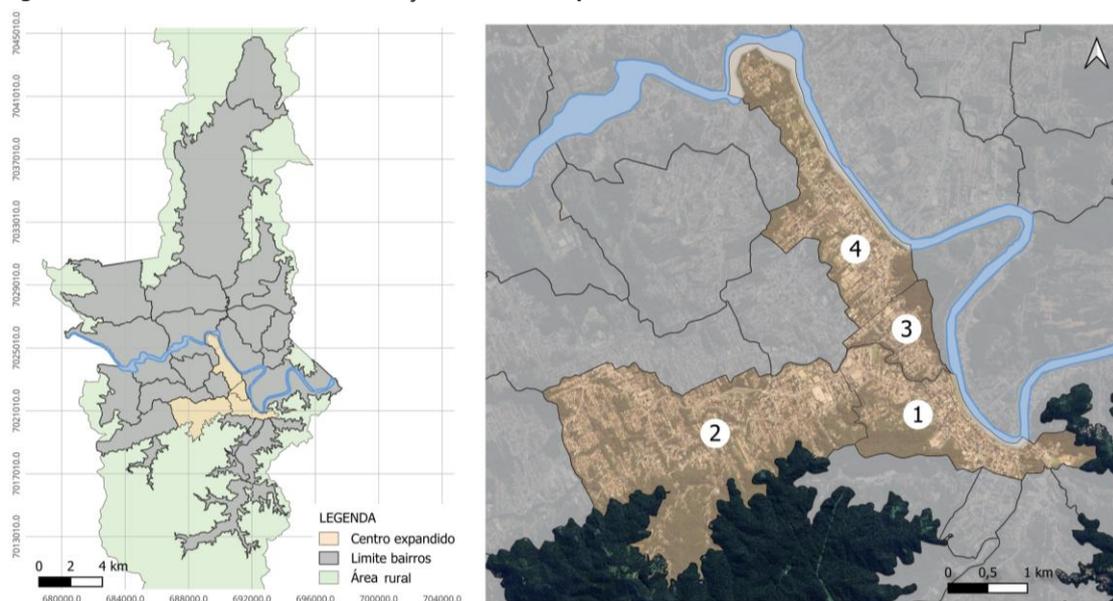
O centro expandido, definido pelos bairros Centro, Velha, Victor Konder e Itoupava Seca, abrange uma população de 36.564 habitantes (Tabela 1). Esses bairros, contíguos em sua extensão territorial, estão interligados por um sistema viário que conecta diferentes regiões do município (Figura 3). Caracterizam-se por uma diversidade funcional e espacial, marcada por contrastes significativos no uso do solo e nas relações no período diurno e noturno. Ao longo do dia, as atividades nesses bairros são distribuídas de forma relativamente uniforme. No entanto, à noite, observa-se uma concentração espacial pontual de atividades relacionadas a serviços, lazer e estudo, que promovem a interação social e fortalecem o papel do centro expandido como uma área multifuncional. Na sequência, serão apresentadas as principais características dos bairros que compõem região, destacando suas especificidades funcionais, demográficas e territoriais.

**Tabela 1: Dados estatísticos populacionais**

Bairro	Área (km <sup>2</sup> )	População Total (hab)	Densidade (hab/km <sup>2</sup> )
Centro	2,37	4.042	1.705
Itoupava seca	2,95	6.581	2.230
Velha	5,85	19.374	3.312
Victor Konder	0,81	6.567	8.107
	<b>11,98</b>	<b>36.564</b>	<b>3.052</b>

Fonte: adaptado de IBGE (2022)

**Figura 3: Bairros de Blumenau e localização do centro expandido**



Nota: 1 – Centro; 2 – Velha; 3 – Victor Konder; 4 – Itoupava Seca  
Fonte: autores.

O bairro Centro constitui o núcleo político, econômico e administrativo do município. Abriga parte do patrimônio histórico, como museus, igrejas e construções enxaimel, que refletem a colonização germânica. As ruas Curt Hering, Capitão Euclides de Castro e Floriano Peixoto destacam-se pela vitalidade noturna, devido à concentração de bares, hotéis e o Hospital Santa Isabel. Em 2016, a Rua Capitão Euclides de Castro foi revitalizada em parceria com a Prefeitura e proprietários, transformando-a em um calçadão. De forma semelhante, em 2021, a Rua Curt Hering passou por um processo de requalificação urbana, com melhorias na acessibilidade e no uso do espaço público (Figura 4). A diversidade de funções e equipamentos consolidam o bairro como um espaço de convergência e intensa interação urbana.

**Figura 4: Bairro Centro - Ruas Capitão Euclides de Castro e Curt Hering**



Nota: Imagem a esquerda – Rua Capitão Euclides de Castro; imagem à direita – Rua Curt Hering

O bairro Velha localiza-se na região centro-sul de Blumenau. Abriga indústrias, comércios e serviços, principalmente, ao longo das vias arteriais, como as ruas João Pessoa, Humberto de Campos, General Osório, Governador Jorge Lacerda e dos Caçadores. Nas vias secundárias, predomina o uso residencial, reforçando a multifuncionalidade do bairro. O bairro abriga importantes equipamentos urbanos, incluindo o Parque Ramiro Ruediger (principal espaço de lazer) e o Parque Vila Germânica (maior centro de eventos da cidade). A realização de grandes

eventos, como feiras, exposições e a Oktoberfest, influencia diretamente a configuração urbana da área.

**Figura 5: Bairro Velha - Parque Ramiro Ruediger e Parque Vila Germânica**



Nota: Imagem a esquerda – Parque Ramiro Ruediger; imagem à direita – Parque Vila Germânica

O bairro Victor Konder distingue-se pela proximidade com o centro da cidade e pela presença de importantes vias de ligação, como a Rua São Paulo e a Avenida Martin Luther, que conectam diferentes regiões do município. Adicionalmente, faz divisa com o bairro onde está situada a FURB - Universidade Regional de Blumenau, fator que contribui para a atração de moradores. Este contexto tem reflexos diretos na alta densidade populacional observada na região. Localizado em uma área plana, o bairro apresenta condições favoráveis à expansão urbana, mas também é suscetível a inundações, o que tem impactado na configuração do uso do solo. Após as grandes enchentes ocorridas na década de 1980, foi possível identificar um processo de verticalização (Figura 6), com o surgimento de edifícios em resposta à necessidade de adaptação ao contexto local. De acordo com o IBGE, atualmente o bairro Victor Konder é o que apresenta a maior densidade populacional de Blumenau.

**Figura 7: Bairro Victor Konder**



Já o bairro Itoupava Seca é caracterizado por uma intensa urbanização e vitalidade urbana. Apresenta importantes vias como as Ruas São Paulo, Engenheiro Paul Werner e Antônio da Veiga, que concentram atividades comerciais, industriais e de serviços. No bairro estão instaladas duas indústrias (Cremer e Altona) e a Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), com três campi, reforçando seu papel como centro de atividades

econômicas e educacionais (Figura 8). Essa diversidade de usos e funções faz da Itoupava Seca um bairro fortemente integrado à estrutura urbana de Blumenau.

**Figura 8: Bairro Itoupava Seca – Rua Antônio da Veiga e vista da universidade**



Nota: Imagem a esquerda – Rua Antônio da Veiga; imagem à direita – Universidade Regional de Blumenau (FURB)

Cabe destacar que, neste estudo, o centro expandido compreende um polígono que não abrange a totalidade dos bairros acima, mas sim áreas específicas, caracterizadas pela concentração de equipamentos urbanos e serviços. Esses pontos geram uma vitalidade urbana intensa que reforça a sua centralidade. O bairro Centro apresenta diversos serviços e equipamentos, com intensa atividade noturna. O bairro Velha se caracteriza por equipamentos de lazer e cultura que atuam como polos de atração. Na Itoupava Seca, a universidade gera fluxos diversificados, enquanto o bairro Victor Konder apresenta alta densidade residencial, refletindo padrões de ocupação vertical. Esses recortes evidenciam áreas de maior dinâmica urbana, facilitando a compreensão das transformações espaciais e funcionais ao longo do tempo (Figura 9).

**Figura 9: Bairros que compõem o centro expandido e localização das áreas de estudo**



Nota: As imagens da primeira linha delimitam o perímetro dos bairros que compõem o centro expandido e indicam os locais (recortes) de maior atividade urbana. As imagens da segunda linha apresentam ampliações dessas áreas.  
Fonte: adaptado pelos autores de Google Earth (2024).

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo utiliza dados de luminosidade noturna captados pelo satélite *Suomi National Polar-orbiting Partnership* (Suomi NPP), da NASA/NOAA. Lançado em outubro de 2011, o satélite conta com cinco sensores de observação da Terra, incluindo o Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS). Este sensor possui uma Banda Dia/Noite (DNB), projetada especificamente para registrar a radiância terrestre durante a noite. A passagem do VIIRS ocorre após as 0h (Elvidge et al., 2013), momento em que, geralmente, há menor atividade iluminada no solo. Os dados fornecidos pelo VIIRS são organizados em coleções que variam de composições anuais a imagens diárias e são disponibilizadas gratuitamente. A seguir, serão detalhados os procedimentos adotados para coleta, extração, processamento, limpeza e análise dos dados utilizados na pesquisa.

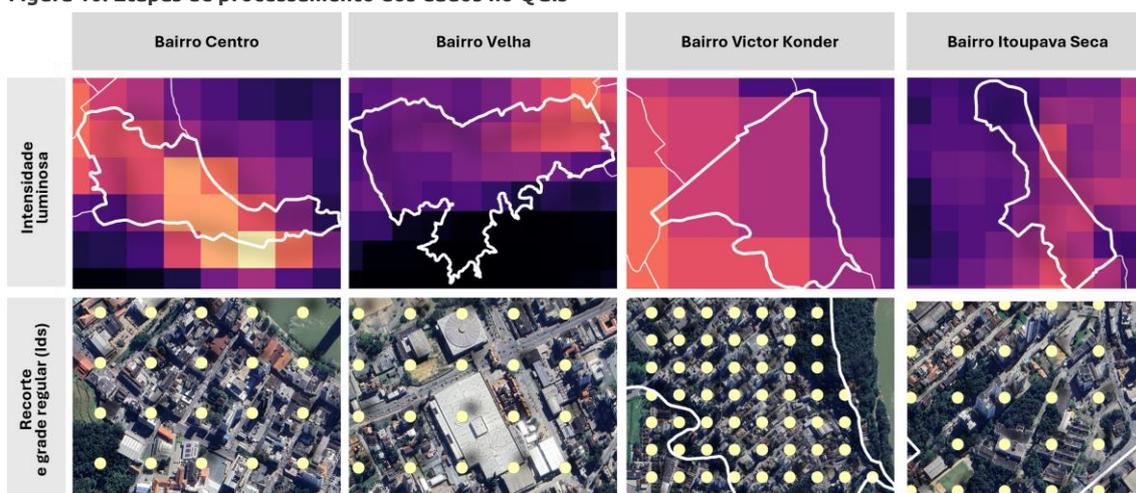
### ETAPA 1: PREPARAÇÃO E COLETA DOS DADOS

A primeira etapa envolveu a preparação e coleta de dados de intensidade de luz noturna. Os dados foram obtidos por meio do Google Earth Engine (GEE), uma plataforma projetada para obtenção e análise de dados geoespaciais. O GEE oferece acesso a um extenso catálogo de imagens de satélite, incluindo as provenientes de satélites Landsat, Sentinel e Suomi NPP, este último utilizado nesta pesquisa. O primeiro passo na plataforma foi carregar a área de interesse a partir de uma *Feature Collection*. Os dados foram filtrados espacialmente para a região e temporalmente para o período de 2014-2023. Aplicou-se uma máscara para remover pixels de baixa qualidade, como por exemplo os associados a presença de nuvens. Em seguida, implementou-se uma função que gerou as composições mensais, com a média da intensidade de luz e adicionou metadados como ano, mês e um identificador único. O *dataset* resultante consiste em 120 imagens, com pixels de 500 metros de resolução espacial, e valores de intensidade luminosa correspondentes a cada pixel. Os arquivos foram exportados no formato GeoTIFF, utilizando a biblioteca *geotools*.

### ETAPA 2: EXTRAÇÃO DOS DADOS

Na segunda etapa, os arquivos GeoTIFF foram manipulados no software QGIS, que oferece recursos para o preparo e análise de dados geográficos. Foram utilizadas duas bases de dados: uma vetorial, representada pelo *shapefile* do município, e outra raster, composta pelas imagens extraídas no GEE. Como os sistemas de coordenadas das bases eram diferentes, fez-se a reprojeção dos arquivos raster para o sistema métrico Universal Transverso de Mercator (UTM). Após a adequação dos arquivos, iniciou-se o processo de extração dos dados de intensidade luminosa, para isso cada arquivo Geotiff (raster) foi transformado em uma camada vetorial, a partir da criação de uma grade amostral regular. Esta grade gerou um *shapefile* compostos por pontos a uma distância de 100 metros. Como cada pixel do raster possui uma resolução de 500 metros, a grade inseriu aproximadamente 20 a 25 coordenadas por pixel, ampliando a precisão na extração dos dados (Figura 10).

Figura 10: Etapas de processamento dos dados no QGIS



Nota: A linha acima apresenta a camada raster, sobreposta aos perímetros dos bairros. Nesta camada, cada pixel apresenta um valor de intensidade luminosa. O conjunto de imagens aéreas abaixo foram extraídos do Google Earth, e demonstra a grade regular de pontos, localizados a cada 100 metros, identificados por IDs.

Fonte: adaptados pelos autores do Google Earth Engine.

Esse procedimento gerou 51.898 pontos para o município de Blumenau, que foram numericamente identificados por IDs. Cada ponto passou por um processo de georreferenciamento realizado com a calculadora de campo do QGIS, o que possibilitou a integração dos dados das camadas raster e vetorial. Em seguida, utilizou-se o complemento *Point Sampling Tool* para extrair os valores de intensidade luminosa associados a cada coordenada. O processo foi repetido mensalmente para o período de 2014 a 2023, resultando em 120 *shapefiles*. Esses arquivos reuniram informações como coordenadas X e Y, identificação do bairro e valores de intensidade luminosa disponíveis na Banda 3, extraídos dos dados gerados no GEE. Cada *shapefile* gerou um arquivo no formato .csv com dados organizados em 9 colunas e 51.898 linhas. No total, foram obtidas 120 tabelas, que serviram como base para o processamento dos dados no Python.

### ETAPA 3: PROCESSAMENTO DOS DADOS

Na terceira etapa foi realizado o processamento dos dados. A fim de facilitar o processamento e a análise, inicialmente foi realizada a consolidação dos arquivos utilizando *Python* e as bibliotecas *Pandas*, *Regex* e *Openpyxl*. Buscou-se desenvolver um script que percorresse o diretório onde os arquivos estavam armazenados, identificando e carregando os dados relevantes de forma automatizada. Para este processo, utilizou-se a biblioteca *Regex* que extraiu informações sobre o mês e o ano a partir do nome de cada arquivo, adicionando essas informações como colunas no conjunto de dados. A leitura e manipulação dos arquivos no formato .csv foram realizadas com o auxílio da biblioteca *Openpyxl*. Após a extração individual, todas as tabelas foram concatenadas em um único *DataFrame* utilizando *Pandas*, organizando assim os dados de maneira consistente para as análises seguintes (Figura 11).

Figura 11: Amostra de dados concatenados no *DataFrame*

id	COORD X	COORD Y	CD_MUN	NM_MUN	SIGLA_UF	AREA_KM2	BANDA 3	MES	ANO	BAIRRO
917972	690099.03	7021871	4202404	Blumenau	SC	518.619	89	1	2015	Velha
917973	690199.03	7021871	4202404	Blumenau	SC	518.619	89	1	2015	Velha
919878	687299.03	7021771	4202404	Blumenau	SC	518.619	23	1	2015	Velha

Fonte: autores.

A análise exploratória focou nos dados de intensidade luminosa (Banda 3) dos bairros selecionados, agrupando os valores por ano e mês e calculando as médias. A fim de visualizar os resultados e identificar padrões ou anomalias, foram gerados gráficos utilizando as bibliotecas *Matplotlib* e *Seaborn*. Durante a análise visual, foram identificados valores discrepantes (outliers) em algumas medições. Para validar essas anomalias, realizou-se uma análise cruzada com imagens de satélite da região, utilizando o ID presente nos dados para localizar os pontos específicos de medição. Valores discrepantes que não apresentaram justificativa, foram tratados programaticamente, substituindo-os pela média da intensidade luminosa do mesmo ano. Após o tratamento, os dados foram novamente visualizados para garantir a consistência e a validade do conjunto de dados.

#### ETAPA 4: ANÁLISE EXPLORATÓRIA

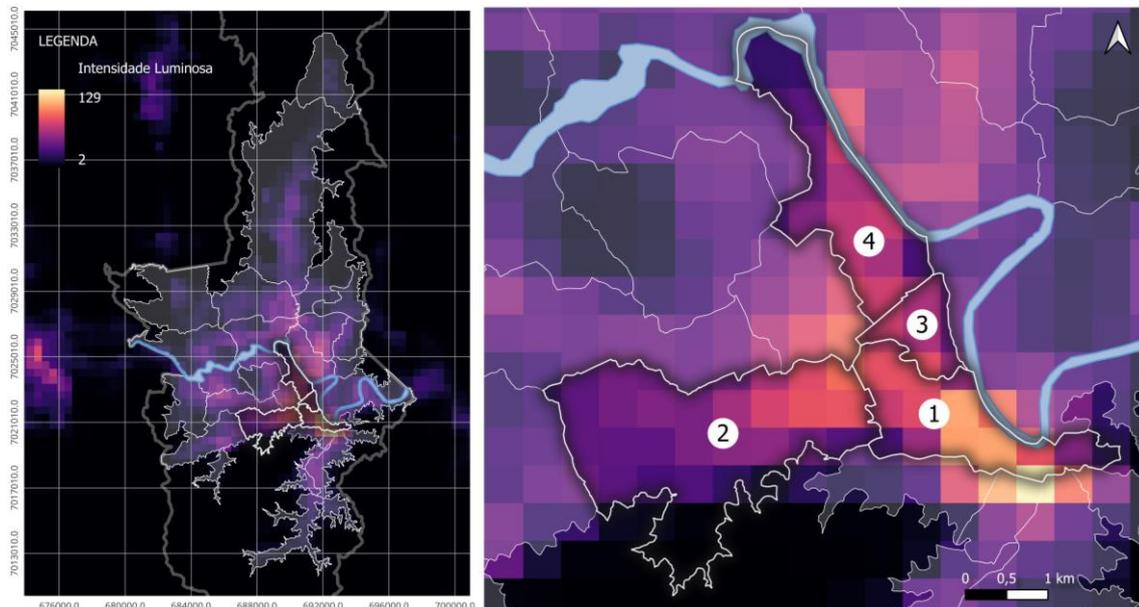
Para identificar padrões mais complexos, foi aplicada uma análise de séries temporais utilizando a biblioteca *Statsmodels* e o método *seasonal\_decompose*. A decomposição dividiu os dados em quatro componentes: dados brutos, tendência, sazonalidade e resíduo. Esses componentes foram representados graficamente, para detalhar os fatores que influenciam a luminosidade ao longo do tempo. Os dados brutos, representam a média mensal dos dados de luminosidade, extraídos do satélite. A tendência destacou mudanças de longo prazo, a sazonalidade demonstrou variações cíclicas (como padrões mensais ou anuais), e o resíduo capturou variações não explicadas pelos outros componentes ou causadas por eventos específicos. Por fim, a análise permitiu identificar períodos de maior intensidade luminosa e associá-los a eventos sazonais ou condições estruturais nos bairros. Possíveis fatores de impacto, como infraestrutura, eventos locais e condições climáticas, foram avaliados para compreender as variações observadas nos níveis de luminosidade.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados provenientes da análise da intensidade luminosa no centro expandido de Blumenau (Figura 12). Os dados são apresentados em duas escalas: a primeira oferece uma visão geral das tendências, padrões sazonais e flutuações na intensidade luminosa de cada bairro, de forma isolada; a segunda faz uma leitura a partir de recortes específicos, destacando pontos estratégicos que desempenham papel relevante na atividade urbana local. A análise abrange o período de 2014 a 2023 e busca compreender as interações entre infraestrutura, intervenções urbanísticas e fatores externos, como condições climáticas e eventos culturais. Essa dupla abordagem permite integrar análises mais amplas com observações detalhadas, ampliando a percepção sobre os processos que

moldam a luminosidade e as atividades urbanas em diferentes níveis. O objetivo é *analisar* como elementos particulares influenciam a estrutura e o funcionamento dos bairros no contexto do centro expandido.

**Figura 12: Dados de intensidade luminosa de Blumenau e do centro expandido de Blumenau**

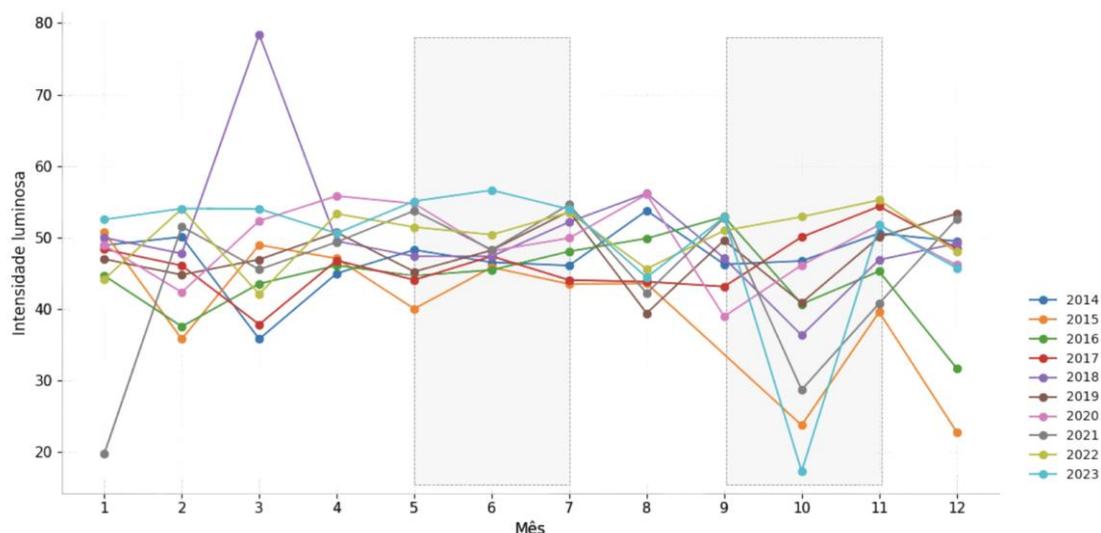


Nota: 1 – Centro; 2 – Velha; 3 – Victor Konder; 4 – Itoupava Seca  
Fonte: autores.

A análise gerou quatro séries temporais, uma para cada bairro, com dados mensais de 120 meses obtidos por imagens de satélite. Cada série é apresentada em quatro gráficos, facilitando a interpretação dos padrões de luminosidade. O primeiro gráfico apresenta os dados brutos, demonstra as variações gerais de luminosidade ao longo do período analisado. O segundo destaca a tendência, isolando os efeitos sazonais e residuais, permitindo a identificação de padrões de longo prazo, como crescimento, estabilização ou declínio. O terceiro descreve a sazonalidade, estabelecendo padrões recorrentes associados a fatores específicos, como períodos do ano que influenciam a intensidade luminosa. O quarto gráfico ilustra os resíduos, que representam variações não explicadas pela tendência ou sazonalidade, relacionadas a eventos exclusivos ou ruídos nos dados. A separação desses componentes visa facilitar a compreensão dos fatores que influenciam a luminosidade ao longo do tempo. Cada gráfico contém duas linhas, representando os dados do bairro (em azul) e de um recorte específico do bairro (em vermelho).

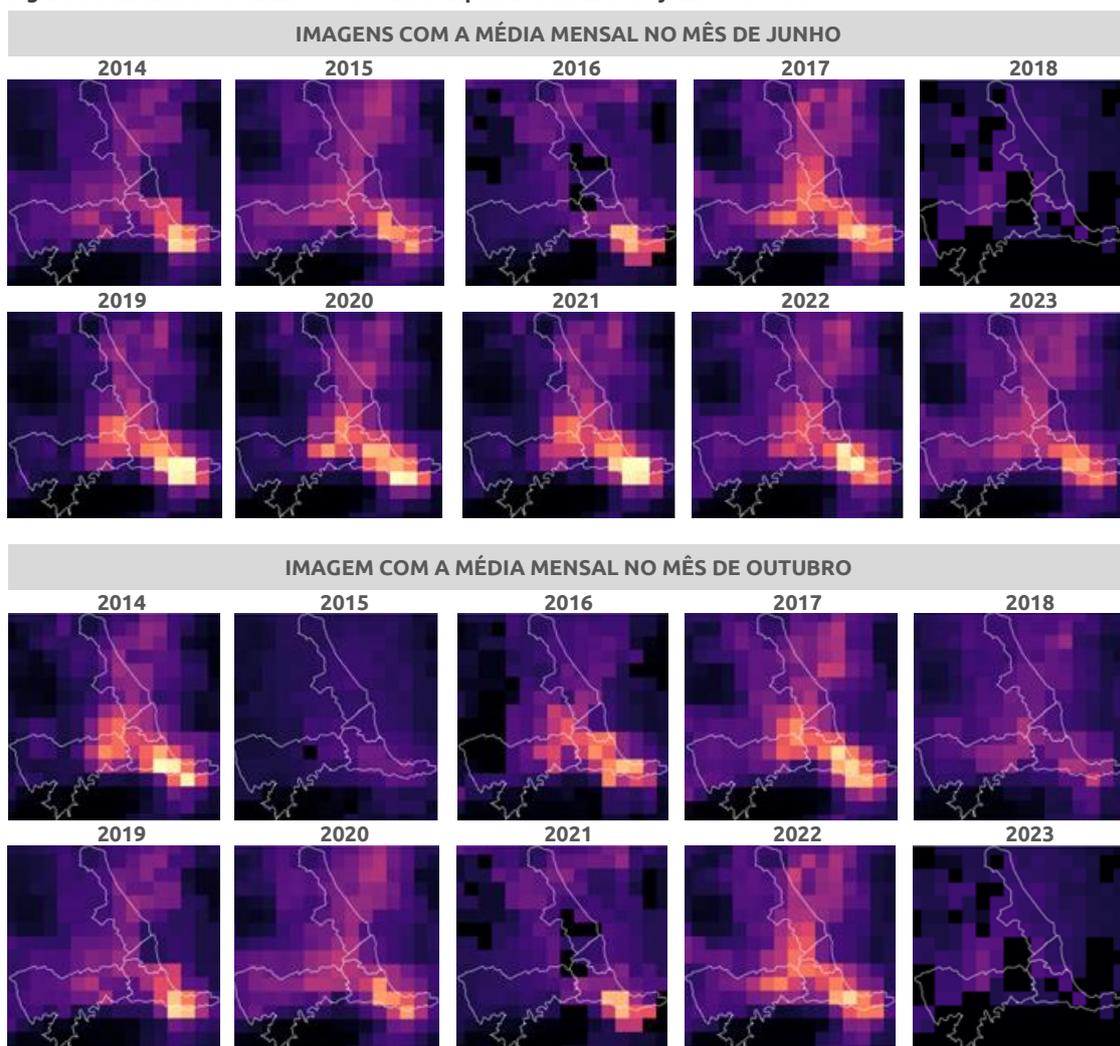
Apesar da limpeza de dados (Metodologia, etapa 3), reduções atípicas na luminosidade foram observadas em outubro (Figura 13), contrastando com o aumento esperado devido à Oktoberfest. Essa anomalia provavelmente se deve às fortes chuvas, que afetaram a qualidade das imagens, visto que foi realizado um processo para a remoção dos pixels associados às nuvens. Essa técnica pode ter impactado a precisão dos dados obtidos para esse mês. Em contraste, junho, com céu mais limpo, apresentou dados de luminosidade mais estáveis (Figura 14).

Figura 13: Gráfico com a intensidade luminosa do centro expandido entre 2014-2023



Fonte: autores.

Figura 14: Intensidade luminosa do centro expandido no mês de junho e outubro

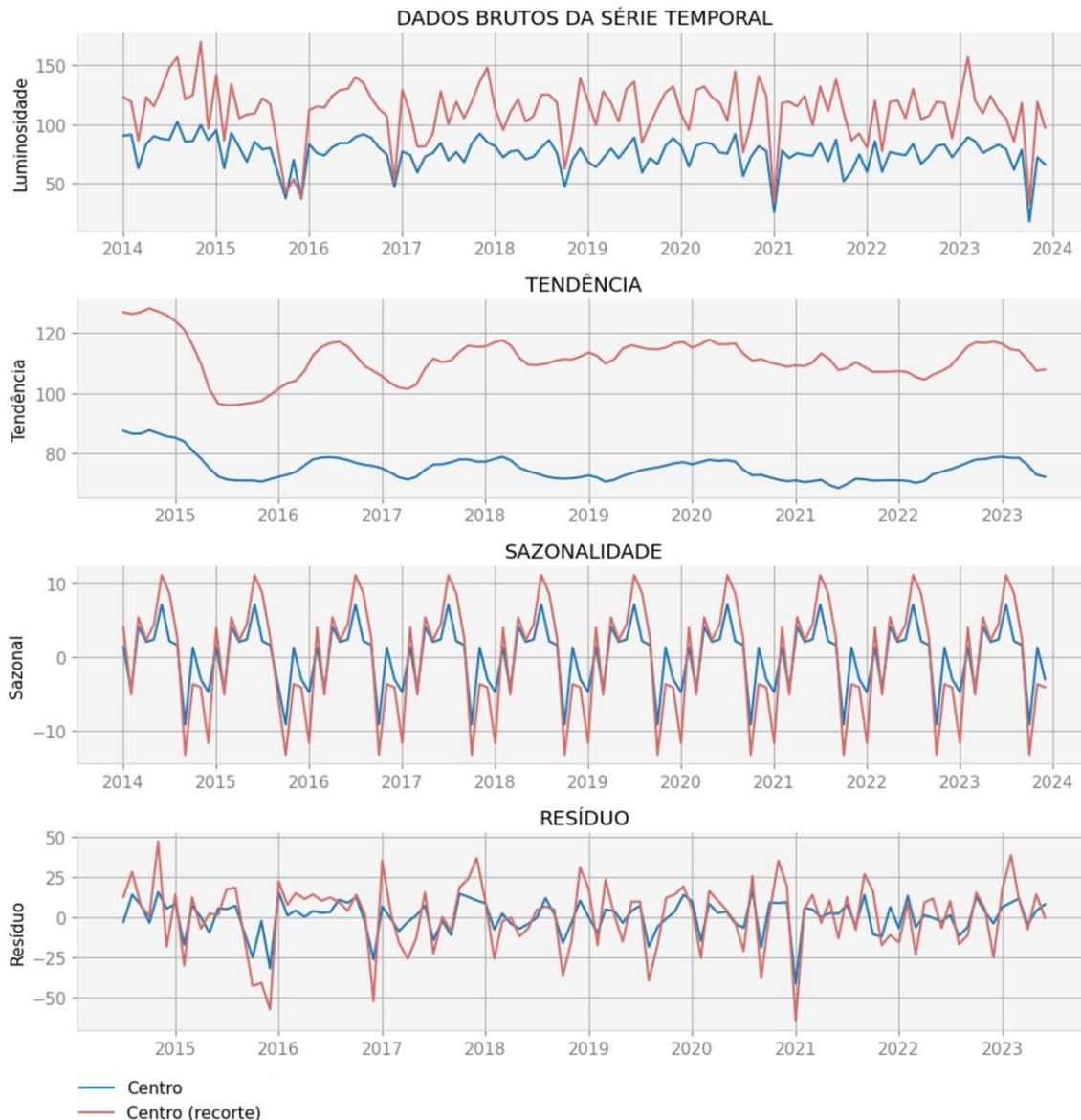


Fonte: os autores.

## BAIRRO CENTRO

A análise da série temporal apresentada na Figura 15 demonstra níveis distintos de luminosidade entre o bairro Centro e a área selecionada para recorte, o que corrobora a existência de heterogeneidade urbana. Os dados brutos mostram que, no período entre 2014 e 2016, a diferença na intensidade luminosa entre o bairro Centro e seu recorte era mais acentuada. A região das ruas Curt Hering e Capitão Euclides de Castro apresentou valores consistentemente mais altos de luminosidade, refletindo a concentração de atividades noturnas na área. Essa diferença acentuou-se em períodos posteriores, indicando a influência de fatores locais. Após 2016, os picos de luminosidade observados na área podem estar associados a intervenções urbanísticas, como a revitalização da Rua Capitão Euclides de Castro.

Figura 15: Série temporal Bairro Centro e recorte



Fonte: autores.

Da mesma forma, a tendência indica padrões distintos para o bairro como um todo e o recorte. A série do bairro, representada pela linha azul, manteve-se relativamente estável ao longo do período, com pequenas oscilações e níveis mais baixos de luminosidade. Em contrapartida, a tendência do recorte, representada, apresenta maior dinamismo. Após uma redução entre 2015 e 2016, a intensidade luminosa do recorte cresceu continuamente até 2018, coincidindo com a revitalização da Rua Capitão Euclides de Castro. Após 2021, com a requalificação da Rua Curt Hering, a tendência se estabilizou em níveis mais altos.

O comportamento sazonal demonstra padrões cíclicos regulares, com picos sincronizados para ambas as áreas. Os picos de luminosidade, mais evidentes no recorte, ocorrem nos meses de junho e julho, enquanto as reduções no mês outubro coincidem com o período de alta incidência de chuvas em Blumenau. O estudo mostrou maior sensibilidade às variações sazonais devido à concentração de atividades noturnas, enquanto o bairro como um todo apresentou flutuações mais moderadas, refletindo sua maior estabilidade e menor intensidade luminosa.

Os resíduos, que representam variações não explicadas pelos componentes de tendência e sazonalidade, apresentaram maior volatilidade no recorte. A linha vermelha, que representa o recorte, destacou picos mais acentuados, trazendo a influência de fatores pontuais e imprevisíveis, como eventos locais ou inconsistências. Por outro lado, a linha azul, exhibe oscilações mais suaves, reforçando sua maior estabilidade e menor suscetibilidade a eventos esporádicos.

## **BAIRRO VELHA**

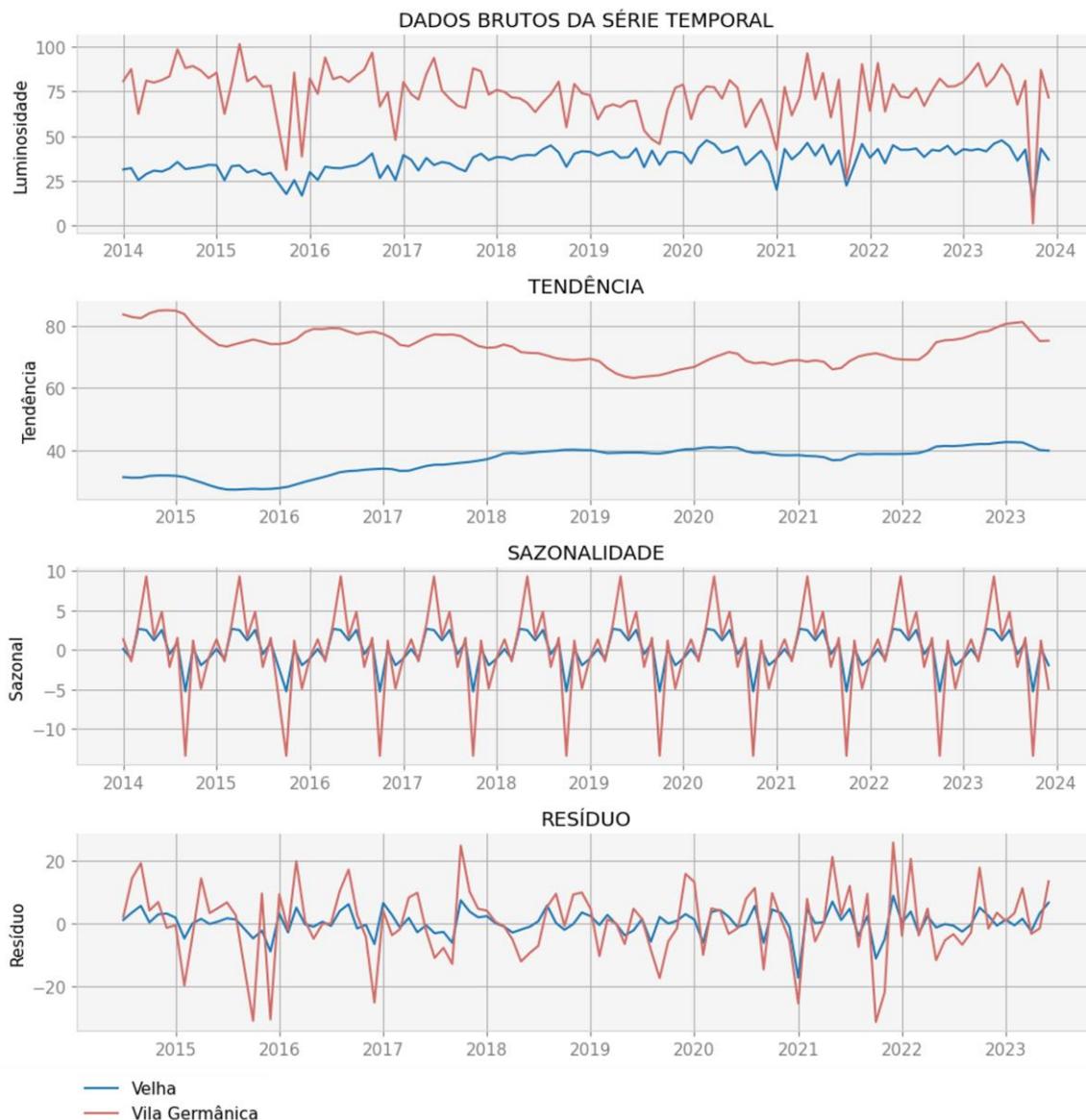
A análise da série temporal apresentada na Figura 16 permite avaliar a intensidade luminosa no bairro Velha (linha azul) e no recorte específico da Vila Germânica/Parque Ramiro Ruediger (linha vermelha). Os dados brutos apontam que a luminosidade no bairro permanece relativamente estável ao longo do período analisado, com valores proporcionais e variações moderadas, refletindo um padrão homogêneo. Em contraste, o recorte da Vila Germânica apresenta luminosidade significativamente mais elevada, com picos regulares que indicam a concentração de atividades urbanas noturnas de alta intensidade. Apesar das expectativas de picos de luminosidade em outubro e dezembro, devido a eventos como a Oktoberfest e as celebrações natalinas, os dados indicam reduções nesses meses, possivelmente como já observado anteriormente, associados a condições cobertura de nuvens.

O gráfico de tendência destaca padrões distintos entre o bairro e o recorte. A luminosidade no bairro, apresenta uma leve tendência de crescimento a partir de 2016. Esse aumento está possivelmente relacionado à obra de prolongamento da Rua Humberto de Campos, que promoveu maior conectividade viária com outras regiões. Por outro lado, o recorte mostra maior dinamismo, com uma redução gradual entre 2019 e 2020, período que coincidiu com a redução de eventos culturais devido à pandemia de COVID-19. A partir de 2021, observa-se

um aumento nos valores de luminosidade, refletindo o retorno das atividades culturais e sociais no recorte em estudo.

A análise das séries temporais revela a presença de ciclos sazonais anuais bem definidos, tanto no bairro quanto na área de recorte (linha vermelha). Observa-se maior amplitude de variação na área de recorte, indicando maior sensibilidade às flutuações sazonais, em função da concentração de atividades noturnas. A ausência de pico em outubro (devido a fatores previamente descritos) contrasta com a presença de um pico sazonal em abril, possivelmente associado aos eventos da Páscoa.

Figura 16: Série temporal Bairro Velho e recorte



Fonte: autores.

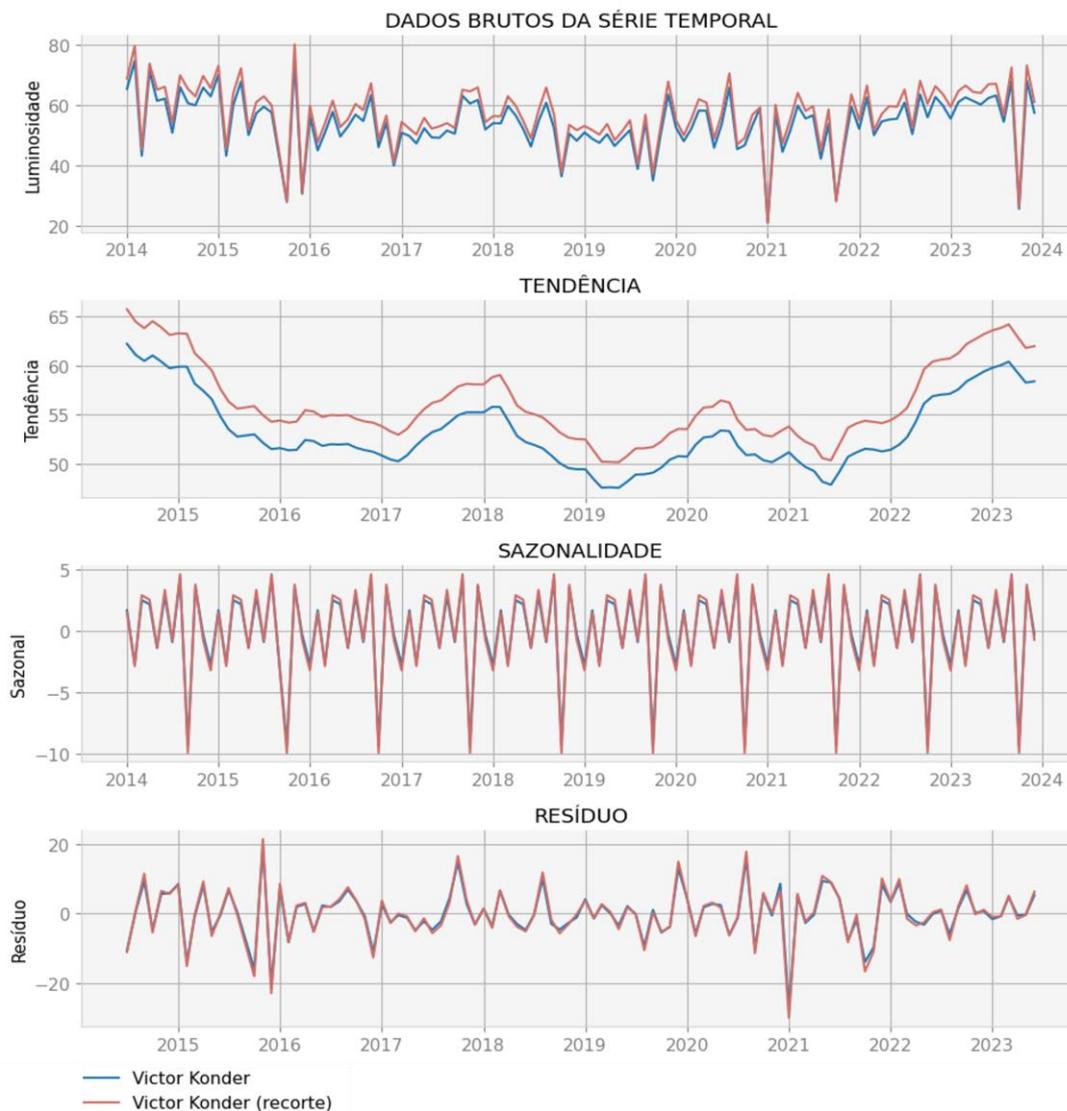
A análise dos resíduos indica que a maior parte das variações nos dados foi explicada pelos componentes de tendência e sazonalidade, com oscilações próximas de zero. As reduções observadas nos resíduos em 2020 podem ser atribuídas às restrições pela pandemia de

COVID-19. Em contrapartida, os aumentos registrados em 2021 e 2022 refletem a retomada gradual das atividades culturais e sociais na área do recorte, destacando a influência desses eventos sobre os padrões de luminosidade captados.

## BAIRRO VICTOR KONDER

A série temporal apresentada na Figura 17 demonstra padrões diferentes, porém alinhados, entre o bairro Victor Konder e o recorte, marcando uma relação de proximidade quanto a intensidade luminosa desta área. Os gráficos de dados brutos apresentam um padrão semelhante de intensidade luminosa, caracterizado por flutuações regulares dentro das faixas próximas. Observe-se uma ampliação nos valores registrados para o recorte em comparação ao bairro como um todo; contudo, o padrão geral é de uniformidade na distribuição das fontes de iluminação artificial,.

Figura 17: Série temporal Bairro Victor Konder e recorte



Fonte: autores

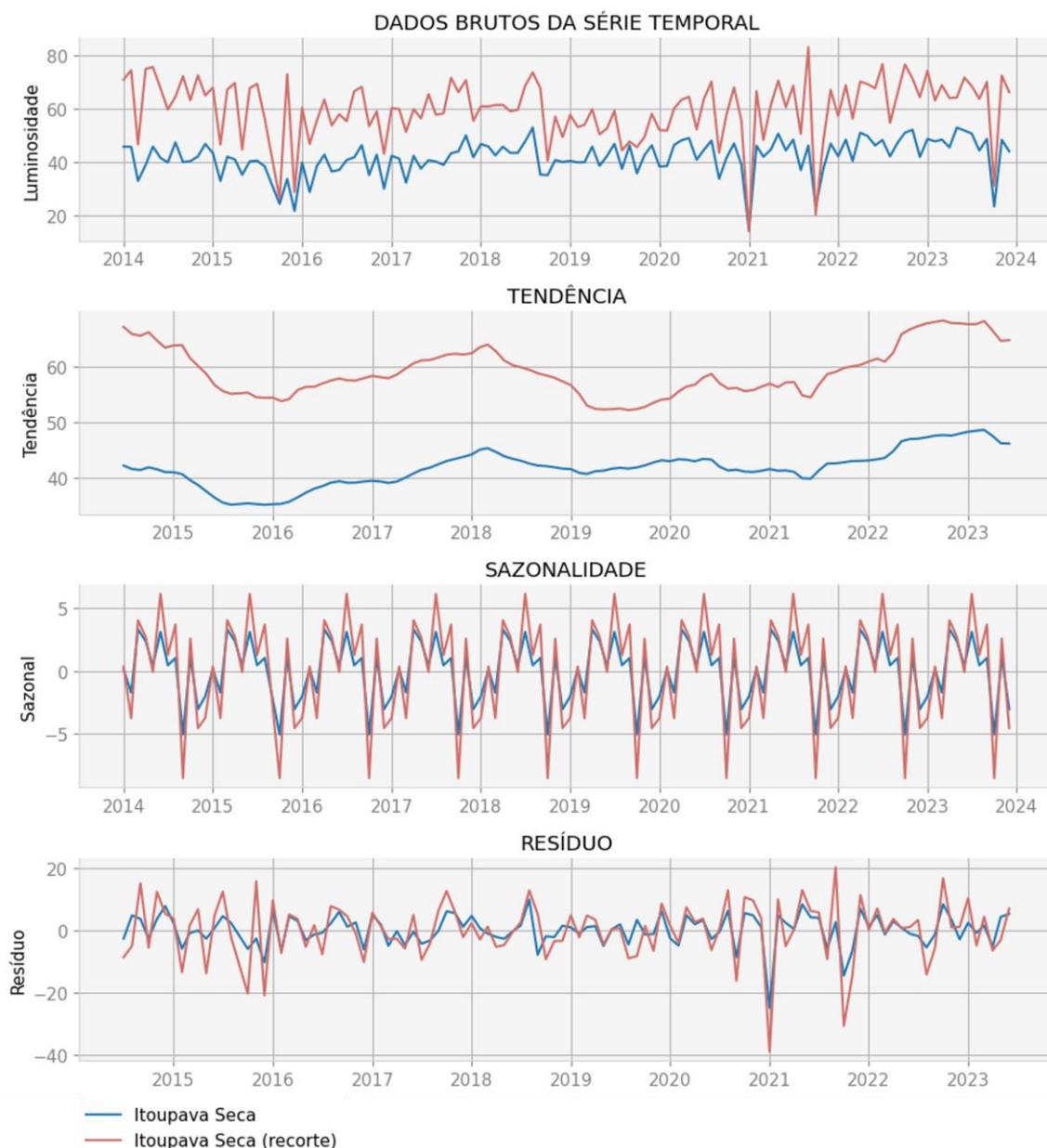
O gráfico de tendência demonstra uma redução gradual na luminosidade entre 2014 e 2017, seguida por um novo declínio entre 2018 e 2019. Após este período observa-se uma recuperação gradual marcada por oscilações, com quedas em 2020 e 2021, seguidas por um crescimento mais acentuado a partir de 2022. As séries do bairro e do recorte apresentam sincronização, indicando que os fatores sazonais que influenciam o recorte também impactam de outra maneira uniforme o bairro. Da mesma maneira, a análise do resíduo aponta comportamentos semelhantes entre o bairro e o recorte. Os picos mais pronunciados, como o de 2016 e 2021, indicam eventos específicos não modelados, possivelmente relacionados a alterações nas atividades urbanas ou climáticas. Entre 2018 e 2023, nota-se uma redução na amplitude dos resíduos, indicando maior previsibilidade nos padrões luminosos e menor impacto de fatores aleatórios. A queda nos resíduos em 2021 pode ser associada à pandemia de COVID-19. Apesar dessas variações, os resíduos permaneceram em zero durante a maior parte do período.

### **BAIRRO ITROUPAVA SECA**

A Figura 18 apresenta a série temporal da intensidade luminosa no bairro Itoupava Seca e entorno do campus principal da FURB. Os dados brutos mostram maior luminosidade na área do campus (50-70 unidades) em comparação com o bairro (30-50 unidades), refletindo maior concentração de atividades noturnas. A menor luminosidade em 2020-2021 reflete a redução das atividades presenciais durante a pandemia de COVID-19. A recuperação a partir de 2022 indica o retorno gradual a níveis mais altos e variáveis de luminosidade no campus, enquanto o bairro mantém níveis mais consistentes.

A análise da tendência indica que entre 2014 e 2016, ambas as séries mostram declínio. A partir de 2019, observa-se um nível de crescimento em ambas as áreas. O impacto da pandemia de COVID-19 é evidente entre 2020 e 2021, quando ambas as séries registraram declínio na luminosidade, especialmente no recorte. No entanto, uma recuperação é observada em 2022. O gráfico de sazonalidade apresenta ciclos regulares de intensidade luminosa tanto no bairro quanto no recorte. Ambas as áreas apresentam sincronia; no entanto, o recorte mostra maior amplitude nas variações, refletindo sua maior sensibilidade às *mudanças sazonais* devido à concentração de atividades no entorno do campus. Os picos podem estar associados ao início das aulas e eventos acadêmicos, enquanto as reduções coincidem com períodos de recesso, que ocorrem entre dezembro e fevereiro. Esse comportamento sazonal mantém-se consistente ao longo dos anos.

Figur18: Série temporal Bairro Itoupava Seca e recorte



Fonte: autores.

O gráfico de resíduo aponta que tanto o bairro quanto o recorte oscilam predominantemente entre -20 e +20 unidades, com maior concentração próxima de zero. Os comportamentos das linhas são fortemente sobrepostos, indicando que os desvios pontuais afetam tanto o bairro quanto o recorte de maneira semelhante. A partir de 2018, a amplitude dos resíduos diminuiu, refletindo maior estabilidade nas variações de luminosidade. Reduções acentuadas, como as observados em 2021, estão associadas, assim como em toda a série aos reflexos da pandemia.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados analisados ao longo deste estudo revelam mudanças no padrão de ocupação do solo em Blumenau, demonstrando como a intensidade luminosa pode ser utilizada como indicador do processo de reconfiguração urbana. Observa-se uma clara tendência de consolidação de um centro expandido, refletindo uma transição de uma economia predominantemente industrial para uma economia de serviços. Esta mudança estrutural resulta na concentração de atividades econômicas, culturais e sociais em bairros estratégicos como Velha, Victor Konder e Itoupava Seca, além do núcleo tradicional. A distribuição da luminosidade ilustra essa configuração espacial, mostrando como a cidade está redefinindo suas centralidades e diversificando suas áreas de maior atividade noturna.

A noção de centro expandido em Blumenau evidencia o impacto dessa transição econômica, com a infraestrutura urbana e a iluminação artificial acompanhando o fortalecimento de polos secundários, como a Vila Germânica e o entorno do campus da FURB. Esses polos representam novas centralidades que complementam o núcleo central, configurando uma nova lógica espacial baseada em serviços, eventos e educação. A intensidade luminosa, portanto, serve como uma métrica tangível para capturar essas transformações.

Em termos metodológicos, o uso de imagens noturnas de satélite demonstra a granularidade e precisão das informações em escala urbana e regional. No entanto, a técnica apresenta limitações, especialmente em escalas micro, onde nuances específicas podem não ser capturadas. Quanto maior a escala da análise, como em estudos regionais, maior é a precisão e a significância dos dados. Já em contextos urbanos densamente urbanizados, como os recortes analisados, a técnica é mostrada adequada para identificar padrões mais amplos, mas deve ser complementada por outras metodologias para alcançar uma interpretação mais profunda.

Neste sentido, a integração com técnicas de processamento de imagens, inteligência artificial, reconhecimento de padrões e métodos avançados de análise de dados representa um próximo passo fundamental. Essas abordagens permitirão uma leitura mais detalhada e precisa das dinâmicas urbanas, ampliando a capacidade de interpretação de especificações locais e regionais. O desenvolvimento e aplicação dessas técnicas contribuirão para refinar os métodos empregados neste estudo, fortalecendo a análise urbana e permitindo a visualização de aspectos mais sutis das transformações espaciais e econômicas de Blumenau. A integração com outras metodologias se apresenta como caminho para aprofundar essa análise e subsidiar políticas de planejamento urbano.

## REFERÊNCIAS

- BAGAN, H.; YAGAMATA, Y. Analysis of urban growth and estimating population density using satellite images of nighttime lights and land-use and population data. **GIScience & Remote Sensing**, v. 52, n. 6, p. 765-780, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15481603.2015.1072400>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- BATTY, Michael. **A Nova Ciência das Cidades**. Cambridge: MIT Press, 2013. 520 p.
- BENNETT, Mia M.; SMITH, Laurence C. **Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics**. *Sensoriamento Remoto do Ambiente*, v. 192, p. 176-197, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.005>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- BUDAG, Luciana. **Vida coletiva e troca sociais na área central de Blumenau-SC**. 2004. xiv, 183 f, il. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- CROFT, T. **Nighttime images of the Earth from space**. *Scientific American*, v. 239, p.86 -101, 1978. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/nighttimeimages-of-theearth-from/>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- ELVIDGE, C. D. Estimating population and energy consumption in Brazilian Amazonia using DMSP night-time satellite data. **Environmental and Urban Systems**, v. 29, p.179–195, 2005.
- FAN, J.; MA, T.; ZHOU, C.; ZHOU, Y.; XU, T. **Comparative estimation of urban development in China's cities using socioeconomic and DMSP/OLS night light data**. *Remote Sensing*, v. 6, n. 8, p. 7840-7856, 2014.
- GOIS, Marcos Paulo Ferreira de. **Mobilidade noturna: estudo sobre os circuitos urbanos noturnos na cidade do Rio de Janeiro**. *Universidade Humanística*, Bogotá, n. 85, pág. 263-291, jan./jun. 2018. Disponível em: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/univhumanistica/index>. DOI : <https://doi.org/10.11144/Javeriana.uh85.mnes>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- GONZÁLES, Mayra Gamboa; ARENAS, Juan Ángel Demerutis. **Big data e análise urbana: ciência da cidade nas economias em desenvolvimento**. *Revista de Morfologia Urbana*, v. 1, e00171, 2020. Disponível em: <https://revistademorfologiaurbana.org/index.php/rmu/article/view/171>. Acesso em: 19 nov. 2024.
- GWIAZDZINSKI, L. M. M. **La nuit, derni\_ere fronti\_ere de la ville**. Editions de l'Aube, 256 p., 2011, Monde en cours, Jean Viard assist\_e de Hugues Nancy. Disponível em: [https://shs.hal.science/halshs-00642968/file/La\\_nuit\\_derniere\\_frontiere\\_de\\_la\\_vi.pdf](https://shs.hal.science/halshs-00642968/file/La_nuit_derniere_frontiere_de_la_vi.pdf). Acesso em: Acesso em: 19 nov. 2024.

GWIAZDZINSKI, L. M. M.; STRAW, W. Géographies de la nuit / Geographies of the night / Geografie della notte. **Bollettino della Società Geografica Italiana** serie 14, 1(2): 9-22. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/338719286\\_Geographies\\_de\\_la\\_nuit\\_Geographies\\_of\\_the\\_night\\_Geografie\\_della\\_notte\\_From\\_geographical\\_object\\_to\\_Night\\_Studies](https://www.researchgate.net/publication/338719286_Geographies_de_la_nuit_Geographies_of_the_night_Geografie_della_notte_From_geographical_object_to_Night_Studies), 2019. Acesso em: 19 nov. 2024.

GWIAZDZINSKI, Luc. **La nuit dimension oubli\_ee de la ville : entre Animation et ins\_ecurit\_e. L'exemple de Strasbourg**. Estrasburgo: Université Louis Pasteur, 2002. Disponível em: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00599146>. Acesso em: 19 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Regiões de influência das cidades: 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 187 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101728>. Acesso em: 1 dez. 2024. ISBN 9786587201047.

KNUTH, Ana Letícia. **Intervenções urbanas: práticas alternativas e participativas de transformação dos espaços coletivos de Blumenau**. 2017. 222 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <https://tede.ufsc.br/teses/PARQO283-D.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2024.

LI, X.; LIU, S.; JENDRYKE, M.; LI, D.; WU, C. Night-time light dynamics during the Iraqi Civil War. **Remote Sensing**, v. 10, p. 858-867, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/10/6/858>. Acesso em: 19 nov. 2024.

MATTEDI, Paulo Roberto. **Uma leitura da construção da paisagem da Rua 15 de Novembro, Blumenau-SC. 2009**. 171 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93054?show=full>. Acesso em: 19 nov. 2024.

ROMÁN, Miguel O. et al. **NASA's Black Marble nighttime lights product suite. Remote Sensing of Environment**, v. 210, p. 113-143, 2018.

SANTOS, Ana Carolina de Faria. **Potenciais e limitações dos dados de luzes noturnas em apoio ao planejamento territorial: um estudo para a região metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, São Paulo, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2019. Disponível em: <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34R/3TL2M7E>. Acesso em: 19 nov. 2024.

SEVAIO, Joanna Munhoz. **Entre boemia e baderna: etnografia das práticas, sociabilidades e controvérsias na e da Cidade Baixa**. 2021. 181f. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social, Porto Alegre, 2021.

SIEBERT, Claudia. A evolução urbana de Blumenau: o (des)controle urbanístico e a exclusão sócio-espacial. In: **IX Encontro Nacional da ANPUR - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional**, 2001, Rio de Janeiro - RJ. Anais, 2001.

SIEBERT, Claudia. Indústria e espaço urbano: reestruturação e permanência. In: **X SHCU - Seminário História da Cidade e do Urbanismo**, 2008, Recife - PE. Anais. Recife - PE : CECL, 2008.

SILVA, Michelle Nascimento da. **Conflitos gerados pela ocupação do espaço público noturno: estudo de caso no bairro Cidade Baixa, em Porto Alegre/RS**. Tese (Planejamento Urbano e Regional) – Programa De Pós-Graduação Em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 283. 2021.

TRIPATHY, B. R.; TIWARI, V.; PANDEY, V.; ELVIDGE, C. D.; RAWAT, J. S.; SHARMA, M. P.; PRAWASI, R.; KUMAR, P. Estimation of urban population dynamic using DMSP-OLS night-time lights time series sensors data. **IEEE Sensors Journal**, v.17, n. 4, p. 1013-1020, 2017.

WANG, X. et al. Estimation and mapping of sub-national GDP in Uganda using NPPVIIRS imagery. **Remote Sensing**, v. 11, n. 5, p. 163, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs11020163>. Acesso em: 19 nov. 2024.

ZHAO, N.; HSU, F.C.; CAO, G.; SAMSON, E.L. Improving accuracy of economic estimations with VIIRS DNB image products. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, p. 5899-5918, 2017.