

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

FERNANDA VANILLY DE LIRA PAULO

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE RENDA PER CAPITA, ÁREA CONSTRUÍDA E
COBERTURA FLORESTAL URBANA EM RECIFE – PE**

RECIFE – PE

2022

FERNANDA VANILLY DE LIRA PAULO

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE RENDA PER CAPITA, ÁREA CONSTRUÍDA E
COBERTURA FLORESTAL URBANA EM RECIFE – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto.

RECIFE – PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P331c

Paulo, Fernanda Vanilly de Lira
CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE RENDA PER CAPITA, ÁREA CONSTRUÍDA E COBERTURA
FLORESTAL URBANA EM RECIFE – PE / Fernanda Vanilly de Lira Paulo. - 2022.
47 f. : il.

Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Florestal, Recife, 2023.

1. Floresta Urbana. 2. Justiça Ambiental. 3. Análise Espacial. I. Neto, Everaldo Marques de Lima, orient. II. Título

CDD 634.9

FERNANDA VANILLY DE LIRA PAULO

**CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE RENDA PER CAPITA, ÁREA CONSTRUÍDA E
COBERTURA FLORESTAL URBANA EM RECIFE – PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Recife, 30 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Everaldo Marques de Lima Neto

Prof^ª. Dra. Ana Paula Donicht Fernandes

Ricardo Cordeiro de Lima

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda a coragem e direcionamento que me concedeu.

À Bento, meu amor, pelo apoio incondicional e indescritível. Essa jornada não teria sido a mesma sem você. Não tenho palavras para descrever todo o amor do mundo que recebi.

Aos meus pais, Nery e Fernando, pelo incentivo desde cedo, pelo orgulho, pelo apoio, pela dedicação e por todo o investido feito em mim.

À Carol, Gabi e Jessé pela amizade, ajuda, e todas as trocas incríveis que fizemos desde que nos conhecemos. Sem vocês eu não teria conseguido.

À Rhayssa, por toda ajuda na reta final

Ao professor Everaldo, pela orientação, paciência e contribuições enquanto orientador e professor e pessoa incrível.

À UFRPE, pela oportunidade de estudar numa instituição pública brasileira de ensino superior, por todas as oportunidades de adquirir conhecimento e de viver experiências incríveis.

RESUMO

Visto que as cidades são sistemas socioecológicos complexos, é altamente importante estudar a interrelação entre indicadores socioeconômicos e naturais dentro do meio urbano. Os estudos que relacionam cobertura florestal urbana com renda encontraram uma relação positiva, porém a maioria se concentra em cidades de países desenvolvidos. Em contrapartida, países subdesenvolvidos tendem a apresentar um padrão irregular de ocupação do solo e desigualdades sociais. Desta forma, este trabalho tem por objetivo verificar se há correlação espacial entre a renda per capita, cobertura florestal e área construída na cidade do Recife, estado de Pernambuco, e se houver, analisar se esta correlação é positiva ou negativa, com a finalidade de fornecer subsídios para um planejamento ambiental urbano mais justo do ponto de vista socioambiental. O mapa de cobertura do solo foi confeccionado pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Recife, utilizando um ortomosaico de 2013. Os bairros foram utilizados como unidade espacial básica e para os dados de renda, foi utilizado o produto interno bruto (PIB) per capita, em reais. Foram realizadas as seguintes análises: Autocorrelação espacial global univariada, Autocorrelação espacial local univariada, Correlação espacial global bivariada e Correlação espacial local bivariada. As variáveis testadas foram o percentual de Cobertura florestal, percentual de Área construída e valor em reais da Renda per capita por bairro. A cidade do Recife apresentou uma cobertura de 1% de Atividades agrícolas e aquícolas, 4,5% de Água, 2,6% Sem cobertura vegetal, 2,5% de Área úmida, 49,6% de Área construída, 37,6% de Cobertura Florestal e 2,1% de Vegetação herbácea. O Índice de Moran para a autocorrelação espacial global univariada foram 0,339, 0,476 e 0,243 para Área construída, Cobertura florestal e Renda, respectivamente. Para a autocorrelação espacial local univariada observou-se um aglomerado significativo de Área construída HH nas regiões norte e central-norte, representando 31% dos bairros do Recife, um cluster LL (39%) formado por bairros com baixíssima Cobertura florestal, e para Renda per capita, existe um padrão de concentração na área central-norte da cidade (cluster HH), cercado por clusters LH e existência de clusters LL nas áreas noroeste, sudoeste e sul (periferias). Os Índices de Moran para a correlação espacial global bivariada foram: Cobertura florestal x Renda (-0,119); Cobertura florestal x Área Construída (-0,334); Renda x Área construída (0,100). Para a correlação espacial local bivariada foram encontrados clusters significativos para: Cobertura florestal x Renda (cluster LH 28% na região central-norte da cidade); Cobertura florestal x Área construída (cluster LH 29%, nas regiões central-norte e norte); Renda x Área Construída (cluster LH 22% na região norte). Dessa forma, conclui-se que o município de Recife apresentou correlação negativa entre floresta e renda, floresta e área construída e correlação positiva entre renda e área construída, refletindo um padrão espacial que favorece populações de baixa renda quanto à proximidade com a cobertura florestal, porém esse favorecimento se deve majoritariamente à existência de remanescentes florestais que ao longo do processo histórico de urbanização da cidade foi sendo deslocado para as regiões periféricas.

Palavras-chaves: Floresta Urbana. Justiça Ambiental. Análise Espacial.

ABSTRACT

Since cities are complex socio-ecological systems, it is highly important to study the interrelationship between socio-economic and natural indicators within the urban environment. Studies that relate urban forest cover to income have found a positive relationship, but most are concentrated in cities in developed countries. On the other hand, underdeveloped countries tend to present an irregular pattern of land occupation and social inequalities. In this way, this work aims to verify if there is a spatial correlation between per capita income, forest cover and built-up area in the city of Recife, and if there is, to analyze whether this correlation is positive or negative, in order to provide subsidies for a fairer urban environmental planning from a socio-environmental point of view. The ground cover was made by the Recife Secretariat for the Environment and Sustainability, using an orthomosaic from 2013. The neighborhoods were used as a basic spatial unit and for income data, the gross domestic product (GDP) per capita, in reais. The following analyzes were performed: Univariate Global Spatial Autocorrelation, Univariate Local Spatial Autocorrelation, Bivariate Global Spatial Correlation and Bivariate Local Spatial Correlation. The variables tested were the percentage of forest cover, percentage of constructed area and value in reais of per capita income per neighborhood. The city of Recife presented a coverage of 1% of agricultural and aquaculture activities, 4.5% of water, 2.6% without vegetation cover, 2.5% of wetland, 49.6% of constructed area, 37.6 % Forest Cover and 2.1% Herbaceous Vegetation. The Moran Index for univariate global spatial autocorrelation was 0.339, 0.476 and 0.243 for built area, forest cover and income, respectively. For the univariate local spatial autocorrelation, a significant cluster of HH Built Area in the north and central-north regions was observed, representing 31% of the neighborhoods of Recife, a cluster LL (39%) formed by neighborhoods with very low forest cover, and for Income per capita, there is a pattern of concentration in the central-north area of the city (HH cluster), surrounded by LH clusters and existence of LL clusters in the northwest, southwest and south areas (peripheries). Moran's indices for the bivariate global spatial correlation were: Forest Cover x Income (-0.119); Forest cover x Constructed Area (-0.334); Income x Built area (0.100). For the bivariate local spatial correlation, significant clusters were found for: Forest cover x Income (28% LH cluster in the central-north region of the city); Forest cover x Built area (29% LH cluster, in the central-north and north regions); Income x Built Area (22% LH cluster in the northern region). Overall, there was a negative correlation between forest and income, forest and built-up area and a positive correlation between income and built-up area, reflecting a spatial pattern that favors low-income populations in terms of proximity to forest cover, but this favoring is mainly due to the existence of remnants forests that along the historical process of urbanization of the city were being moved to the peripheral regions.

Kay Words: Urban Forest. Environmental Justice. Spatial Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Localização da cidade do Recife – PE	19
Figura 2 – Ilustração do Diagrama de dispersão de Moran e seus quadrantes	26
Figura 3 – Classificação do uso da terra da cidade do Recife – PE	28
Figura 4 – Distribuição espacial das classes de uso Cobertura florestal (a), Área construída (b) e Renda per capita (c) na cidade do Recife – PE	29
Figura 5 – Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) e gráficos de dispersão univariados para as variáveis área construída (a), floresta (b) e renda (c)	32
Figura 6 – Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) e gráficos de dispersão bivariados para Cobertura florestal e Renda (a), Cobertura florestal e Área construída (b) e Renda e Área construída (c)	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Reclassificação da cobertura do solo de Recife - PE	21
Tabela 2 – Renda per capita em reais (R\$) por bairro em Recife - PE	22
Tabela 3 - Detalhamento das análises entre as variáveis Cobertura florestal, Área construída e Renda per capita por bairro da cidade do Recife-PE	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
	2.1.Objetivos Gerais	13
	2.2.Objetivos Específicos	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO	14
	3.1. Planejamento Ambiental Urbano	14
	3.2. Cobertura florestal e Fatores Sociais (Justiça Ambiental)	15
	3.3. Análise Exploratória de Dados Espaciais sob a Perspectiva da Cobertura florestal e Renda	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
	4.1.Localização e Caracterização da área de estudo	19
	4.2.Classificação da cobertura da terra	20
	4.3.Renda per capita	21
	4.4. Análise Estatística Dos Dados	23
	4.4.1. Análise exploratória de dados espaciais	23
	4.4.2. Autocorrelação Espacial Global Univariada: Índice Global de Moran	24
	4.4.3. Autocorrelação Espacial Local Univariada: Índice Local de Moran	25
	4.4.4. Correlação Espacial Bivariada	25
	4.4.5. Gráficos de Dispersão de Moran	26
	4.5. Apresentação e localização geográficas dos dados	27
5	RESULTADOS	28
	5.1. Análise da Cobertura da Terra	28
	5.2. Autocorrelação Espacial Univariada	30
	5.3. Correlação Espacial Bivariada	33
6	DISCUSSÃO.....	36
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Iniciado a partir da Revolução Industrial na Europa, o processo de urbanização no mundo se deu inicialmente nos países desenvolvidos geralmente de forma planejada e gradual. Em contrapartida, nos países subdesenvolvidos o processo foi acelerado e improvisado (SANTOS, 2022). No Brasil, a ocupação e crescimento das cidades teve seu ponto de partida com o êxodo rural, dando início à formação das grandes cidades (SANTOS, 2008).

Atualmente, mais da metade da população mundial vive em centros urbanos (cerca de 55% da população), e estima-se que este número seja de 68% até 2050. No Brasil, país mais populoso da América Latina, este número é de 87%. Estima-se que a tendência de crescimento para o nível médio de urbanização na América Latina para 2050 seja de 83% e, no Brasil mais de 90% (ONU, 2018). Essa é uma tendência inevitável, e para que os benefícios das aglomerações sejam aproveitados e seus efeitos negativos mitigados, é necessário um planejamento estratégico adequado para manter a qualidade ambiental, econômica e social das populações das cidades de forma equitativa (VAN STIGT; DRIESSEN; SPIT, 2013).

Um processo de urbanização sustentável assegura acesso à emprego, renda saneamento, energia, habitação, transporte, serviços e meio ambiente saudáveis e adequados, de forma equitativa para toda a população. Segundo Gaigbe-Togbe (2015), para atingir o desenvolvimento sustentável é fundamental combater as desigualdades socioeconômicas, portanto uma urbanização bem gerida necessita estar bem informada sobre a real situação de suas cidades e as tendências futuras e para isso é necessário entender o estado atual da distribuição de sua cobertura florestal urbana e assim poder direcionar as ações de forma coerente.

Ao longo dos anos a ocupação urbana em Recife resultou na diminuição da vegetação, porém os níveis de cobertura vegetal reduziram de forma diferenciada quando comparadas as diferentes regiões político administrativas (RPAs). RPAs que abrigavam bairros com níveis mais elevados de renda apresentaram níveis mais altos de cobertura vegetal (OLIVEIRA, 2013). Outrossim, estudos mostraram que as intervenções urbanas no Bairro do Recife não têm promovido a inclusão social ao desfavorecer o tecido social pré-existente a projetos de requalificação urbana (SOUZA e LAPA, 2015).

Visto que as cidades são sistemas socioecológicos complexos, onde sociedade e ecossistemas estão conectados, é altamente importante estudar a interrelação entre indicadores socioeconômicos e naturais dentro do meio urbano (GRIMM et al., 2008). Já existem estudos que relacionam cobertura florestal urbana com variáveis socioeconômicas, como renda, raça e criminalidade (HEYNEN et al., 2006; LANDRY et al., 2009; PÄCKE E ALDUNCE, 2010; FLOCKS et al.; 2011; JENNINGS et al.; 2012; SZANTOI et al., 2012; MARUTHAVEERAN e VAN DEN BOSH, 2015; SCHWARS et al., 2015; LOCKE e GROVE, 2016; ARANTES et al., 2018; GERRISH e WATKINS, 2018; LIMA et al., 2020).

Os estudos que relacionam cobertura florestal urbana com renda em sua maioria encontraram uma relação positiva, porém a maioria se concentra em cidades de países desenvolvidos (LANDRY et al., 2009; HETRICK et al., 2013; ESCOBEDO et al., 2015; GERRISH e WATKINS, 2018). Em contrapartida, países subdesenvolvidos tendem a apresentar um padrão irregular de ocupação do solo e desigualdades sociais.

Este trabalho tem por objetivo verificar se há correlação espacial entre a renda per capita, cobertura florestal e área construída na cidade do Recife, e se houver, analisar se esta correlação é positiva ou negativa, com a finalidade de fornecer subsídios para um planejamento ambiental urbano mais justo do ponto de vista socioambiental.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Relacionar a espacialização da cobertura florestal urbana com a distribuição de renda e área construída em Recife, a fim de subsidiar o planejamento ambiental urbano na cidade.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Delimitar a distribuição espacial da cobertura florestal, da área construída e da renda per capita dentro dos limites do município de Recife;
- b) Analisar a autocorrelação espacial das variáveis cobertura florestal, área construída e renda per capita na área de estudo.
- c) Analisar a influência espacial entre as classes cobertura florestal, área construída e renda per capita na área de estudo por meio da correlação espacial bivariada.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Planejamento Ambiental Urbano

De acordo com Biondi (2015), floresta urbana pode ser definida como toda cobertura vegetal inserida nos limites urbanos, podendo ser de domínio público ou privado sendo composta por arborização viária e áreas verdes, englobando, portanto, árvores plantadas em calçadas, parques, praças, jardins, cemitérios, estacionamentos e bosques urbanos, localizadas também em regiões suburbanas e periurbanas (ARAÚJO e ARAÚJO, 2011).

A vegetação fornece uma série de serviços ecossistêmicos para o ambiente urbano, tais como aumento da umidade e conforto térmico, melhoria da qualidade do ar e controle da poluição atmosférica, controle de ruído, distribuição dos ventos, manutenção da biodiversidade, proteção de cursos d'água, melhoria da infiltração do solo, impacto na saúde mental, promoção de prática de atividades físicas, lazer e recreação, mitigação de desastres ambientais, além de contribuir como elemento estético da paisagem (OLIVEIRA et al., 2013; BEYER et al., 2014; OSAKO et al., 2016; KIM e KIM, 2017; GAUDERETO, 2019; PAIVA et al., 2021; RODRIGUES e BEZERRA, 2022).

Cidades sustentáveis são aquelas que conseguem preservar suas áreas verdes, frente ao avanço do meio urbano, portanto o planejamento urbano é fundamental para promover a sustentabilidade urbana, equilibrando crescimento econômico, justiça social e preservação ambiental (BENTO et al., 2018; SILVA et al., 2019).

Para Bento et al. (2018) “As cidades representam o maior desafio e a força mais importante deste século para solucionar as problemáticas da sociedade e do planeta. É na cidade que se constroem as soluções para o meio ambiente, a economia e a inclusão social”. Nesse sentido a Agenda 2030 para a Sustentabilidade estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e 169 metas. Com o intuito de promover a construção de cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis o Objetivo 11 tem como uma das metas “[...] fornecer acesso universal a espaços verdes e públicos seguros, inclusivos e acessíveis [...]” (ONU, 2015).

Um desenvolvimento urbano mal planejado traz uma série de problemas, um deles é a desigualdade socioambiental, em que os benefícios da cobertura florestal urbana podem ser

limitados para classes sociais menos favorecidas (GERRISH e WATKINS, 2018). Nesse contexto, Duarte et al. (2017) corroboram a necessidade de adaptar o planejamento urbano de forma a ser receptível à cobertura florestal urbana e com isso melhorar a qualidade de vida nos espaços urbanos, uma vez que no Brasil a floresta urbana tornou-se objeto de injustiça ambiental, promovendo a segregação socioespacial.

3.2. Cobertura florestal e Fatores Sociais (Justiça Ambiental)

A luta pela justiça ambiental teve seu ponto de partida nos Estados Unidos, com as reivindicações de movimentos sociais e ambientalistas contra as concessões dadas a empresas para estabelecer depósitos de lixo e rejeitos em áreas de população predominantemente negra. Com isso, a noção de injustiça ambiental se concentrou inicialmente em analisar a exposição aos riscos ambientais a que comunidades mais vulneráveis estavam expostas, como áreas de aterros e despejos industriais (LEROY, 2011).

Ao longo do tempo o conceito evoluiu para a perspectiva de que a falta de acesso igualitário às amenidades ambientais produzidas pelas áreas verdes urbanas também se configurava como uma forma de injustiça ambiental. (HETRICK et al., 2013). Pickett et al. (2020) afirmam que a integração das esferas sociais, econômicas, políticas e institucionais à esfera biológica é fundamental para construir os fundamentos teóricos dos estudos em ecologia urbana. Szantoi et al. (2012) também reforçam a importância da inclusão dos fatores socioeconômicos em análises geoespaciais na elaboração de políticas de plantio de árvores no meio urbano.

Schwarz et al. (2015) investigaram as desigualdades potenciais associadas à distribuição da cobertura arbórea urbana em relação à raça/etnia e renda, em sete cidades nos EUA: Baltimore, MD, Los Angeles, CA, Nova York, NY, Filadélfia, PA, Raleigh, NC, Sacramento, CA e Washington, DC, e constataram que bairros de alta renda dessas cidades tendem a ser mais arborizados que bairros de baixa renda, porém o mesmo padrão só pôde ser observado para Los Angeles e Sacramento para a variável etnia.

No Brasil Costa (2021) também observou que locais com maior renda média mensal tendem a apresentar maior quantidade de árvores, na cidade de Belo Horizonte (MG), além de

estas serem majoritariamente de espécies nativas. A autora também observou a predominância de maior número de idosos e menor número de crianças em locais mais arborizados.

Jeenings et al. (2012) reuniram várias pesquisas que associam acesso a espaços verdes com saúde ambiental. Várias são as evidências de que as áreas verdes tem papel fundamental na mitigação dos impactos causados pela modificação do espaço urbano, principalmente no que diz respeito à redução de doenças causadas pela má qualidade do ar. Diante disso os autores apontam para a necessidade de reconhecer o acesso equitativo à áreas verdes como uma forma de promoção de justiça ambiental e não apenas limitar-se a considerá-la apenas quanto à proximidade de comunidades socialmente desfavorecidas a locais de emissão de despejos ambientais.

3.3. Análise Exploratória de Dados Espaciais sob a Perspectiva da Cobertura florestal e Renda

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é uma técnica utilizada para descrever e visualizar dados espaciais de forma a possibilitar a identificação de outliers espaciais (dados anômalos), reconhecer padrões ou aglomerados espaciais (clusters), possibilitando assim a identificação de diferentes regimes espaciais (ANSELIN, 1999). Em suma, a AEDE é eficiente em detectar regiões em que a distribuição dos valores de seus atributos possa apresentar algum padrão atrelado à localização geográfica.

Gonçalves (2007) afirma que “métodos convencionais, como regressões múltiplas e inspeção visual de mapas, não são as formas mais adequadas de lidar com dados georreferenciados, pois não são confiáveis para detectar agrupamentos e padrões espaciais significativos”. Confiar apenas na análise humana para encontrar padrões tende a ser insuficiente e por isso a AEDE é o método mais indicado para uma análise espacial significativa.

Quando Tobler (1970) disse que “tudo está relacionado com tudo, porém coisas mais próximas tendem a estar mais relacionadas que coisas mais distantes” ele estabeleceu os princípios primordiais da análise espacial. Nesse sentido, a AEDE baseia-se na autocorrelação espacial, a qual testa a correlação de determinada variável em uma determinada localização com os valores desta mesma variável em seus vizinhos.

Quando esta autocorrelação é positiva significa dizer que as feições próximas tendem a apresentar valores similares deste atributo. O contrário acontece quando há autocorrelação negativa, em que a vizinhança não apresenta valores similares para determinado atributo, e as feições apresentam valores mais parecidos com feições mais distantes do que as mais próximas. Caso a distribuição dos atributos independa da localização, não existe correlação espacial (ALMEIDA, 2012).

Para medir a autocorrelação espacial são utilizados alguns índices de associação espacial, além de gráficos de dispersão e mapas de clusters espaciais. Esses índices são compostos por uma medida de autocovariância, uma medida de variância total dos dados e uma matriz de ponderação espacial (ALMEIDA, 2012) em que cada localização geográfica receba uma medida de proximidade (w_{ij}). Essa matriz indica o quão forte são as interações entre vizinhos mais próximos e mais fracas em vizinhos distantes e pode ser confeccionada de acordo com diversos critérios, sendo as matrizes por contiguidade e por distância geográfica as mais utilizadas (TYSZLER, 2006).

Dentre as medidas mais utilizadas na literatura estão os Índices propostos por Moran (1948): O Índice de Moran Global (I) e o Índice de Moran Local (I_i). Segundo Anselin e colaboradores (2003), esses índices podem ser adaptados para uma perspectiva bivariada, em que se busca averiguar a influência de uma variável sobre outra, em seus vizinhos, tanto num contexto global quanto local.

Índices globais de associação espacial são um indicador único para a região de estudo, já os índices locais de associação espacial são decomposições do índice global, que tem por objetivo capturar padrões locais de associação espacial e podem ser visualizados na forma de mapas onde podem ser identificados clusters estatisticamente significativos para os diferentes regimes de agregação espacial. Esses indicadores locais são conhecidos como *Local Indicator of Spatial Association* (LISA) (ANSELIN, 1995).

A estatística espacial tem sido utilizada em estudos que analisam a influência de indicadores sociais na distribuição da cobertura florestal no contexto urbano. Arantes et al. (2021), utilizaram a análise exploratória de dados espaciais para verificar a relação entre renda e cobertura florestal na cidade de São Paulo, Brasil. Landry et al. (2009), utilizaram a estatística de Moran para analisar se a distribuição espacial das árvores era equitativa quanto à raça, etnia

e renda na cidade de Tampa, Flórida. Hetrick et al. (2013), utilizaram a correlação espacial para identificar padrões espaciais entre contextos socioeconômicos e cobertura vegetal na cidade de Altamira, Brasil.

Garrish e Watkins (2018), analisaram 61 estudos sobre desigualdade da distribuição da cobertura florestal urbana baseada na renda e encontraram uma significativa evidência de desigualdade ambiental, porém esses resultados são sensíveis às escolhas metodológicas e apontam para a necessidade da aplicação da correlação espacial para que a evidência de iniquidade baseada na renda seja mais significativa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização e Caracterização da área de estudo

O objeto deste estudo é a cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, situada na Região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas 9120000 m e 9104000 m, e 280000 m e 294000 m (Figura 01). Recife está localizada no centro da Região Metropolitana do Recife, limitando-se ao norte pela cidade de Olinda e Paulista, ao sul por Jaboatão dos Guararapes, a leste pelo Oceano Atlântico e a oeste por São Lourenço da Mata e Camaragibe (RECIFE, 2022a).

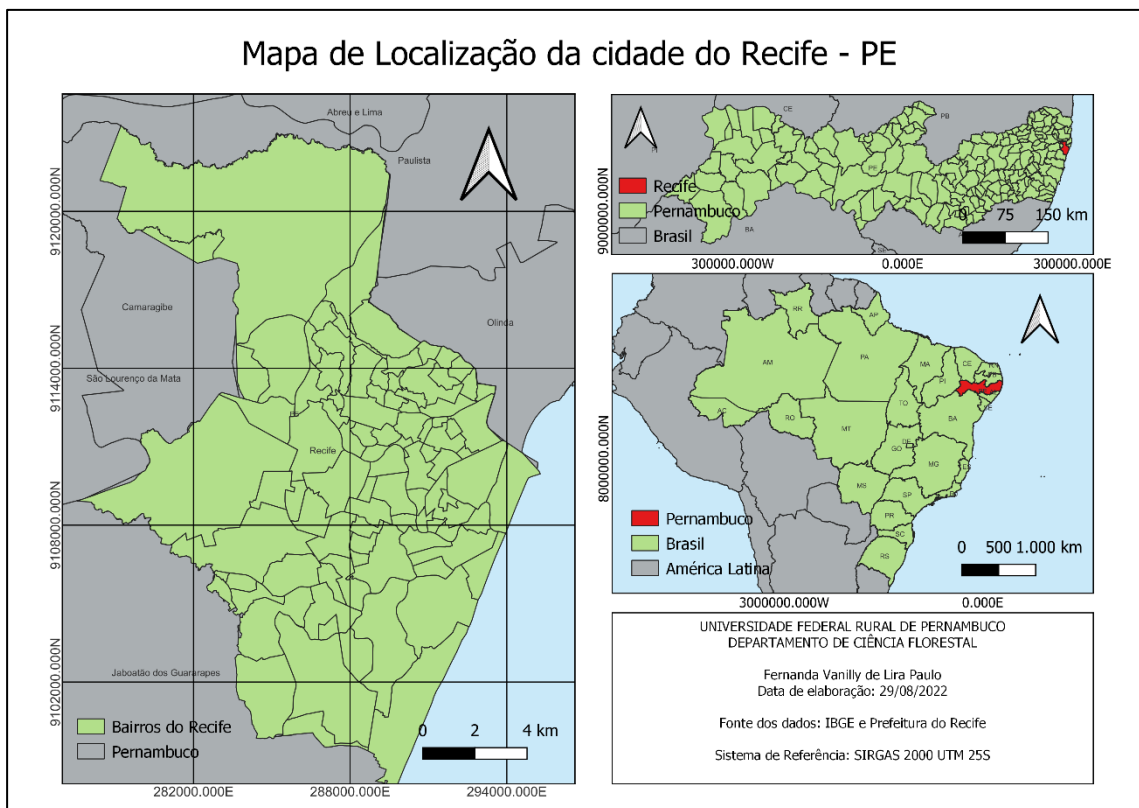


Figura 1 – Mapa de Localização da cidade do Recife – PE
Fonte: A autora. Base dados: IBGE (2022) e RECIFE (2022b)

A cidade do Recife possui 218,843 km² de extensão territorial, com uma população atual estimada de 1.661.017 habitantes (IBGE, 2021). De acordo com a classificação das hierarquias de cidades da ONU (2018), Recife está entre as cidades de médio porte. Juntas, as cidades de médio porte do mundo representam aproximadamente 12% da população mundial.

O território do município é dividido em 94 bairros, estes foram recentemente agrupados em duas Macrozonas, a Macrozona do Ambiente Natural e Cultural (MANC) e Macrozona do Ambiente Construído (MAC), estando essas subdivididas em cinco Zonas (RECIFE, 2021a).

A MANC é composta pelas (1) Zonas de Ambiente Natural (ZAN) e (2) Zonas de Desenvolvimento Sustentável (ZDS). A MAC é composta pelas (3) Zonas de Ambiente Construído (ZAC), (4) Zona Centro (ZC) e (5) Zona de Reestruturação Urbana (ZRU). Além do zoneamento citado, o novo Plano Diretor institui Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS), que se sobrepõem ao zoneamento tradicional, e tem por objetivo delimitar áreas em que há população predominantemente de baixa renda e situações de risco, com o objetivo de priorizar o investimento nessas áreas.

Recife tem clima tropical úmido de monção (Am) de acordo com a classificação de Köppen (ÁLVARES et al., 2013), apresenta precipitação anual média de 2.457 mm (APAC, 2022a), temperatura máxima de 30,2 °C e mínima de 20,6 °C (APAC, 2022b) e vegetação predominante caracterizada como Mata Atlântica (IBGE, 2004a). Com ocorrência em áreas litorâneas, este é o bioma brasileiro mais ameaçado cuja área atualmente encontra-se reduzida a fragmentos (IBGE, 2004b).

4.2. Classificação da cobertura da terra

A cobertura do solo utilizada foi confeccionada pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Recife – SMAS, e disponibilizada no do Portal Capivara (RECIFE, 2022c). A base cartográfica utilizada para o mapeamento foi um ortomosaico proveniente de levantamento aerofotogramétrico realizado em 2013, com resolução de 8 cm e escala de 1:5000, com sistema de referência de coordenadas SIRGAS 2000 UTM 25S.

A classificação original estabeleceu seis macro classes divididas em 19 classes de uso. Para uso neste trabalho foi realizada a reclassificação do arquivo vetorial em sete classes com base no Manual Técnico de Classificação para cobertura da Terra para a Cidade de Recife (RECIFE, 2021b), a saber: Atividades agrícolas e Aquícolas, Água, Sem cobertura vegetal, Área úmida, Área construída, Vegetação herbácea e Cobertura florestal (Tabela 01). Com o objetivo de isolar a vegetação arbórea foi realizada a reclassificação para separar a classe

Vegetação herbácea, pois é constituída por vegetação rasteira incluindo áreas de gramado, e assim isolar a classe Cobertura florestal, formada exclusivamente por componentes arbóreos.

Classes Originais	Macro classes Originais	Classes Atuais
Agricultura Aquicultura	Atividades agrícolas e aquícolas	Atividades agrícolas e aquícolas
Água Marinha Reservatório Curso d'água Lagoa	Água	Água
Solo Exposto Área degradada Praia	Sem cobertura	Sem cobertura vegetal
Mangue Planície Alagável	Área úmida	Área úmida
Edificação Urbana Malha viária Malha ferroviária	Área construída	Área construída
Floresta Aberta Floresta Densa Floresta Inicial Vegetação herbácea	Cobertura vegetal	Cobertura florestal Vegetação herbácea

Tabela 01 – Reclassificação da cobertura do solo de Recife – PE.

Fonte: A autora. Baseado em RECIFE (2021b).

A área de cada classe foi convertida em percentual da área total para fins de análise da distribuição espacial da arborização no município. Foram selecionadas duas classes de interesse a serem utilizadas nas análises posteriores: Cobertura florestal e Área construída.

4.3. Renda per capita

Neste estudo os bairros foram utilizados como unidade espacial básica de análise para fins de padronização dos dados de cobertura da terra e de distribuição de renda. Para os dados de renda foi utilizado o Produto Interno Bruto (PIB) per capita, sendo considerado o valor por bairro, em reais, do rendimento médio mensal das pessoas maiores de 10 anos de idade, dados provenientes do censo demográfico realizado em 2010 (Tabela 02).

Bairros de Recife		Renda per capita	Bairros de Recife		Renda per capita
PE		(R\$)	PE		(R\$)
1	Jaqueira	R\$ 5.804,84	48	Areias	R\$ 1.092,16
2	Casa Forte	R\$ 5.672,01	49	Santo Amaro	R\$ 1.090,94
3	Parnamirim	R\$ 5.381,84	50	Santo Antônio	R\$ 1.065,30
4	Graças	R\$ 4.975,96	51	Porto da Madeira	R\$ 1.053,38
5	Aflitos	R\$ 4.858,52	52	Cabanga	R\$ 1.044,40
6	Poço	R\$ 4.607,14	53	Bongi	R\$ 1.025,52
7	Santana	R\$ 4.496,29	54	Jiquiá	R\$ 984,43
8	Boa Viagem	R\$ 3.945,03	55	Afogados	R\$ 892,73
9	Espinheiro	R\$ 3.867,19	56	Fundão	R\$ 872,50
10	Derby	R\$ 3.788,16	57	Sancho	R\$ 859,72
11	Tamarineira	R\$ 3.688,17	58	Estância	R\$ 833,23
12	Monteiro	R\$ 3.668,54	59	São José	R\$ 824,86
13	Rosarinho	R\$ 3.557,35	60	Macaxeira	R\$ 802,39
14	Torreão	R\$ 3.223,80	61	Mangabeira	R\$ 797,21
15	Madalena	R\$ 3.016,02	62	Barro	R\$ 785,33
16	Encruzilhada	R\$ 2.941,14	63	Curado	R\$ 760,99
17	Torre	R\$ 2.709,11	64	Bomba do Hemetério	R\$ 743,84
18	Pau-Ferro	R\$ 2.690,46	65	Jordão	R\$ 726,81
19	Ilha do Retiro	R\$ 2.682,31	66	Mustardinha	R\$ 722,18
20	Paissandu	R\$ 2.676,10	67	Totó	R\$ 717,16
21	Hipódromo	R\$ 2.318,04	68	Ibura	R\$ 713,97
22	Casa Amarela	R\$ 2.273,39	69	Cohab	R\$ 710,53
23	Soledade	R\$ 2.223,49	70	Brasília Teimosa	R\$ 688,26
24	Boa Vista	R\$ 2.159,10	71	Torrões	R\$ 686,25
25	Ilha do Leite	R\$ 1.941,19	72	Água Fria	R\$ 682,23
26	Ponto de Parada	R\$ 1.603,65	73	Guabiraba	R\$ 672,86
27	Cordeiro	R\$ 1.535,53	74	Mangueira	R\$ 668,82
28	Pina	R\$ 1.477,12	75	Coqueiral	R\$ 661,88
29	Prado	R\$ 1.448,35	76	Córrego do Jenipapo	R\$ 661,82
30	Cajueiro	R\$ 1.407,90	77	Vasco da Gama	R\$ 659,63
31	Engenho do Meio	R\$ 1.346,86	78	Caçote	R\$ 658,12
32	Ipsep	R\$ 1.331,90	79	Campina do Barreto	R\$ 656,59
33	Caxangá	R\$ 1.309,65	80	Morro da Conceição	R\$ 655,53
34	Alto do Mandu	R\$ 1.255,64	81	Brejo da Guabiraba	R\$ 640,35
35	Arruda	R\$ 1.218,44	82	Alto José do Pinho	R\$ 638,01
36	Apipucos	R\$ 1.211,71	83	Brejo de Beberibe	R\$ 636,12
37	Iputinga	R\$ 1.191,91	84	Linha do Tiro	R\$ 635,58
38	Imbiribeira	R\$ 1.189,46	85	Beberibe	R\$ 624,30
39	Tejipió	R\$ 1.165,39	86	Dois Unidos	R\$ 602,90
40	Várzea	R\$ 1.164,98	87	Alto José Bonifácio	R\$ 592,35
41	Campo Grande	R\$ 1.157,71	88	Alto Santa Teresinha	R\$ 580,87
42	Zumbi	R\$ 1.151,41	89	Coelhos	R\$ 567,35
43	San Martin	R\$ 1.146,79	90	Nova Descoberta	R\$ 559,52
44	Sítio dos Pintos	R\$ 1.140,44	91	Passarinho	R\$ 510,75
45	Cidade Universitária	R\$ 1.134,42	92	Peixinhos	R\$ 508,98
46	Dois Irmãos	R\$ 1.126,74	93	Ilha Joana Bezerra	R\$ 492,15
47	Jardim São Paulo	R\$ 1.120,01	94	Recife	R\$ 472,64

Tabela 02 – Renda per capita em reais (R\$) por bairro em Recife - PE Fonte: IBGE, 2010.

O shapefile dos bairros da cidade do Recife foi obtido por meio do portal da Prefeitura do Recife (RECIFE, 2022b). Para tratamento dos dados vetoriais foi utilizado o software Quantum GIS® 3.10.20.

4.4 Análise Estatística de Dados

4.4.1 Análise exploratória de dados espaciais

Para análise estatística dos dados foi aplicada a técnica de Análise Exploratória de Dados Espaciais, utilizando o software GeoDa© versão 1.20. Foram realizadas as seguintes análises: Autocorrelação espacial global univariada, Autocorrelação espacial local univariada, Correlação espacial global bivariada e Correlação espacial local bivariada. As variáveis testadas foram o percentual de Cobertura florestal, percentual de Área construída e valor em reais da Renda per capita por bairro. As relações entre as variáveis estão dispostas a seguir (Tabela 03):

Tipo de análise	Relação entre as variáveis		
Autocorrelação espacial univariada	Cobertura florestal (%)	x	Cobertura florestal (%)
	Área construída (%)	x	Área construída (%)
	Renda per capita (R\$)	x	Renda per capita (R\$)
Correlação espacial bivariada	Cobertura florestal (%)	x	Renda per capita (R\$)
	Cobertura florestal (%)	x	Área construída (%)
	Renda per capita (R\$)	x	Área construída (%)

Tabela 03 – Detalhamento das análises entre as variáveis Cobertura florestal, área construída e renda per capita por bairro da cidade do Recife-PE.

Fonte: a autora.

Para testar a correlação espacial é necessário verificar a similaridade tanto do atributo quanto da localização das feições no espaço, para isso é necessário estabelecer uma matriz de vizinhança entre os bairros. Como critério de vizinhança foi utilizada a distância euclidiana geográfica (Equação 1a), para gerar a matriz de pesos espaciais (W), utilizando as latitudes e longitudes dos centroides dos bairros.

Equação 1a – Distância Euclidiana (d_{ij})

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$w_{ij}^* = d_{ij}^{-1}$$

Em que:

x e y = coordenadas geográficas dos centróides das localizações i e j

A matriz de pesos espaciais foi obtida através da normalização do inverso da distância euclidiana, como descrito na Equação 1b (TYSZLER, 2006). A medida da distância euclidiana invertida é utilizada para dar maior peso a distâncias menores. Tysler (2006) também afirma que para amostras maiores, o uso da distância euclidiana é mais recomendado, pois matrizes de contigüidade diminuem o poder explicativo à medida que a amostra cresce.

Equação 1b – Normalização das medidas de distância para obtenção da matriz de pesos espaciais (W)

$$w_{ij} = \frac{w_{ij}^*}{\sum_j w_{ij}^*}$$

4.4.2. Autocorrelação Espacial Global Univariada: Índice Global de Moran

Para avaliação da não aleatoriedade dos dados no espaço foi utilizado o Índice de Moran (1948). O Índice Global de Moran, descrito na Equação 2 (ALMEIDA, 2012), é uma medida padronizada de covariância que varia de -1 a 1. Quando o valor do índice é igual a 1, significa que há uma correlação positiva extrema, ou seja, regiões similares em localização possuem atributos similares. Quando o índice é igual a -1, significa que há uma correlação espacial negativa extrema, ou seja, regiões similares em atributos não são similares em localização. Quando é igual a 0, não há correlação espacial, ou seja, a distribuição espacial dos atributos independe da localização das regiões.

Equação 2 – Índice Global de Moran (I)

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \cdot \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} z_i z_j}{\sum_i z_i^2}$$

Em que:

I = índice global de Moran

n = número total de regiões

w_{ij} = peso espacial, na matriz de vizinhança, da variável na localização i em relação à localização j

z = valores da variável de interesse padronizada, onde z_i é igual à medida de autocovariância na forma de produto cruzado $(y_i - \bar{y})$, onde y_i representa o valor da variável na localização i , e \bar{y} a média da variável.

4.4.3. Autocorrelação Espacial Local Univariada: Índice Local de Moran

A estatística global de Moran é capaz de indicar a existência de padrões espaciais de associação global, porém pode gerar dois tipos de problemas: (1) A ausência de autocorrelação global pode ocultar padrões locais de associação e (2) a existência de padrões de forte associação global pode camuflar clusters locais. Para superá-los, Anselin (1995) propôs a estatística LISA (*Local Indicators of Spatial Association*), que consiste na decomposição do índice global.

Para analisar os padrões locais, foi aplicada a estatística Índice Local de Associação Espacial (LISA) descrita na Equação 3 (ALMEIDA, 2012). Os indicadores LISA possibilitam a análise dos coeficientes locais do Índice de Moran utilizando gráficos de dispersão de Moran e mapas de clusters espaciais estatisticamente significativos (ANSELIN, 1995).

Equação 3 – Índice Local de Moran (I_i)

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\frac{\sum_{i=1}^n z_i^2}{n}}$$

4.4.4. Correlação Espacial Bivariada

É possível adaptar o Índice Local de Moran para uma análise bivariada, em que duas variáveis de interesse são padronizadas. Com esta estatística é possível indicar o grau de associação linear entre um atributo de um determinado local e a média de outra variável em

seus vizinhos (ALMEIDA, 2012). Para este estudo foi utilizada a seguinte equação para análise bivariada:

Equação 4 – Índice Local de Moran Bivariado

$$I_i^{z_1z_2} = z_{1i}Wz_{2i}$$

Em que:

z_{1i} e z_{2i} = variáveis padronizadas x_i e y_i , na localização i

Wz_{2i} = defasagem espacial da variável padronizada z_{2i} (vizinhos da variável z_{1i} , definidos de acordo com a matriz de pesos espaciais).

4.4.5. Gráficos de Dispersão de Moran

Para comparar de forma gráfica os valores das variáveis com a de seus vizinhos, foram construídos gráficos de dispersão de Moran para cada análise realizada (Tabela 03), em que as variáveis normalizadas (z) são comparadas com a média de seus vizinhos (Wz) e dispostas em 4 quadrantes no diagrama, a saber: High-High (HH), Low-Low (LL), High-Low (HB) e Low-High (LH) (Figura 2).

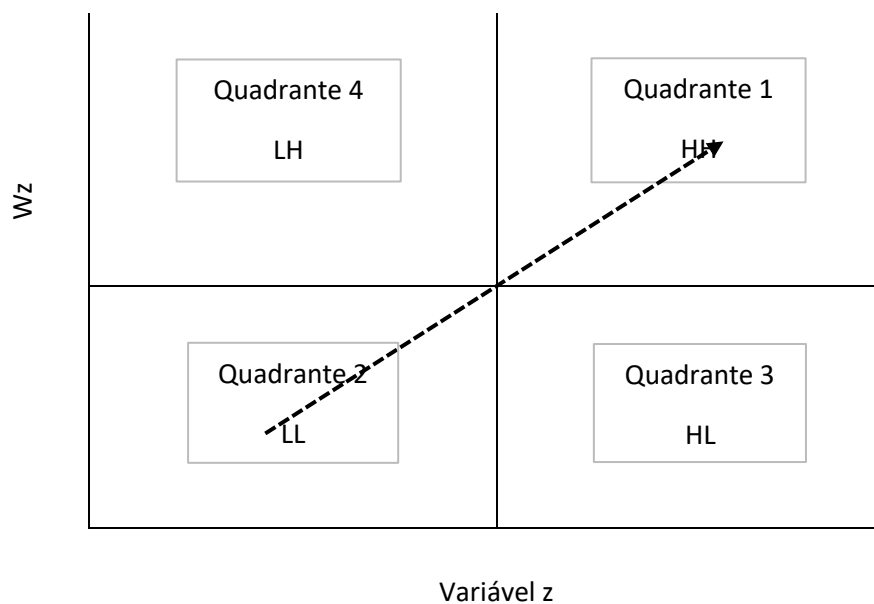


Figura 2 – Ilustração do Diagrama de dispersão de Moran e seus quadrantes
Fonte: A autora

Os valores que estiverem inseridos nos quadrantes HH e LL são valores que apresentaram associação espacial positiva, pois indicam que quando o valor da variável é alto na observação, o valor da média de seus vizinhos também é alto, do mesmo modo quando os valores são baixos na observação, o valor da média de seus vizinhos também serão. Já os quadrantes LH e HL, indicam pontos de associação espacial negativa, pois enquanto a observação tem valor alto, a vizinha apresenta valor baixo e vice-versa (ALMEIDA, 2012).

Para testar a significância de Moran foi realizado o teste de Pseudo Significância. O teste consiste na construção de uma distribuição empírica, em que foram realizadas 999 permutações aleatórias dos dados e aplicada a estatística espacial, calculando o Índice de Moran nestas permutações, e comparando o valor do Índice de Moran referente ao arranjo espacial real em relação à distribuição simulada. Caso o valor real do índice não estiver entre os valores das permutações, pode-se rejeitar a hipótese de aleatoriedade espacial (hipótese nula). Foram considerados estatisticamente significativos valores de p abaixo de 0,05.

4.5. Apresentação e localização geográficas dos dados

Para melhor situar o leitor quanto à localização geográfica dos clusters significativos encontrados no território em análise foram utilizadas as nomenclaturas: Região Central, Região Central-Norte, Região Sul, Região Oeste, Região Norte, Região Noroeste e Região Sudoeste. Esta escolha foi feita tomando como base a zona central do Recife como centro do mapa e utilizando, a partir dela, os pontos cardeais como forma de orientação.

A popularmente conhecida como Zona Norte refere-se a uma área extremamente heterogênea do ponto de vista socioeconômico, portanto, para facilitar a descrição e localização das diferentes associações espaciais encontradas, foi utilizado o termo Região Norte para designar a área mais pobre que sempre esteve ligada à RPA Norte. A outra porção da “Zona Norte”, onde estão localizados em sua maioria os bairros mais ricos, foi designada como Região Central-Norte.

Neste trabalho as RPAs não foram utilizadas como referência pois num espaço heterogêneo como Recife, considerá-las poderia mascarar os resultados, principalmente relacionados à distribuição de renda.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise da Cobertura da Terra

A cidade do Recife, em 2013, apresentou uma cobertura de 1% do território de Atividades agrícolas e aquícolas, 4,5% de Água, 2,6% Sem cobertura vegetal, 2,5% de Área úmida, 49,6% de Área construída, 37,6% de Cobertura Florestal e 2,1% de Vegetação herbácea (Figura 2).

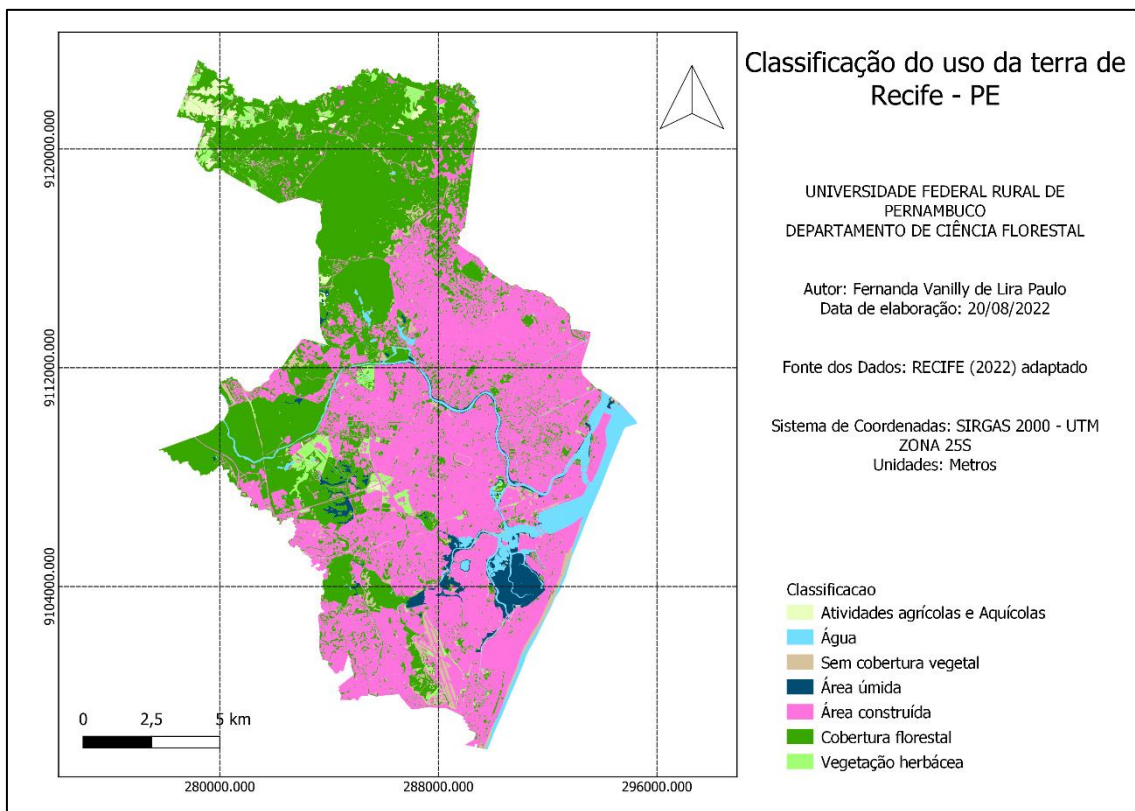


Figura 3 – Classificação do uso da terra da cidade do Recife – PE
Fonte: A autora. Adaptado de RECIFE (2022).

A figura 3 mostra os mapas quantis de distribuição da cobertura florestal e área construída, bem como a distribuição espacial da renda per capita na cidade do Recife. Observa-se que a cobertura florestal (Figura 3a) apresenta um padrão claro de ocupação nas regiões noroeste, oeste e sudoeste da cidade, reduzindo as porcentagens em direção à região Sul. Existe um percentual menor de concentração na região central-norte, porém à medida que nos deslocamos para a região litorânea encontramos os menores percentuais de cobertura florestal. Isso reforça o histórico de ocupação da cidade iniciado pelo litoral (leste). Além disso, as áreas

com maior concentração de árvores correspondem à Zona de Ambiente Natural (ZAN) de acordo com o Plano Diretor do Recife (RECIFE, 2021).

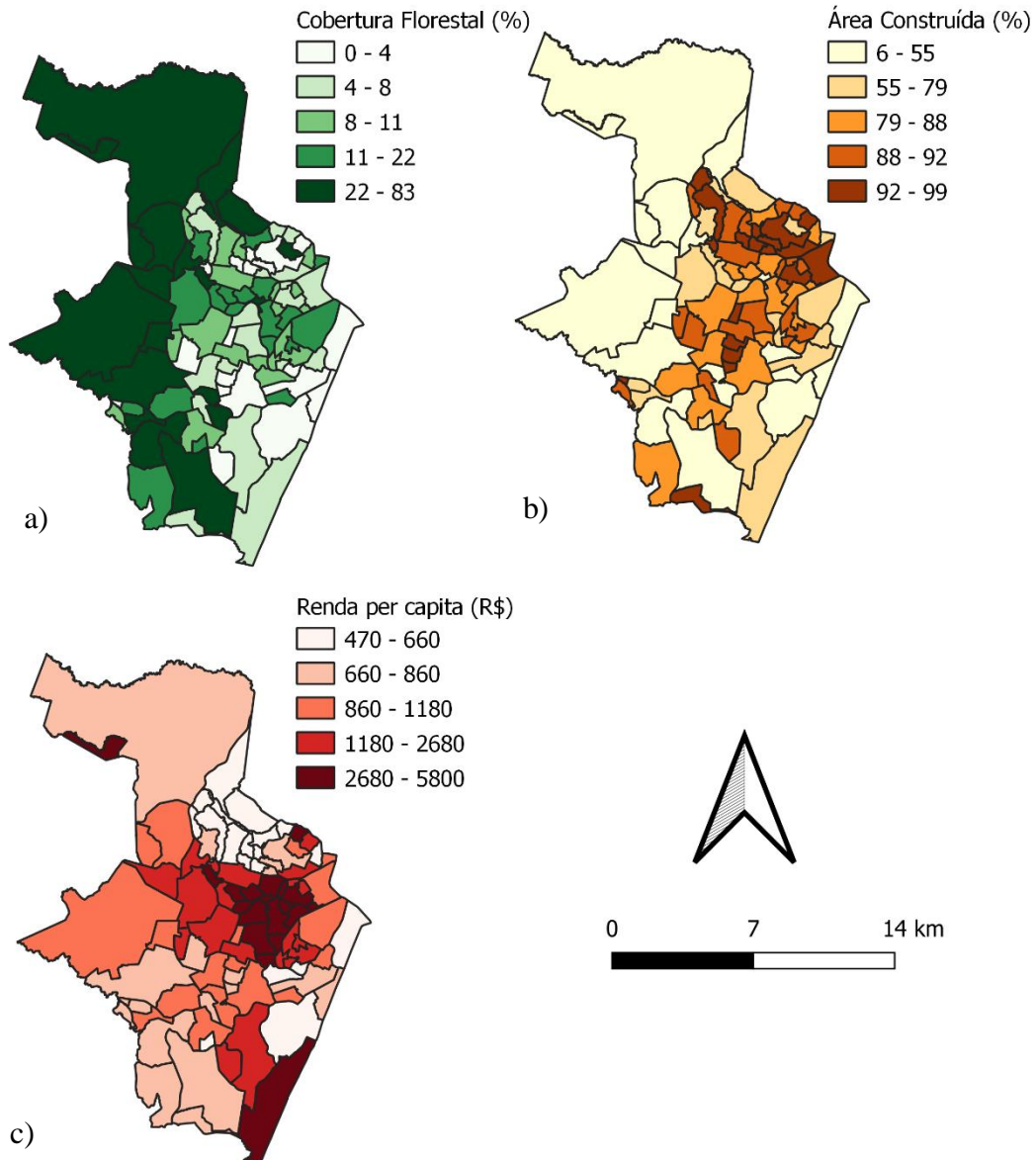


Figura 4 – Distribuição espacial das classes de uso Cobertura florestal (a), Área construída (b) e Renda per capita (c) na cidade do Recife – PE.

Fonte: A autora.

A área construída apresenta um padrão oposto ao de Cobertura florestal, mais concentrada na região norte do Recife, onde os bairros tem as menores extensões territoriais e

a divisão político-administrativa é mais fragmentada (Figura 3b). À medida que nos deslocamos em direção às regiões noroeste, oeste e sul o percentual de área construída diminui. Apesar de ser a região em que há a maior concentração populacional da cidade, cerca de 300mil habitantes (IBGE, 2010), a região sul é caracterizada por uma distribuição mais verticalizada das construções, especificamente na região litorânea, onde predominam edifícios tanto residenciais quanto comerciais.

Na região norte a distribuição espacial das construções é menos verticalizada. Essa região é caracterizada pela predominância de habitações residenciais estabelecidas de forma irregular, horizontalização e precariedade e correspondem às áreas definidas como Zonas Especiais de Interesse Social 1 (ZEIS 1) definidas pelo Plano Diretor do Recife (RECIFE, 2021).

Já para a renda per capita pode-se observar um terceiro padrão de distribuição (Figura 3c), pois a maior concentração de renda encontra-se na região central-norte da cidade, e diminui gradativamente de forma radiocêntrica, exceto pelo bairro de Boa Viagem, que se caracteriza como um outlier de concentração de renda na região sul, e pelo bairro de Pau-Ferro, que apresenta alta concentração de renda na região noroeste. Nota-se que a região norte, com a menor concentração de renda, é a que apresenta os maiores percentuais de área construída (Figura 3b).

A figura 3 auxilia na visualização das configurações espaciais das variáveis de interesse, porém apesar de os mapas *quantis* sugerirem um aparente padrão espacial, faz-se necessário realizar inferências estatísticas para averiguar a existência de padrões espaciais significativos, as quais estão apresentadas nas seções seguintes.

5.2. Autocorrelação Espacial Univariada

Os valores do Índice de Moran para a autocorrelação espacial global foram significativos para as variáveis área construída, Cobertura florestal e renda, respectivamente 0,339, 0,476 e 0,243, para p menor ou igual a 0,05. Isso indica que existe um padrão espacial positivo de concentração para as variáveis estudadas, de modo que bairros que apresentam valores altos de cobertura florestal, renda per capita e área construída têm vizinhos com valores altos, e que bairros com valores baixos dessas variáveis têm vizinhos com valores baixos.

Para verificar a existência de associações espaciais, a seguir estão apresentados os diagramas de dispersão de Moran, bem como os mapas de Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) resultantes, com nível de significância de 95%, de cada variável analisada (Figura 4).

Na figura 4a pode-se observar um aglomerado significativo de bairros de área construída HH nas regiões norte e central-norte, representando 31% dos bairros do Recife. Isso significa que bairros com alto percentual de área construída são rodeados por bairros também com alto percentual de área construída nessa região da cidade. Exemplificar no texto os bairros com os maiores e menores percentuais e a relação per capita.

Nos limites desse cluster (Figura 4a), pode-se verificar a existência de bairros LH, ou seja, áreas de transição entre a região de grande concentração espacial de construções e áreas com baixo percentual à noroeste e oeste. Também pode-se verificar a existência de clusters LL nas zonas noroeste e sul, em que há concentração de bairros com baixo percentual de áreas construídas circundados por bairros com características semelhantes.

Um importante aglomerado HH de cobertura florestal (Figura 4b) pode ser observado na região noroeste da cidade, onde está a maior concentração de cobertura florestal de toda área em estudo. Em contrapartida há a predominância de um cluster LL (39% dos bairros) formado por bairros com baixíssima concentração de cobertura florestal, que vai desde a área norte, passando pelo centro, até a zona sul da cidade. Esse aglomerado reforça a fragmentação florestal nas áreas mais urbanizadas da cidade e a grande concentração de remanescentes florestais existentes nas áreas mais periféricas.

Também podem ser observados clusters HL (Figura 4b), em que há bairros com percentuais maiores de cobertura florestal que circundam o cluster formado por bairros com as menores taxas. Esses bairros diferem dos vizinhos pois possuem uma arborização urbana significativa em relação à sua área total, diferindo da paisagem geral e se assemelhando às regiões periféricas em cobertura florestal, representando áreas de transição entre a área mais central e pouco arborizada da cidade e as áreas de remanescentes.

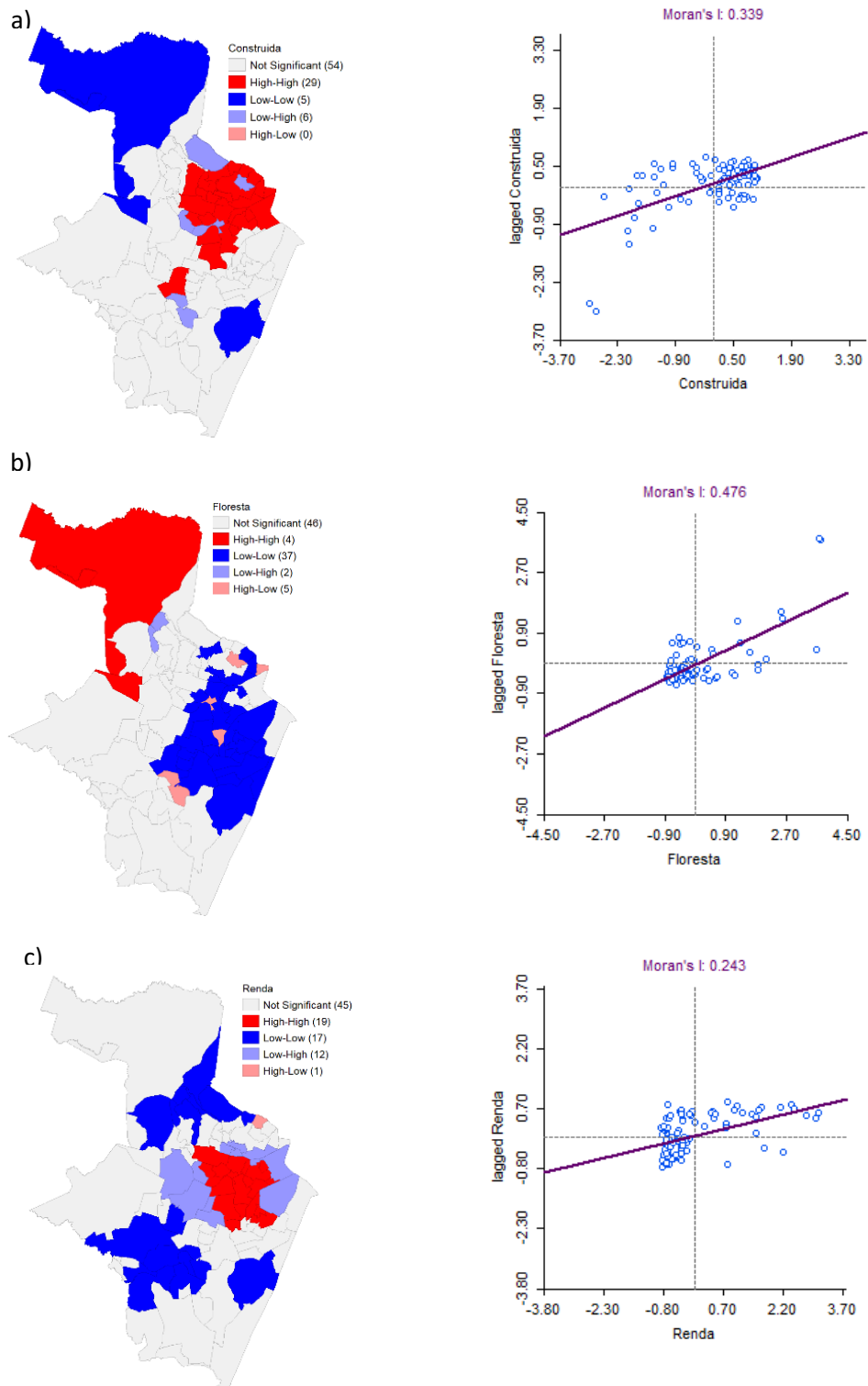


Figura 5 – Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) e gráficos de dispersão univariados para as variáveis área construída (a), floresta (b) e renda (c).

Na Figura 5c observou-se que para a distribuição de renda per capita no espaço existe um padrão muito claro de concentração na área central-norte da cidade, onde pode ser observado um cluster HH significativo. Este cluster possui bairros adjacentes com renda per

capita baixa (cluster LH), que representam uma área de transição entre as áreas de menor concentração de renda da cidade, representada pelos clusters LL nas áreas noroeste, sudoeste e sul onde estão os bairros mais pobres da cidade.

5.3. Correlação Espacial Bivariada

Na figura 5a pode-se observar, no diagrama de dispersão de Moran e seu mapa LISA resultante, um Índice de Moran global de $-0,119$, com nível de confiança de 95%, indicando a existência de uma correlação negativa significativa entre a Cobertura florestal e a renda per capita na cidade do Recife. Isso implica dizer que bairros com alta cobertura arbórea tendem a ter vizinhos com renda per capita abaixo da média.

Para a identificação de padrões locais de associação podemos verificar os clusters significativos formados no mapa LISA da relação floresta e renda e perceber que há presença de fortes relações locais nos quatro quadrantes do diagrama (Figura 5a). Com 28% de representatividade, o cluster LH predomina na região central-norte da cidade, refletindo a relação entre baixas coberturas arbóreas dos bairros com as altas rendas per capita de seus vizinhos. Entre esses bairros alguns clusters HH se destacam, mostrando que existem bairros mais ricos com alta cobertura arbórea.

Clusters LL estão presentes a noroeste, sudoeste e sul da cidade, indicando a existência de bairros pobres com baixa cobertura arbórea nessas localidades. Estes são cercados por clusters HL, em que bairros com alta cobertura arbórea possuem vizinhos com renda per capita baixa.

Para a relação floresta e área construída podemos verificar uma associação global significativa ainda mais negativa, com índice de Moran de $-0,334$, para p menor ou igual a 0,05 (Figura 5b), indicando que no geral bairros com maiores percentuais de cobertura florestal possuem vizinhos com maiores percentuais de área construída na cidade do Recife.

Padrões locais também podem ser observados no mapa LISA (Figura 5b), em que há predominância de um cluster LH (29% dos bairros), indicando uma relação inversa entre presença de árvores e de construções nos bairros da região central e norte, indicando que bairros com baixas coberturas arbóreas, são cercados por bairros com alto percentual de áreas

construídas. Na região noroeste e sudoeste há um cluster HL, em que a relação inversa também pode ser encontrada, dessa vez com bairros de alta cobertura arbórea com os menores percentuais de área construída. Clusters HH, alta cobertura arbórea e alto percentual de área construída estão presentes em menor quantidade nas regiões central-norte, norte e sudoeste.

Em relação à análise entre renda e área construída foi encontrada uma correlação positiva significativa entre as variáveis, com um índice de Moran de 0,100, para p maior ou igual a 0,05 (Figura 5c), indicando que, no geral, bairros de alta renda na cidade do Recife têm vizinhos com valores de área construída acima da média, e vice-versa.

Seguindo esse padrão podem ser observados no mapa LISA, localmente, uma concentração de bairros HH na região central-norte da cidade, em que há bairros com alta renda e altos percentuais de área construída. Também pode ser observado um cluster LL nas regiões noroeste e sul, onde as menores rendas coincidem com os menores percentuais de área construída, salvo por um cluster HL localizado no bairro do Pau-Ferro, que apresenta alta renda e baixa área construída.

Em contrapartida à análise global, e reforçando a importância da análise local para encontrar padrões camuflados, podemos verificar a existência de uma predominância de um grande cluster LH na região norte, em que há uma relação negativa entre as variáveis. Esse aglomerado representa 22% dos bairros do Recife e indica que bairros de baixa renda apresentam vizinhança com alto percentual de área construída nessa região.

Na cidade do Recife a distribuição da cobertura arbórea está concentrada nas regiões mais a oeste, noroeste e sudoeste, e diminui em direção às regiões central e sul, se caracterizando por uma distribuição desuniforme entre os bairros (Figura 3a). Quando observada a análise bivariada entre floresta e renda, observa-se uma correlação negativa, em que bairros e consequentemente a população de baixa renda encontram-se mais próximos às áreas mais florestal, ao passo que áreas com as maiores rendas per capita se concentram em regiões menos vegetadas da cidade (Figura 6a).

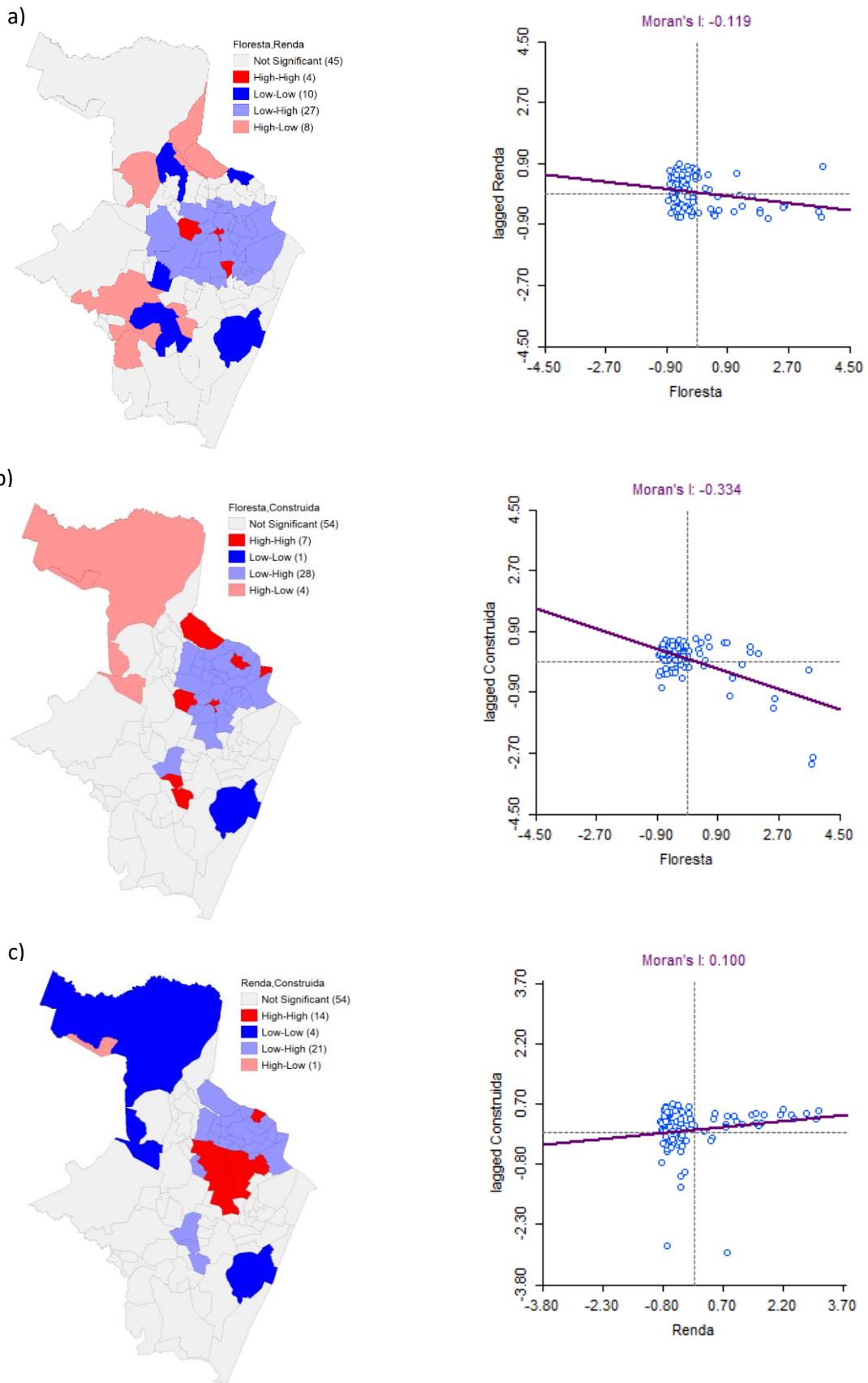


Figura 6 – Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA) e gráficos de dispersão bivariados para Cobertura florestal e Renda (a), Cobertura Florestal e Área construída (b) e Renda e Área construída (c).

6 DISCUSSÃO

Este resultado vai de encontro à maioria da literatura em que geralmente é observada uma correlação espacial positiva entre fatores sociais, como a renda e a cobertura florestal. Normalmente nesses trabalhos áreas mais ricas das cidades são as mais arborizadas, ao passo que áreas mais pobres são menos arborizadas (PEDLOWSKI et al., 2002; LANDRY & CHAKRABORTY, 2009; PÄCK & ALDUNCE, 2010; PHAM et al., 2012; SZANTOI et al., 2012; CONWAY e BOURNE, 2013; JENERETTE et al., 2013; ESCOBEDO et al., 2015; GERRISH e WATKINS, 2018;), no entanto alguns trabalhos no Brasil coincidem com os resultados deste estudo.

Arantes et al. (2021), estudando padrões espaciais entre cobertura florestal urbana e renda na megacidade de São Paulo encontrou um padrão semelhante ao de Recife, quando analisou o território da cidade como um todo. Os autores descobriram que São Paulo apresenta uma correlação negativa entre as variáveis, em que áreas pobres estão mais próximas de áreas arborizadas do que áreas ricas.

Isso pode estar relacionado ao fato de que as áreas pobres estão concentradas nas periferias da cidade e se caracterizam por apresentar um padrão urbanização recente e incipiente de infraestrutura. O mesmo ocorre com as áreas de cobertura florestal urbana, que estão mais concentradas nas áreas periféricas e correspondem aos remanescentes florestais. Além disso, o centro da cidade apresenta uma estrutura urbana mais verticalizada e as menores concentrações de florestas e habitantes, com as maiores rendas. Arantes et al. (2021) ainda argumentam que este é um efeito de uma urbanização não planejada e que é preciso maiores estudos para verificar se as populações periféricas usufruem dos serviços ecossistêmicos produzidos pelas florestas urbanas.

Hetrick et al. (2013), estudando padrões espaciais entre fatores socioeconômicos e a cobertura vegetativa em Altamira, no Pará, uma cidade de médio porte assim como Recife, encontraram que setores censitários com maiores níveis de renda apresentavam as menores coberturas vegetais, e argumentam que este é um resultado direto do aumento da densidade populacional, que normalmente provoca reduções na cobertura vegetal das cidades. Essa redução é resultado do processo de urbanização das áreas, uma vez que a criação de novos

bairros gera a diminuição do tamanho dos lotes, criação de equipamentos urbanos, como estruturas viárias, comerciais e residências, ocasionando o deslocamento da vegetação.

Dessa forma, observou-se que, semelhante a Recife (Figura 5b), na cidade de Altamira a densidade de domicílios é inversamente proporcional à cobertura vegetal. Pham et al. (2013), argumentam que fatores do ambiente construído e a densidade populacional são determinantes para a presença de vegetação, ou seja, quanto maior o adensamento urbano, seja em área construída ou em quantidade de habitantes, menor será a presença de vegetação.

Em contrapartida outro padrão pôde ser observado para outras cidades brasileiras. Pedlowski et al. (2002), constataram que bairros mais ricos da cidade de Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, apresentam maior quantidade de árvores e maior biodiversidade em detrimento de bairros mais pobres, que possuem um nível mais baixo de árvores e diversidade arbórea. Resultado semelhante foi observado por Lundgren e Silva (2019), quando analisaram a correlação entre índices das árvores e classes sociais na cidade de Serra Talhada, em Pernambuco, descobrindo que bairros com residentes de classes sociais mais altas apresentam maiores áreas de cobertura arbórea, e maior diversidade florística.

O processo de urbanização do Recife intensificou-se a partir do século XIX e se deu inicialmente a partir do Bairro do Recife, de forma radiocêntrica, ao longo e em torno dos caminhos que ligavam os engenhos ao porto, tomando forma através do loteamento das áreas rurais (REYNALDO e ALVES, 2013). Esse movimento em direção às áreas periféricas determinou a configuração urbana da cidade e deslocou os remanescentes de floresta para as periferias (Figura 3a), como observado nos resultados, gerando uma concentração de construções nas regiões central e norte (Figuras 4a e 5b), ao passo que a vegetação diminuía.

A expansão da malha urbana recifense se deu de acordo com o modelo de colonização portuguesa para a maioria das cidades coloniais, com ruas estreitas, irregulares, ausência de calçadas e construções sem recuo frontal, características desfavoráveis ao desenvolvimento da cobertura florestal urbana (ARAGÃO, 2008; ARAGÃO, 2010, VIGNOLA JÚNIOR, 2015). De acordo com Duarte et al. (2018), este modelo foi um dos principais responsáveis pela desvalorização da arborização no planejamento urbano no Brasil.

Como dito, a dinâmica da urbanização do Recife levou ao isolamento de grandes remanescentes de floresta nas zonas periféricas, os quais coincidem com áreas protegidas pela legislação ambiental municipal (RECIFE, 2014). Em sua maioria essas áreas estão inseridas nas categorias Unidades de Conservação da Natureza (UCN) e Área de Proteção Ambiental (APA), sendo a UCN Beberibe, UCN Dois Irmãos e a APA Mata da Várzea as mais representativas e estão localizadas próximas aos bairros de baixa renda da cidade (Figura 5a).

Fernandes (2020), explica que 74,37% da cobertura florestal urbana de Recife é composta por Unidades de Conservação e salienta a importância da manutenção de áreas protegidas para a conservação da cobertura florestal da cidade, além de possuírem grande potencial de fornecimento de serviços ecossistêmicos às populações adjacentes (JOLY et al., 2019).

Martini et al. (2018), constataram a existência de diferenças estatísticas significativas entre o microclima interno e externo à diferentes tipologias florestais existentes no perímetro urbana, com destaque para áreas de remanescentes florestais, que apresentaram as maiores diferenças.

Em contrapartida, os clusters significativos de menor concentração de cobertura florestal urbana estão relacionados com os bairros mais ricos de Recife (Figura 5a). Fernandes (2021) explica que nessa região, conhecida popularmente como “Zona Norte” e identificada neste trabalho como região central-norte, concentra a maior parte das áreas verdes da cidade (parques, praças e jardins) o que influencia fortemente a especulação imobiliária, atraindo e concentrando a população de maior renda.

Fato importante a ser analisado, pois apesar de a proximidade a florestas estar relacionada a menor renda, os bairros mais ricos presentes na Zona Norte, como exemplo: Graças, Poço, Parnamirim e Jaqueira, apresentam a cobertura florestal associada a um melhor planejamento urbano e ambiental do que áreas periféricas, visto as estruturas de praças e parques públicos, o que influencia diretamente no valor dos imóveis.

Quando analisada a relação área construída e renda na região norte (Figura 5c), tem-se que bairros que possuem a maior concentração de área construída apresentam as menores concentrações de renda. Essa região é ocupada majoritariamente pela população de baixa renda

no Recife (região norte) e apresenta alto risco ambiental de deslizamentos e incidência de ondas de calor (CAF/WAYCARBON/ICLEI, 2019), fatores potencializados pela ausência de cobertura florestal. Essa área corresponde à ZEIS1 de acordo com o Plano Diretor (RECIFE, 2021) e representa uma das áreas mais carentes de Recife. As ZEIS 1 são definidas como:

[...] áreas de assentamentos habitacionais de população de baixa renda, surgidos espontaneamente, consolidados, carentes de infraestrutura básica, que não se encontram em áreas de risco ou de proteção ambiental, passíveis de regularização urbanística e fundiária, bem como de construção de habitações de interesse social.

Santos, et al. (2019) explicam que, devido à sua geomorfologia, a cidade do Recife apresenta alta vulnerabilidade a eventos como enchentes, deslizamentos e alagamentos, que são potencializados pela impermeabilização do solo e ocupação irregular de áreas de risco decorrentes de um planejamento inadequado.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Análise Exploratória de Dados Espaciais se mostrou eficiente em identificar padrões espaciais significativos para a cidade do Recife, que no geral apresentou correlação negativa entre floresta e renda, floresta e área construída e correlação positiva entre renda e área construída, refletindo um padrão espacial que favorece populações de baixa renda quanto à proximidade com a cobertura florestal, porém esse favorecimento se deve majoritariamente à existência de remanescentes florestais que ao longo do processo histórico de urbanização da cidade foi sendo deslocado para as regiões periféricas.

É provável que grande parte dos serviços ecossistêmicos prestados pelos remanescentes de florestas beneficiem as áreas pobres da cidade, porém é necessário realizar estudos específicos que quantifiquem tanto os serviços quanto a percepção da população quanto a eles. Vários estudos demonstram os efeitos mitigadores no entorno imediato de remanescentes, porém é preciso afunilar a pesquisa sob a perspectiva de justiça ambiental para entender os desdobramentos da ecologia urbana na cidade do Recife.

Com as análises também foi possível identificar padrões claros de distribuição de renda e concentração de áreas construídas na cidade, de modo que a Região Norte se mostra como a menos favorecida em termos socioeconômicos e ambientais.

Outros estudos de correlação espacial são necessários para verificar a equidade da distribuição da cobertura florestal com relação às árvores plantadas em ruas e distribuição de áreas verdes. Recomenda-se o uso de diferentes unidades territoriais, como por exemplo a utilização da divisão territorial da cidade por setores censitários e a exclusão da macrozona de ambiente natural, utilizando apenas a macrozona urbana. Também são necessários estudos envolvendo regressão espacial multivariada, para analisar quantos quais fatores são preditores para a dinâmica territorial recifense.

Este trabalho é de grande importância para subsidiar a gestão municipal na tomada de decisão quanto ao planejamento ambiental urbano da cidade do Recife, pois fornece novos dados quantitativos a respeito da distribuição das florestas e contribui para uma literatura emergente no que diz respeito a cidades tropicais de países em desenvolvimento. Ademais, os

resultados demonstram a importância da preservação de florestas intraurbanas e periurbanas para o bem estar ambiental da população.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. Análise Exploratória de Dados Espaciais. Em: **Econometria Espacial Aplicada**. Campinas, SP: Editora Alínea, 2012. p. 103–147.
- ALVARES, C. A. et al.. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association-LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 2010.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association—LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.
- ANSELIN, L. The Future of Spatial Analysis in the Social Sciences. **Geographic Information Sciences**, v. 5, n. 2, p. 67–76, 1999.
- APAC. **Climatologia**: Mapas de precipitação e outras informações. 2022b. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/climatologia/519-climatologia>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- APAC. **Climatologia**: Precipitação média por município. 2022a. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- ARAGÃO, S. DE. A casa, o jardim e a rua no Brasil do século XIX. **Em Tempo de Histórias**, n. 12, p. 151–162, 2018.
- ARAGÃO, S. DE. Fontes documentais para o estudo da casa brasileira do século XIX. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, n. 12, p. 85–93, 2010.
- ARANTES, B. L. et al.. Urban forest and per capita income in the mega-city of Sao Paulo, Brazil: A spatial pattern analysis. **Cities (London, England)**, v. 111, p. 103099, 2021.
- ARAÚJO, M. N. D.; ARAÚJO, A. J. D. **Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar: Arborização Urbana**. Curitiba: CREA-PR, 2011.
- BENTO, S. C. et al.. As Novas Diretrizes e a Importância do Planejamento Urbano para o Desenvolvimento de Cidades Sustentáveis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, 2018.
- BEYER, K. M. M. et al.. Exposure to neighborhood green space and mental health: evidence from the survey of the health of Wisconsin. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 3, p. 3453–3472, 2014.

BIONDI, D. Floresta urbana: conceitos e terminologias. Em: BIONDI, D. (Ed.). **Floresta urbana**. Curitiba: O Autor, 2015. p. 11–27.

CAF/WAYCARBON/ICLEI. **Análise de riscos e vulnerabilidades climáticas e estratégia de adaptação do município do Recife - PE - Resumo para tomadores de decisão**. 2019. Disponível em: http://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/sumario_clima_recife_portugues.pdf

CÂMARA, G. et al.. **ANÁLISE ESPACIAL DE ÁREAS**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

CONWAY, T. M.; BOURNE, K. S. A comparison of neighborhood characteristics related to canopy cover, stem density and species richness in an urban forest. **Landscape and urban planning**, v. 113, p. 10–18, 2013.

COSTA, N. R. DA. **Relação entre características socioeconômicas e a arborização urbana de uma metrópole brasileira**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.

DUARTE, T. E. P. N. et al.. Arborização Urbana no Brasil: um reflexo de injustiça ambiental. **Terr@ Plural** , v. 11, n. 2, p. 291–303, 2017.

DUARTE, T. E. P. N. et al.. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 327, 2018.

ESCOBEDO, F. J. et al.. Socio-ecological dynamics and inequality in Bogotá, Colombia's public urban forests and their ecosystem services. **Urban forestry & urban greening**, v. 14, n. 4, p. 1040–1053, 2015.

FERNANDES, C. R. P. **Caracterização Espacial Dos Fragmentos Florestais Em Recife/Pe**. Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto. 2020. 47p. TCC (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciência Florestal, Universidade federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

FERNANDES, M. E. B. V. **ESPACIALIZAÇÃO DE ÁREAS VERDES PÚBLICAS E SUA RELAÇÃO COM O VALOR DO IPTU NA CIDADE DO RECIFE – PE**. Orientador: Everaldo Marques de Lima Neto. 2021. 40p. TCC (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Florestal, Departamento de Ciência Florestal, Universidade federal Rural de Pernambuco, Recife, 2021.

FLOCKS, J. et al.. Environmental justice implications of urban tree cover in Miami-Dade county, Florida. **Environmental justice**, v. 4, n. 2, p. 125–134, 2011.

GAIGBE-TOGBE, V. The impact of socio-economic inequalities on early childhood survival: Results from the demographic and health surveys. **United Nations, Population Division, Technical Paper**, v. 1, p. 30, 2015.

GAUDERETO, G. L. et al.. Evaluation of Ecosystem Services and management of urban Green Areas: Promoting healthy and sustainable cities. **Ambiente & sociedade**, v. 21, n. 0, 2018.

GERRISH, E.; WATKINS, S. L. The relationship between urban forests and income: A meta-analysis. **Landscape and urban planning**, v. 170, p. 293–308, 2018.

GONÇALVES, E. O padrão espacial da atividade inovadora Brasileira: uma análise exploratória. **Estudos economicos**, v. 37, n. 2, p. 405–433, 2007.

GRIMM, N. B. et al.. Global change and the ecology of cities. **Science (New York, N.Y.)**, v. 319, n. 5864, p. 756–760, 2008.

HETRICK, S. et al.. Spatiotemporal patterns and socioeconomic contexts of vegetative cover in Altamira city, Brazil. **Land**, v. 2, n. 4, p. 774–796, 2013.

HEYNEN, N.; PERKINS, H. A.; ROY, P. The political ecology of uneven urban green space: The impact of political economy on race and ethnicity in producing environmental inequality in Milwaukee. **Urban affairs review (Thousand Oaks, Calif.)**, v. 42, n. 1, p. 3–25, 2006.

IBGE. **Biomass**: downloads. Downloads. 2004a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/15842-biomass.html?edicao=16060&t=downloads>. Acesso em: 09 set. 2022.

IBGE. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3170>. Acesso em: 16 jul. 2022.

IBGE. **Cidades**: Recife. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 10 set. 2022.

IBGE. **Informações ambientais**: Síntese Descrição Biomass. 2004b. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomass/documentos/Sintese_Descricao_Biomass.pdf. Acesso em: 09 set. 2022.

IBGE. **Mapas**: Organização do Território. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/porta1.php#homepage>. Acesso em: 05 set. 2022.

JENERETTE, G. D. J. et al. Urban vegetation and income segregation in drylands: a synthesis of seven metropolitan regions in the southwestern United States. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 4, p. 044001, 2013.

JENNINGS, V.; JOHNSON GAITHER, C.; GRAGG, R. S. Promoting environmental justice through urban green space access: A synopsis. **Environmental justice**, v. 5, n. 1, p. 1–7, 2012.

KIM, S.; KIM, B. The effect of urban green infrastructure on disaster mitigation in Korea. **Sustainability**, v. 9, n. 6, p. 1026, 2017.

LEROY, J. P. Justiça ambiental. **Grupo de Estudos em Temáticas Ambientais (GESTA UFMG)**, 2010.

LIMA, G. V. B. DE A. et al. O direito à cidade arborizada: a arborização urbana como indicador da segregação socioeconômica em Belém do Pará. **REVSBAU**, v. 15, n. 1, p. 79–96, 2020.

LOCKE, D. H.; GROVE, J. M. Doing the hard work where it's easiest? Examining the relationships between urban greening programs and social and ecological characteristics. **Applied spatial analysis and policy**, v. 9, n. 1, p. 77–96, 2016.

LUNDGREN, W. J. C.; SILVA, L. F. DA. Correlação entre índices das árvores e classes sociais na cidade de Serra Talhada - PE. **REVSBAU**, v. 8, n. 4, p. 107, 2019.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. A influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima do entorno imediato. **Ciencia Florestal**, v. 28, n. 3, p. 997–1007, 2018.

MARUTHAVEERAN, S.; VAN DEN BOSH, C. K. Fear of crime in urban parks – What the residents of Kuala Lumpur have to say? **Urban forestry & urban greening**, v. 14, n. 3, p. 702–713, 2015.

MORAN, P. A. P. The interpretation of statistical maps. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 10, n. 2, p. 243–251, 1948.

OLIVEIRA, T. H. DE et al. **Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e do processo de urbanização no município do Recife–PE utilizando o Índice de Vegetação Ajustado**. Foz do Iguaçu, PR: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013.

ONU General Assembly. **Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015**. 2015. Disponível em: Microsoft Word - 1516301E.docx (unfpa.org). Acesso em: 10, ago. 2022.

ONU. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais. Divisão De população. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision**. 2018. Disponível World Urbanization Prospects The 2018 Revision (un.org). Acesso em: 19, mar. 2022.

OSAKO, L. K.; TAKENAKA, E. M. M.; SILVA, P. A. DA. Arborização urbana e a importância do planejamento ambiental através de políticas públicas. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 9, n. 14, 2016.

PÄCKE, S. R.; ALDUNCE, I. M. F. Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. **EURE. Revista latinoamericana de estudios urbano regionales**, v. 36, n. 109, p. 89–110, 2010.

PAIVA, C. M. D. S. **Arborização e conforto térmico no espaço urbano**. Manhaçu, MG: UNIFACIG, 2022.

PEDLOWSKI, M. A. et al.. Urban forest and environmental inequality in Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brazil. **Urban ecosystems**, v. 6, n. 1/2, p. 9–20, 2002.

PHAM, T.-T.-H. et al.. Predictors of the distribution of street and backyard vegetation in Montreal, Canada. **Urban forestry & urban greening**, v. 12, n. 1, p. 18–27, 2013.

PICKETT, S. T. A. et al.. Theoretical perspectives of the Baltimore Ecosystem Study: Conceptual evolution in a social-ecological research project. **Bioscience**, v. 70, n. 4, p. 297–314, 2020.

RECIFE. **Área Urbana**. 2022b. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/area-urbana>. Acesso em: 03 out. 2020.

RECIFE. **Caracterização do território**. 2022a. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/caracterizacao-do-territorio>>. Acesso em: 20 set. 2022.

RECIFE. **Lei Complementar Nº 02, de 23 de abril de 2021**. 2021a. Institui o Plano Diretor da cidade do Recife, revogando a Lei Municipal nº 17.511, de 29 de dezembro de 2008.

RECIFE. **Lei Ordinária nº 18.014/2014, de 2014**. 2014. Institui o Sistema Municipal de Unidades Protegidas - SMUP Recife e dá outras providências.

RECIFE. **Manual Técnico de Classificação da Cobertura da Terra para a Cidade do Recife**. 2021b. Disponível em: http://meioambiente.recife.pe.gov.br/sites/default/files/midia/arquivos/pagina-basica/manual_mapeamento_2021_6.pdf. Acesso em: 05 set. 2022.

RECIFE. **Portal Capivara: Downloads**. 2022c. Disponível em: <https://esigportal2.recife.pe.gov.br/portal/apps/sites/?fromEdit=true#/capivara/pages/downloads>. Acesso em: 15 ago. 2022.

REYNALDO, A.; ALVES, P. R. M. **Origem da expansão do Recife: divisão do solo e configuração da trama urbana**. V Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Buenos Aires, junio 2013. **Anais...**Barcelona: Instituto de Arte Americano. Universidad de Buenos Aires, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5821/siiu.5854>

RODRIGUES, J. R. DE F.; BEZERRA, L. G. DA S. Arborização urbana como estratégia de adaptação frente às mudanças climáticas no semiárido brasileiro: uma revisão teórica. Em: **Educação Ambiental–atitudes e ações resilientes para o equilíbrio do planeta**. Ituiutaba, MG: Editora Barlavento, 2022. p. 74–86.

SANTOS, L. D. J. DOS et al.. Vulnerabilidades a eventos pluviais de alta magnitude da cidade do Recife–Pernambuco/Brasil. **Revista de Geografia - PPGEO - UFJF**, v. 9, n. 2, p. 160–185, 2020.

SANTOS, Milton. **Manual de geografia urbana**. Edusp, 2008.

SANTOS, Milton. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia**. Edusp, 2022.

SCHWARZ, K. et al.. Trees grow on money: urban tree canopy cover and environmental justice. **PloS one**, v. 10, n. 4, p. e0122051, 2015.

SILVA, E. M. F. DA et al.. Um novo ecossistema: florestas urbanas construídas pelo Estado e pelos ativistas. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 97, p. 81–102, 2019.

SOUZA, L. H.; LAPA, T. A. O processo de revitalização e atividade turística no “Bairro do Recife” (Recife, Pernambuco, Brasil): interposições ao desenvolvimento humano no contexto das teorias das cidades sustentáveis e da Conservação Integrada. **Turismo e Sociedade**, v. 8, n. 1, 2015.

SZANTOI, Z. et al.. Socioeconomic factors and urban tree cover policies in a subtropical urban forest. **GIScience & remote sensing**, v. 49, n. 3, p. 428–449, 2012.

TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic geography**, v. 46, p. 234, 1970.

TYSZLER, M. **Econometria espacial: discutindo medidas para a matriz de ponderação espacial**. 2006. 155f. Tese (Doutorado) – Mestrado em Administração Pública e Governo, São Paulo, 2006. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/2451/155051.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 9 ago. 2022.

VAN STIGT, R.; DRIESSEN, P. P. J.; SPIT, T. J. M. A window on urban sustainability. **Environmental impact assessment review**, v. 42, p. 18–24, 2013.

VIGNOLA JÚNIOR, R. ArbVias: método de avaliação da arborização no sistema viário urbano. **Paisagem e ambiente**, n. 35, p. 89, 2015.