



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS PARA EVIDÊNCIA DE INEQUIDADES NA ACESSIBILIDADE DE ÁREAS VERDES EM GOIÂNIA

Bruno Vargas Adorno

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina de Análise Espacial de Dados Geográficos ministrada por PhD. Antônio Miguel Vieira Monteiro e Dr. Eduardo G. Camargo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Agência Municipal de Meio Ambiente de Goiânia por disponibilizar os dados qualitativos de áreas verdes de Goiânia, a Ramos et al. (2020) por compartilharem os dados vetoriais do Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia. Ao professor Dr. Camilo D. Rennó com auxílio no teste estatístico. À minha orientadora Dra. Silvana Amaral por contribuições e incentivo a execução das ideias desenvolvidas no trabalho, focando na exploração de possíveis temas de interesse para dissertação. Também, sou grato aos professores PhD Antônio Miguel Vieira Monteiro e Dr. Eduardo G. Camargo, responsáveis pelo curso SER 301, Análise Espacial de Dados Geográficos neste ano de 2020, além dos demais docentes que contribuíram com temas relacionados às suas especialidades durante o curso. Por fim a todos professores e colegas discentes que não mediram esforços para manter contato, energia e produtividade em meio à pandemia COVID-19, enfrentada neste ano de 2020.

RESUMO

O objetivo central desta pesquisa foi avaliar a equidade na acessibilidade de áreas verdes em Goiânia, mais voltadas para oferta de serviços culturais, à população de idosos, crianças e de baixa renda, bem como realçar as regiões mais carentes dessa acessibilidade. Para tanto, utilizou-se os setores censitários em áreas urbanas (referentes ao último censo do ano de 2010) como unidade de análise e adotou-se a análise exploratória de dados espaciais como ponto de partida, empregando o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) em abordagens univariada e bivariada. O LISA univariado foi utilizado para identificar agrupamento de setores com alta e baixa acessibilidade às áreas verdes, considerando três categorias: áreas verdes de bairro, distrito e região, considerando a possibilidade de atraírem residentes de distâncias menores a maiores. O teste não-paramétrico de Mann-Whitney U empregado na análise estatística, considerando esses dois grupos de acessibilidade, permitiu afirmar com 95% de confiança que maior proporção de crianças e população de baixa renda residem em setores menos acessíveis às áreas verdes, enquanto os idosos estão em regiões de maior acessibilidade. O LISA bivariado buscou relacionar a acessibilidade das diferentes categorias de áreas verdes aos grupos populacionais de interesse, permitindo confirmar que uma maior atenção no planejamento urbano deve ser dado sobre setores censitários de pouca acessibilidade para uma vizinhança com alta proporção de crianças e população de baixa renda, concentrados na periferia da cidade. Com relação a regiões com alta proporção de população idosa, há um menor número significativo de setores com baixa acessibilidade a áreas verdes localizado especialmente em regiões mais centrais da cidade. Embora o estudo careça de dados atualizados, acredita-se que a inequidade quanto a acessibilidade às áreas verdes pode ser uma questão ainda recente para Goiânia e importante de ser vista com atenção por tomadores de decisão.

Palavras-chave: Indicador local de associação espacial, Sistema de Informação Geográfica, Análise de rede, Parques urbanos, Praças

ABSTRACT

The main objectives of this research were to assess the equity in the accessibility of urban green spaces in Goiânia, focusing on those capable of offering cultural services, to the elderly, children and low-income population, as well as to highlight the most accessibility-deprived neighbourhoods. For this purpose, the census tract in urban areas (referring to the last surveyed census in 2010) were submitted to an exploratory spatial data analysis. The Local Indicator of Spatial Association (LISA) was employed in univariate and bivariate approaches. The LISA univariate was used to gather sectors with high and low accessibility to urban green spaces considering three categories: neighbourhood, district and region green spaces, assuming the possibility of attracting residents from shorter to larger distances. The non-parametric Mann-Whitney U was used to test the socio-economic differences between the two accessibility groups, allowing to state that a higher proportion of children and the low-income population live in sectors less accessible to green areas, while the elderly are in regions of greater accessibility, at 95% confidence level. The LISA bivariate sought to relate the accessibility of the different categories of green areas to the groups of interest, suggesting that greater attention in urban planning should be given to census tracts with low accessibility in a neighbourhood with a high proportion of children and low-income population, mainly found on the outskirts of the city. With regards to regions with a high proportion of the elderly population, there is significantly smaller number of tracts with low accessibility to green areas located especially in more central regions of the city. Although the study lacks up-to-date data, it is reasonable to infer that the inequality regarding accessibility to green areas can be seen as a still recent issue for Goiânia and important to be carefully addressed by decision makers.

Keywords: Local indicator of spatial association, Geographic Information System, Network analysis, Urban parks, Squares.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 3.1 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados neste estudo.....	5
Figura 3.2 - Distribuição dos centroides das áreas verdes na área de estudo.....	9
Figura 3.3 – Gráfico de dispersão de Moran identificando os quatro quadrantes de associação entre uma dada área e sua vizinhança.	12
Figura 4.1 – Gráficos de dispersão da proporção observada e seus respectivos denominadores (A1, B1, C1) e das proporções calculadas pelo Bayes empírico local e as proporções observadas (A2, B2, C2).	14
Figura 4.2 – Mapas da distribuição das proporções observadas (A1, B1, C1) das variáveis socioeconômicas e das proporções calculadas pelo Bayes empírico local (A2, B2, C2).	15
Figura 4.3 – Mapas de <i>clusters</i> do Indicador de Associação Espacial Local univariado e de significância para acessibilidade a áreas verdes de bairro (A1, A2), distrito (B1, B2) e Região (C1, C2).....	16
Figura 4.4 – Gráficos de dispersão de Moran univariado referente aos desvios padrões observados em cada setor censitário (Z) e sua vizinhança (WZ) para acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região.....	17
Figura 4.5 - Gráficos de dispersão de Moran bivariado referente aos desvios padrões observados da variável Z_k (acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região) em cada setor censitário e sua vizinhança com a variável Z_1 (proporções de domicílio com população de baixa renda, de idosos e de crianças).	18
Figura 4.6 – Mapas de significância e de <i>clusters</i> do indicador de associação local bivariado entre acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em relação a proporção de domicílios com baixa renda.....	19
Figura 4.7 – Mapas de significância e de <i>clusters</i> do indicador de associação local bivariado entre acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em relação a proporção de idosos.....	20
Figura 4.8 – Mapas de significância e de <i>clusters</i> do indicador de associação local bivariado entre acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em relação a proporção de crianças.....	21

Figura 4.9 – Histogramas das proporções de domicílios com população de baixa renda, de idosos e de crianças observadas em setores censitários com alta e baixa acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região.....22

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1. Descrição das variáveis socioeconômicas e de acessibilidade às áreas verdes utilizadas neste estudo.....	6
Tabela 3.2. Categorias atribuídas às áreas verdes analisadas de acordo com área mínima e distância máxima das residências com acessibilidade.....	9
Tabela 4.1. Teste de Mann Whitney U para avaliação de equidade na acessibilidade a áreas verdes pelos diferentes grupos populacionais.....	23

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 ÁREA DE ESTUDO	3
3 MATERIAIS E MÉTODOS	4
3.1 Coleta de dados	4
3.1.1 Variáveis socioeconômicas	4
3.1.2 Acessibilidade às áreas verdes.....	5
3.2 Pré-processamento	7
3.2.1 Bayes empírico local	7
3.2.2 Cálculo da acessibilidade às áreas verdes	8
3.3 Processamento dos dados	10
3.3.1 Indicador de Associação Espacial Local	10
3.4 Teste de Mann Whitney U	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
4.1 Bayes empírico local	14
4.2 Indicador de Associação Espacial Local	16
4.3 Teste de Mann Whitney U	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

Enquanto projeções globais apontam que cerca de 60% da população humana estará morando nas cidades em 2050 (UN-HABITAT, 2020), em países como o Brasil, estimativas indicam uma proporção próxima a 90% para o mesmo período (CASTIGLIONI, 2020). Dos desafios que acompanham essa situação, destaca-se a supressão da cobertura vegetal tanto pela expansão como pelo adensamento das cidades. Na contramão dessa tendência, muitos estudos continuam buscando alternativas sustentáveis ao desenvolvimento da vida no espaço construído, reforçando a importância das áreas verdes urbanas e soluções baseadas no meio natural (KABISCH et al., 2017).

As árvores implantadas em canteiros centrais, bem como praças e parques são exemplos de áreas verdes urbanas, e, no contexto em que são inseridas, favorecem benefícios aos habitantes da cidade que vão além da beleza cênica. Uma abordagem que tem se consolidado para sistematizar o conhecimento desses benefícios é a dos Serviços Ecossistêmicos (ALCAMO, 2003). Para um contexto urbano, destacam-se serviços relacionados à regulação de fenômenos como: ilhas de calor, alagamentos e enchentes (DEPIETRI et al. 2012), poluição e ruídos (DERKZEN et al., 2015) . Garantir tais serviços à população de forma igualitária depende da distribuição e manutenção da vegetação e da biodiversidade no tecido urbano (ELMQVIST et al. 2013).

Outros serviços, categorizados como culturais (e.g oportunidades para lazer, práticas de atividade física, interação social e alívio do stress), são favorecidos pela co-existência de infraestruturas como bancos, pistas de caminhada, área de ginástica, de convivência e outras que tornem as áreas verdes atrativas à população (KONIJNENDIJK et al. 2013). Nesse caso, medir acessibilidade a esses espaços é fundamental para localizar as áreas residenciais mais carentes desses espaços a determinadas distâncias. Igualmente, essa medida contribui na identificação de inequidades na oferta de áreas verdes (Iraegui et al. 2020).

Ambos os conceitos de acessibilidade e equidade costumam ser investigados conjuntamente nesse campo de pesquisa, sendo o primeiro relacionado aos obstáculos (e.g a distância física) para se alcançar dado serviço público, e o segundo à variação espacial na distribuição do referido serviço (TALEN; ANSELIN, 1998). Outra questão

recorrente nos estudos afins é a busca de entender quais grupos populacionais são potencialmente mais desprivilegiados nesse contexto. Por exemplo, idosos, crianças e população de baixa renda podem ter maiores restrições para se deslocarem por longas distâncias a fim de acessarem às áreas verdes. Assim, garantir que áreas verdes se distribuam de forma equitativa ao longo da cidade pode contribuir com maior acessibilidade da população a esse tipo de serviço, uma vez que se localizem mais próximas às suas residências (IRAEGUI et al. 2020).

Nesse contexto, o uso de técnicas de geoprocessamento e análise espacial de dados geográficos apresentam um grande potencial para gerar informação sobre a dissimilaridade da oferta das áreas verdes devido à natureza espacial do problema tratado. Em outras palavras, esta é uma questão em que dado local e áreas vizinhas guardam alguma dependência entre si e da unidade espacial de análise (BAILEY; GATRELL, 1995). Nesse sentido, métodos de análise espacial podem ser aplicados em etapas exploratórias do caso em estudo (TALEN, 1997; TALEN; ANSELIN, 1998; MOURA; FONSECA, 2020) ou até para modelar previsões entre variáveis que possam explicar ou ser relacionáveis por alguma razão (NESBITT et al, 2019).

Nesbitt et al (2019) mostram como a desigualdade na oferta de áreas verdes pode atingir diferentes grupos dependendo do município em análise, colocando em evidência que esse problema demanda esforços locais para se definirem políticas públicas apropriadas. Por isso, e devido à necessidade de mais estudos afins para cidades da América Latina (BARONA et al. 2020), propõe-se realizar uma análise exploratória de dados espaciais para para Goiânia, cobrindo os seguintes objetivos: 1) evidenciar regiões mais carentes de acessibilidade a áreas verdes pela população de baixa renda, de crianças e de idosos; 2) inferir qual (is) grupo (s) populacional (is) são potencialmente prejudicados por inequidades na acessibilidade às áreas verdes.

2 ÁREA DE ESTUDO

Os setores censitários classificados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como áreas urbanizadas de cidade ou vila foram considerados unidade de análise dentro do município de Goiânia. Segundo o último censo levantado, estes eram habitados por 1.300.000 pessoas, aproximadamente (IBGE, 2010). Essas áreas são “caracterizadas por construções, arruamentos e intensa ocupação humana; as áreas afetadas por transformações decorrentes do desenvolvimento urbano; e aquelas reservadas à expansão urbana” (IBGE, 2010).

Um dos motivos de selecionar Goiânia para este estudo é que, desde seu planejamento, na primeira metade do século XX, foi pensada como cidade-jardim, o modelo inglês de Ebenezer Howard (1850-1928), que visa reduzir pontos negativos das metrópoles industriais da época, dentre os quais: poluição, excesso de população, desconexão da natureza e custo de vida alto. Isso reforça que a importância das áreas verdes para essa cidade é tratada desde sua fundação.

No entanto, sendo capital de uma unidade federativa brasileira, a sua expansão urbana acelerada junto a uma concentração de novos habitantes têm sido apontados por pesquisadores da região como uma contínua ameaça a existência e manutenção desses espaços mais naturais (OLIVEIRA et al, 2019). Além disso, similar a outras cidades governadas no contexto neoliberalista, em que se evidencia a associação da oferta de áreas verdes à especulação imobiliária (HENRIQUE, 2009; SAKATA et al., 2018), é razoável assumir a hipótese de desequilíbrio na oferta das mesmas ao longo do espaço urbano.

Por fim, pesquisas relacionando áreas verdes a variáveis socioeconômicas na cidade têm sido realizadas em sub-regiões da cidade, ou ainda em determinados parques, com caráter mais qualitativo e pontual. A distribuição de áreas verdes em bairros de diferentes densidades foi avaliada mais recentemente por Ramos et al. (2020) em três subregiões da cidade, onde também se avaliou a desigualdade social do território. No entanto, não se observou o emprego de análises espaciais bivariadas, integrando questões relativas ao acesso às áreas verdes e variáveis socioeconômicas, simultaneamente, para os limites das áreas urbanizadas como um todo, como pesquisado em Barcelona (IRAEGUI et al., 2020) e Shanghai (XIAO et al., 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Parte dos procedimentos metodológicos envolvidos nas respostas buscadas neste estudo se basearam naqueles aplicados por Iraegui et al. (2020) e Xial et al. (2017). Inicialmente, houve uma fase de preparação das variáveis socioeconômicas (IBGE, 2010), incluindo a avaliação da correção de instabilidade de taxas pelo método Bayes Empírico (MARSHALL, 1991). Já a acessibilidade às áreas verdes observada em cada setor censitário foi medida envolvendo técnicas de análise de rede, adaptando método proposto em outros estudos afins (COMBER et al., 2008; IRAEGUI et al. 2020).

Com as variáveis socioeconômicas e de acessibilidade alocadas nas unidades de análise, utilizou-se o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) bivariado para entender como elas se associam no espaço, podendo sugerir regiões com alta demanda de área verde para cada um dos diferentes grupos de interesse. A inequidade na acessibilidade pelos diferentes grupos foi avaliada utilizando o teste de hipótese não-paramétrico de Mann-Whitney U que, similarmente ao teste t, permite inferir a diferença significativa da distribuição de um tipo de variável aleatória oriunda de dois grupos independentes. No caso, comparou-se se a proporção de um dado grupo populacional em setores censitários de alta acessibilidade às áreas verdes se difere significativamente daquela observada em setores de baixa acessibilidade.

As etapas da análise estão apresentadas em um fluxograma na Figura 3.1 e detalhadas nos próximos tópicos.

3.1 Coleta de dados

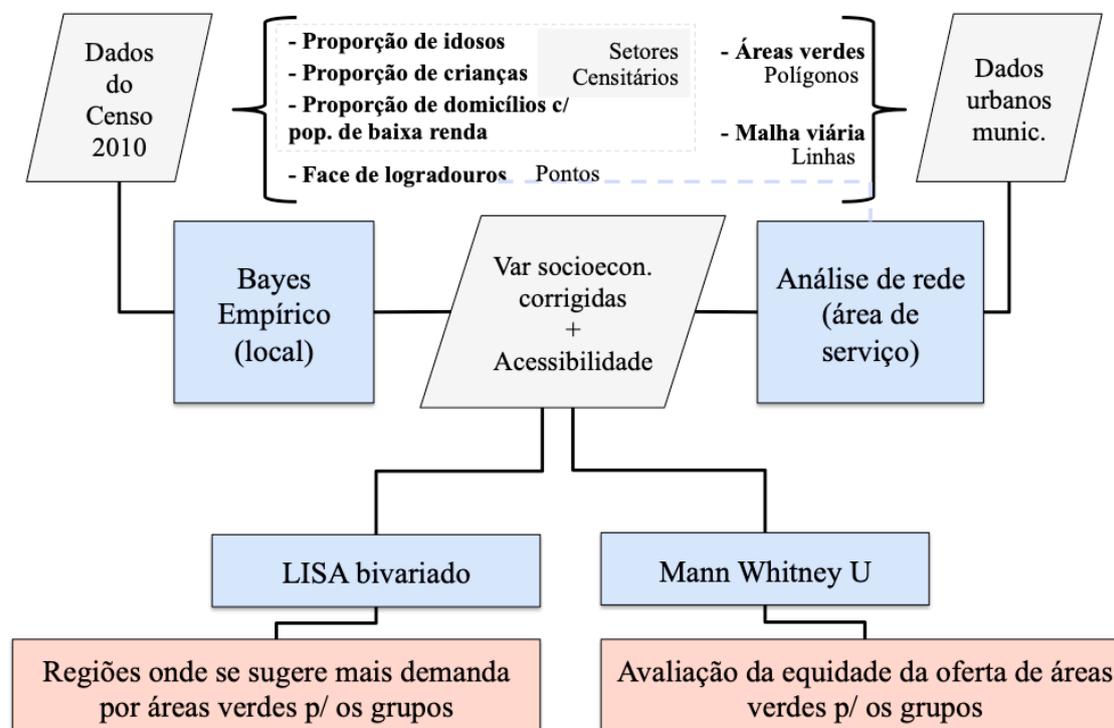
A Tabela 3.1 apresenta a descrição e a fonte das variáveis socioeconômicas e das relacionadas ao acesso de áreas verdes consideradas neste estudo.

3.1.1 Variáveis socioeconômicas

O critério de seleção das variáveis foi similar ao pensado por Iraegui et al. (2020), a população idosa, de crianças e de baixa renda são grupos populacionais aos quais se atribui maior dificuldade de locomoção independente a grandes distâncias na cidade, justificando-se a necessidade de terem áreas verdes próximas às suas residências. Além deste motivo, idosos e crianças fazem parte do grupo prioritário pelo indicador 11.7.1

dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no que diz respeito ao acesso universal a áreas verdes públicas (UN-HABITAT, 2018).

Figura 3.1 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados neste estudo.



Infelizmente, não foram localizados dados levantados para o município de Goiânia por alguma agência municipal ou estadual. Por isso, os dados mais confiáveis para este estudo foram o do último censo realizado no Brasil no ano de 2010 pelo IBGE, cujos dados utilizados referem-se a todo universo amostral, isto é, da metodologia considera-se levantamento de informação em todos os domicílios. Por isso, neste estudo optou-se pela busca de dados com relação a distribuição das áreas verdes mais próximos ao ano do censo, como será detalhado a seguir.

3.1.2 Acessibilidade às áreas verdes

As áreas verdes consideradas nesta análise foram parte dos Parques, Bosques Reservas Naturais e as praças da cidade de Goiânia, demarcadas para efeitos de planejamento urbano (GOIÂNIA, 2007) e disponibilizadas no Mapa Urbano Básico Digital (MUBDG, v. 25) (COMDATA, 2016) em formato *shapefile*. Foi realizada uma investigação utilizando imagens fotográficas e de satélite de alta resolução

disponibilizadas pelos aplicativos *Google Street Maps* e *Google Earth* com data próxima a 2010 das áreas verdes que tivessem ao menos um tipo de infraestrutura para oferecer lazer e interação social à população. As infraestruturas consideradas para qualificar os dados foram: pista de caminhada externa ou interna, área de ginástica, quadra esportiva, pista de ciclismo, pista de skate, parque infantil e bancos para descanso. Um documento de apoio disponibilizado pela Agência Municipal do Meio Ambiente, referente às infraestruturas dos parques urbanos no mesmo período também foi utilizado nessa seleção. Essa pré-análise também permitiu selecionar simultaneamente apenas as áreas públicas, ou seja, externa a condomínios particulares, portanto, de livre acesso a qualquer residente da cidade.

Tabela 3.1. Descrição das variáveis socioeconômicas e de acessibilidade às áreas verdes utilizadas neste estudo.

Variável	Definição	Fonte dos dados
Socioeconômica		
Proporção de idosos (%)	Fração da população do setor censitário, com idade superior ou igual 60 anos ¹	
Proporção de crianças (%)	Fração da população do setor censitário, com idade inferior a 12 anos ²	IBGE (2010)
Proporção de população baixa renda (%)	Fração do número de domicílios do setor censitário, com renda familiar per capita inferior a ½ salário mínimo ³	
Acessibilidade às áreas verdes		
Proporção de domicílios com acessibilidade às áreas verdes (%)	Fração do número de domicílios do setor censitário, inserida na área de serviço das áreas verdes ⁴	IBGE (2010) COMDATA (2016)

¹ Idade para idosos definida pela Lei nº 10.741, DE 1º de outubro de 2003. Corresponde ao somatório das variáveis V094 a V134 dos dados censitários (Planilha Pessoa13_GO.xls)

² Idade considerada para crianças definida Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990. Corresponde ao somatório das variáveis V023 a V045 dos dados censitários (Planilha Pessoa13_GO.xls)

³ Definição de baixa renda vista no Decreto nº 6.135, de 26 de junho de 2007. Corresponde ao somatório das variáveis V005, V006 e V007 dos dados censitários (Planilha DomicilioRenda_GO.xls)

⁴ Índice estabelecido pelo autor. Número de domicílios com acessibilidade definido a partir dos dados de face de logradouros (IBGE, 2010).

Outros dados fundamentais para medir acessibilidade às áreas verdes foram a malha viária da cidade, também do MUBDG, e pontos de acesso inseridos na intersecção entre o perímetro do parque com a projeção da malha viária. Essa medida, a exemplo de outros trabalhos (COMBER et al. 2008; IRAEGUI et al., 2020) visa aferir mais precisão ao cálculo de distâncias ao invés de utilizar os centroides das áreas verdes, como será detalhado posteriormente. Por último, foi considerada os centroides do arquivo vetorial “face de logradouros” (IBGE, 2010) com somatório das unidades domiciliares e comerciais distribuídos nos setores censitários, uma vez que há um interesse em estimar o acessibilidade às áreas verdes tendo os endereços de residência como referência.

3.2 Pré-processamento

3.2.1 Bayes empírico local

Quando se lida com análise espacial de variáveis representadas por áreas, como setores censitários ou regiões político administrativos, que resultam da razão entre contagem do número de eventos e população observada em cada espaço é bem comum existirem flutuações nas proporções que descaracterizem o observado no contexto local. Por exemplo, a proporção de idosos em um setor censitário pode ser muito superior a dos setores vizinhos, mais porque neste setor o total de população é muito menor, o que não reflete o fato da região ser caracterizada por uma grande proporção de idosos de fato.

Para isso, como há um interesse em um fenômeno ao qual se assume dependência espacial, como é comum com dados socioeconômicos, o método bayesiano empírico (MARSHALL, 1991) foi aplicado para corrigir as razões consideradas mais instáveis, ou menos confiáveis, da área de estudo, aproximando-as da média global ou local. A Equação 1 descreve a formulação do método:

$$\hat{\theta}_i = w_i t_i + (1 - w_i) \mu_i \quad (1)$$

em que $\hat{\theta}_i$ é a nova taxa calculada para a área i , t_i é a taxa observada na área i , w_i um fator com valor entre 0 e 1 dado pela Equação 2:

$$w_i = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2 + \frac{\mu_i}{n_i}} \quad (2)$$

em que μ_i e σ^2_i é a média e variância da taxa para a região de interesse, e $n_i > 0$, a população em estudo.

O método recebe o nome empírico por ter sua média e variância calculada a partir dos dados de entrada de toda área de estudo (global) ou para a vizinhança de cada unidade de análise (local). Em ambas situações a taxa corrigida, sofre maior influência da média ($\hat{\theta}_i \sim \mu_i$) quanto mais $n_i \rightarrow 0$, e por conseguinte $w_i \rightarrow 0$. Do contrário, $\hat{\theta}_i$ apresenta um valor próximo a sua taxa observada (t_i), ou seja, quando $n_i \rightarrow +\infty$, $w_i \rightarrow 1$.

A matriz de vizinhança supracitada pode ser estabelecida a partir das áreas imediatamente contíguas (*queen*), ou considerando uma maior abrangência dada por uma distância euclidiana entre os centroides das áreas menor que uma definida pelo analista, quando se tem alguma evidência que justifique um efeito de dependência espacial dos dados naquele limiar. Outras análises a partir de correlogramas ou semivariogramas podem ser realizadas para delimitar esse limiar (BJORNSTAD; FALCK, 2001).

Como neste estudo foram avaliadas três variáveis socioeconômicas associadas a variáveis de acessibilidade às áreas verdes pelo indicador de Moran local, optou-se pelo método Bayes Empírico local a partir da matriz de vizinhança do tipo *queen*. Assumiu-se assim, de forma consistente para as diferentes análises, a possibilidade de dependência espacial entre os setores censitários vizinhos.

3.2.2 Cálculo da acessibilidade às áreas verdes

Os meios para medir a acessibilidade de residentes em uma cidade às áreas verdes normalmente baseiam-se no uso de ferramentas de operação e relação espacial inseridas em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Estudos têm argumentado que, em uma cidade, métodos mais precisos de se obter essa medida relaciona-se a delimitação da sua área de serviço, obtida a partir das possíveis rotas traçadas entre os pontos de acesso da infraestrutura até uma distância estipulada pelo analista (COMBER et al. 2008).

A delimitação de distâncias de acesso a infraestruturas de serviço urbano varia de cidade para cidade, normalmente definidas nos planos diretores, e no caso das áreas verdes pode variar em função da sua área. Para Goiânia, são definidas apenas duas categorias de áreas verdes: com tamanho mínimo de 6000m² (0,6 ha) para servir um

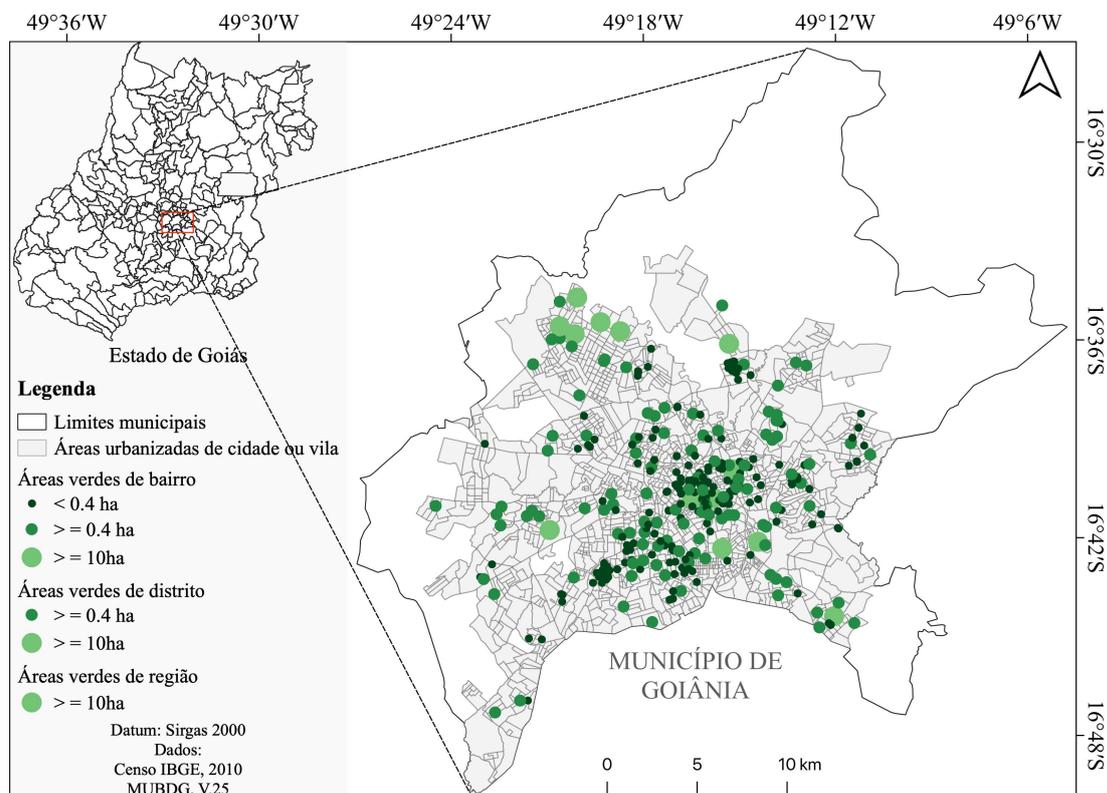
raio de influência de até 600m; e com pelo menos 20.000m² (2 ha) para um raio de 2400m. Comparando com outros estudos, como de Iraegui et al. (2020) ou de outras pesquisas internacionais anteriores (UN-HABITAT, 2018), percebe-se que normalmente definem-se mais categorias de áreas verdes, sendo aquelas destinadas a atender uma população a mais de 800m quando maiores que 10ha. Neste sentido, adotaram-se três categorias de áreas verdes com base no planejamento sugerido tanto por proposições internacionais (UN-HABITAT, 2018) quanto pelo plano diretor de Goiânia, conforme apresentado na Tabela 3.2. A distribuição áreas verdes na área de estudo com base nas categorias pode ser vista na Figura 3.2.

Tabela 3.2. Categorias atribuídas às áreas verdes analisadas de acordo com área mínima e distância máxima das residências com acessibilidade.

Categoria	Área mínima (ha)	Distância máxima das residências (m)
Área verde de bairro ¹	< 0,4	400
Área verde de distrito ¹	0,4	800
Área verde regional ²	10	2400

¹ Categoria baseada em UN-Habitat (2018); ² Categoria definida com base em UN-Habitat (2018) e no plano diretor da cidade (GOIÂNIA, 2007).

Figura 3.2 - Distribuição dos centroides das áreas verdes na área de estudo.



O algoritmo *Service Area from Layers* implementado no *QuantumGis* (v 3.10) foi utilizado para delimitação de todas possíveis rotas partindo de pontos de acesso inseridos no perímetro das áreas verdes, em pontos de interseção com a projeção da malha viária. Em seguida, o algoritmo *Convex hull* foi empregado para delimitação de polígonos de áreas de serviço no entorno das rotas contínuas para cada categoria de área verde. A partir desta fase, os dados de face de logradouros (IBGE, 2010) serviram de base para a estimativa de acessibilidade de cada setor censitário a cada categoria de área verde.

Diferente do observado em outros métodos que consideraram a medida de acessibilidade como a proporção do setor censitário sobreposta pela área de serviço (IRAEGUI et al. 2020) ou ainda o somatório de áreas verdes contida em um buffer delimitado a partir do centroide dos setores censitários (NESBITT et al., 2019), utilizar os dados de face de logradouros permitiu maior aproximação da quantidade de residências que de fato se localizam dentro de uma dada distância às áreas verdes. Isto deve-se ao fato desses dados serem representações da face de cada quadra reconhecida no cadastramento urbano, com informações da quantidade de residências existentes ali. Dessa forma, foi possível mensurar a proporção de domicílios de cada setor censitário com acessibilidade às áreas verdes, a partir da relação espacial dos centroides de cada face de logradouro contidos nas áreas de serviço.

3.3 Processamento dos dados

3.3.1 Indicador de Associação Espacial Local

Neste estudo, determinou-se o Indicador Local de Associação Espacial (LISA) para duas finalidades. A primeira consistiu em definir regimes espaciais univariados de setores censitários com acessibilidade alta e baixa para áreas verdes com intuito de avaliar posteriormente, com teste de Mann Whitney U, a equidade na acessibilidade às áreas verdes por idosos, crianças e população de baixa renda. Já a segunda, partindo de uma abordagem bivariada, visou realçar setores censitários com baixa acessibilidade às áreas verdes em uma região com altas proporções das variáveis socioeconômicas em questão.

A escolha do LISA para esses procedimentos deve-se à sua capacidade de evidenciar associações positivas e negativas para uma ou mais variáveis, entre uma dada unidade de análise e sua vizinhança. Essas análises foram realizadas no GeoDa (1.16.0.8.7), cujos algoritmos operam segundo as formulações propostas por Anselin (1995) para o método univariado e Anselin et al. (2002) para o bivariado, apresentadas nas Equação 3 e Equação 4.

$$I_i = z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j \quad (3)$$

em que z_i representa o valor padronizado da variável na unidade de área em análise i ; w_{ij} , os pesos de cada vizinho segundo uma matriz de vizinhança; z_j o valor padronizado da mesma variável em cada j -ésimo vizinho.

$$I_{kl}^i = z_k^i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_l^j \quad (4)$$

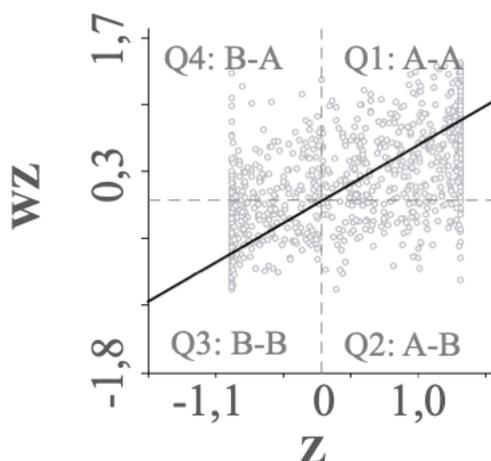
em que z_k^i representa o valor padronizado da variável k na unidade de área em análise i ; w_{ij} , os pesos de cada vizinho segundo uma matriz de vizinhança; z_l^j o valor padronizado da variável l em cada j -ésimo vizinho.

Em síntese, ambos indicadores univariado e bivariado, buscam apresentar como os desvios padronizados de uma unidade de análise se relaciona à média ponderada dos seus vizinhos. A matriz de vizinhança para essa análise também foi do tipo *queen* (i.e todos vizinhos que tocam cada unidade de análise possuem pesos iguais). Portanto, se ambos desvios são positivos ou negativos em relação à média observada para a variável, indica-se uma associação positiva de valores altos ou baixos, respectivamente. Do contrário, indica-se uma associação negativa de valores baixos para unidade de análise e alto para a vizinhança e vice-versa. Essa associação pode ser expressa por meio de um diagrama de dispersão e um indicador global de Moran que sugere maior concentração de grupos de setores associados positivamente (alto-alto, baixo-baixo) quando positivo, ou associados negativamente (baixo-alto, alto-baixo) quando negativo, como apresentado na Figura 3.3, cujo Indicador de Moran global equivale a 0,58.

O resultado do LISA não somente apresenta as associações expressas pelos desvios padrões locais e da vizinhança, como também define um valor de probabilidade destas terem acontecido ao acaso. Para isso, um teste de pseudo-significância é realizado para

cada associação local com sua vizinhança. Optou-se por 999 permutações aleatórias, gerando uma distribuição de probabilidade de 999 possíveis indicadores locais. Da distribuição, portanto, obtém-se a probabilidade do indicador local observado apresentar aquele valor aleatoriamente (valor-p). Essa informação auxiliar é fundamental para diferenciar os setores que não apresentam uma associação com seus vizinhos de forma significativa, quando apresentam valor-p normalmente superior a 5%, ou significativo a 95%, 99% ou 99,9% de confiança para valor-p $\leq 5\%$, valor-p $\leq 1\%$ ou valor-p $\leq 0,1\%$, respectivamente.

Figura 3.3 – Gráfico de dispersão de Moran identificando os quatro quadrantes de associação entre uma dada área e sua vizinhança.



Q1: A-A = associação Alta-Alta; Q2: A-B = Alta-Baixa; Q3: B-B = Baixa-Baixa; Q4: B-A = Baixa-Alta

3.4 Teste de Mann Whitney U

Para inferir a equidade na acessibilidade às áreas verdes pelos diferentes grupos populacionais em questão, adotou-se o teste Mann-Whitney U, já empregado em estudos afins (TALEN; ANSELIN, 1998; XIAO ET AL. 2017, IRAEGUI et al. 2020). O teste assemelha-se ao teste t, que objetiva testar a hipótese se amostras independentes entre dois grupos se diferem, com a diferença de que o Mann-Whitney U é não-paramétrico, portanto admite a análise entre distribuições de probabilidade diferentes da gaussiana, características das variáveis populacionais neste estudo. Ainda assim, é importante que as variáveis, quantitativas ou não, sejam ordenáveis, pois uma

componente principal da estatística é o valor do ranque de cada grupo, conforme notado na Equação 5 e Equação 6.

$$U_a = n_a n_b + \frac{n_a(n_a+1)}{2} - \sum R_a \quad (5)$$

$$U_b = n_a n_b + \frac{n_b(n_b+1)}{2} - \sum R_b \quad (6)$$

em que U_a e U_b , representam as estatísticas para cada grupo; n_a e n_b o número de observações de cada grupo; e R_a e R_b o ranque de cada grupo. Com base nos valores das estatísticas, tomando mais de 20 amostras para cada grupo, pode-se calcular um valor de z-score, então associado a um valor-p, indicando a diferença significativa ou não entre as variáveis observadas. Mais detalhes sobre o teste podem ser vistos em Nachar (2008).

Sabe-se que é comum a dependência espacial entre fenômenos ligados espacialmente, sendo necessário considerar essa possibilidade nas análises (BAILEY; GATRELL, 1995). Portanto, buscando diminuir o efeito de dependência entre as observações dos grupos de alta e baixa acessibilidade às áreas verdes, identificados pelo LISA univariado, optou-se por realizar o teste sobre 25 unidades amostrais de cada grupo e repetir esse procedimento 1000 vezes, evitando que o resultado do teste fosse tendencioso a uma realização da amostragem. Para tanto o *software R* (v. 1.3.1056) foi empregado nessa etapa, em que se escreveu um *script* para gerar e guardar os resultados de cada teste: mediana de cada grupo, estatística U, valor-p.

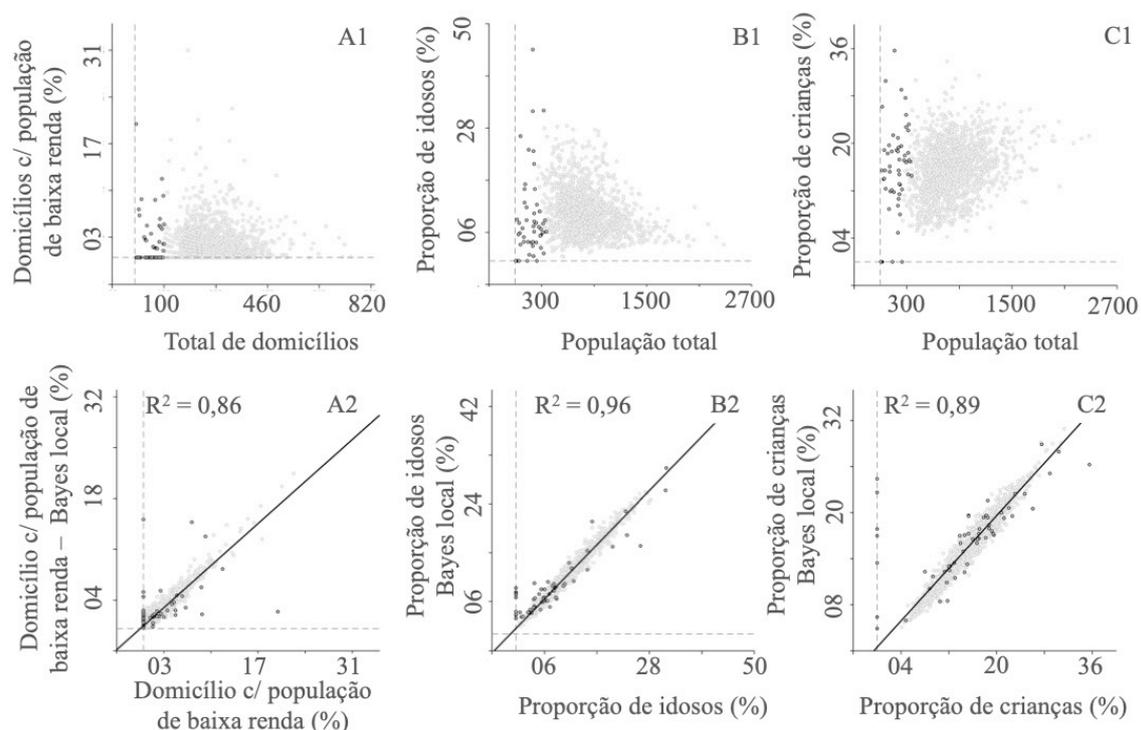
Como resultado final, estimou-se a média das medianas, de U, e avaliou-se a probabilidade do valor-p ser inferior aos níveis de significância de 0,1%, 1% e 5%. Para os casos, em que a probabilidade fosse superior a 50%, ou seja a maioria das repetições apresenta-se valor-p menor ao nível de significância, considerou-se a diferença significativa entre os grupos. Deste modo, a acessibilidade às áreas verdes de cada categoria não foi considerada equitativa para cada grupo populacional se fosse observada diferença significativa entre as suas proporções (e.g. setores com baixa acessibilidade às áreas verdes fossem habitados por uma maior proporção de crianças).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Bayes empírico local

Os setores censitários com menores valores de domicílios ou população observada sofreram maior influência do processo de correção pelo Bayes empírico local, como pode ser observado na Figura 4.1. Nos gráficos de dispersão A1, B1 e C1 foi apresentada a distribuição bidimensional entre os denominadores da proporção observada em cada setor censitário (eixo X) e seu respectivo valor dado em porcentagem (eixo Y). Em A2, B2 e C2, as proporções reais estão no eixo X, enquanto a calculada pelo Bayes empírico local no eixo Y. Os pontos em destaque nos gráficos representam os mesmos setores censitários e enfatizam que as principais diferenças entre a proporção observada e calculada (que mais se distanciam da média, ou linha de tendência) são dos setores com menores observações de domicílio ou população.

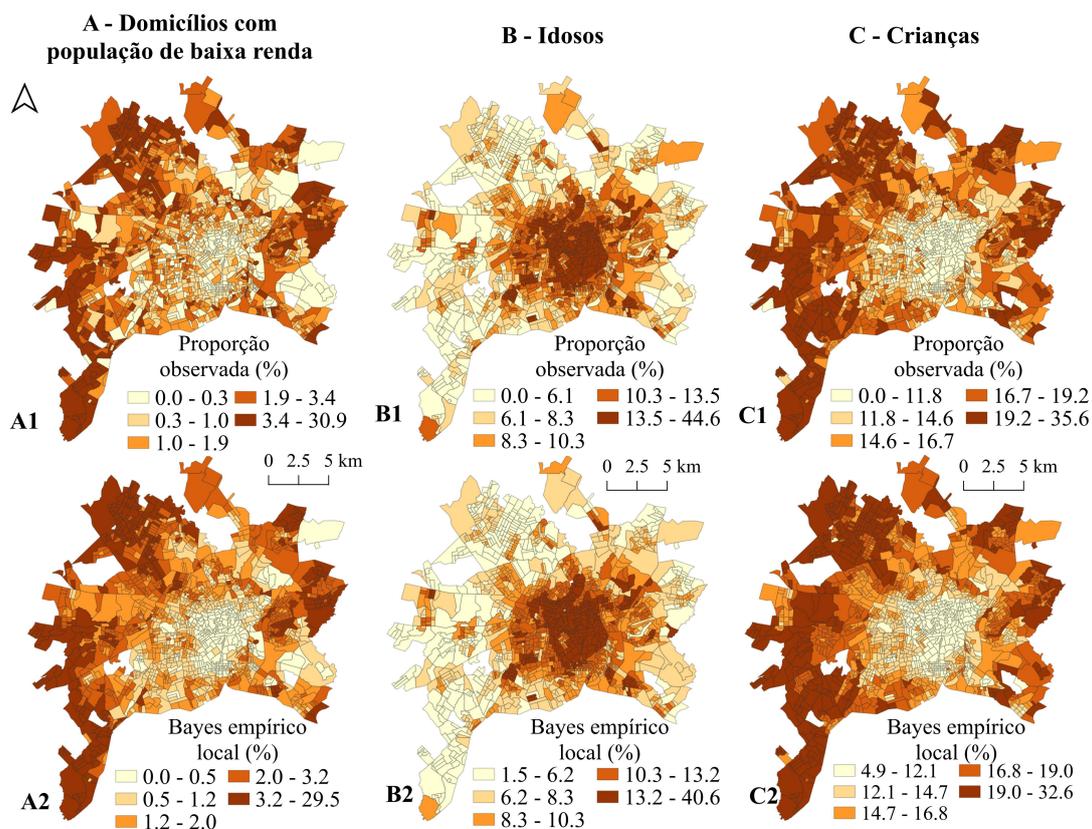
Figura 4.1 – Gráficos de dispersão da proporção observada e seus respectivos denominadores (A1, B1, C1) e das proporções calculadas pelo Bayes empírico local e as proporções observadas (A2, B2, C2).



Na Figura 4.2, estão representados os mapas de distribuição dos dados, classificados em quintis, antes (A1, B1 e C1) e depois (A2, B2, e C2) da aplicação do Bayes empírico. Notou-se especialmente para os domicílios com população de baixa renda e crianças,

um maior efeito de suavização, dada uma maior quantidade de setores censitários que tiveram proporções calculadas mais diferentes daquela observada (também visto na Figura 4.1 (gráficos A2, B2 e C2), cujos coeficientes de determinação (R^2) acusam menor ajuste entre as proporções dessas variáveis. Com os resultados obtidos, foi possível realçar o padrão bem característico da proporção de crianças e de domicílios com pessoas de baixa renda, com maiores valores em setores mais periféricos.

Figura 4.2 – Mapas da distribuição das proporções observadas (A1, B1, C1) das variáveis socioeconômicas e das proporções calculadas pelo Bayes empírico local (A2, B2, C2).



Mesmo que o Bayes empírico tenha alterado informações de um dado provindo do censo, dada a finalidade de buscar características locais e por assumir uma dependência espacial entre vizinhos, considerou-se o método adequado para realçar as características pretendidas a serem analisadas localmente em etapa posterior. Importante lembrar que as proporções com valores muito dissimilares do observado em sua vizinhança, quando a quantidade de domicílio e de população fosse alta, ou bem representativa, não sofreu muita alteração pela aplicação do Bayes empírico, uma vez que nesses casos a proporção calculada é pouco influenciada pela média local.

4.2 Indicador de Associação Espacial Local

Dos mapas LISA univariados para acessibilidade às diferentes categorias de áreas verdes (Figura 4.3) e dos respectivos gráficos de dispersão e indicadores globais de Moran (Figura 4.4), é possível perceber como a tendência a agrupamento se diferencia também em cada uma delas. Para áreas verdes de bairro e distrito, nota-se claramente a formação de maior número de grupos de alta acessibilidade menores e mais dispersos em áreas mais periféricas e alguns grupos maiores mais centralizados. Isso é expresso também pelos indicadores de Moran positivos (0,58 e 0,71, respectivamente). Já áreas verdes de região, com áreas de serviço consideravelmente maiores, acabaram favorecendo maiores grupos de setores alta acessibilidade, especialmente na região central. Essa característica de maior agrupamento é reforçada pelo indicador de Moran de 0,92.

Figura 4.3 – Mapas de *clusters* do Indicador de Associação Espacial Local univariado e de significância para acessibilidade a áreas verdes de bairro (A1, A2), distrito (B1, B2) e Região (C1, C2)

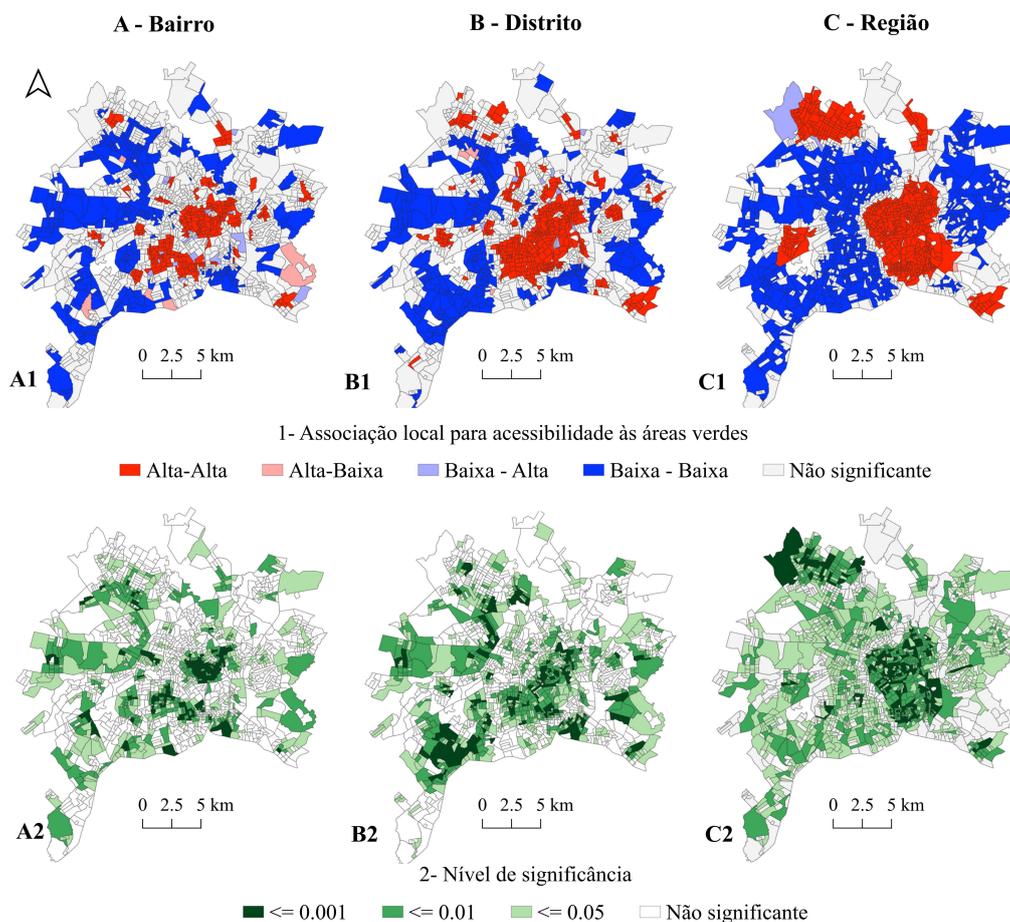
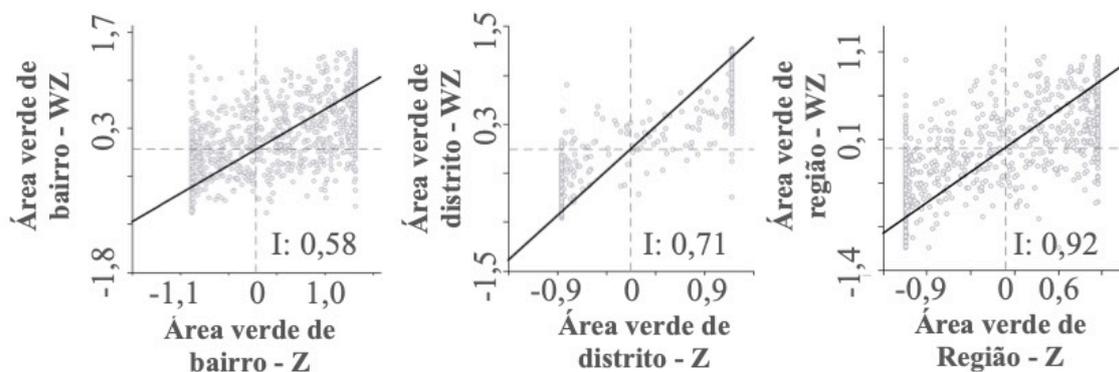


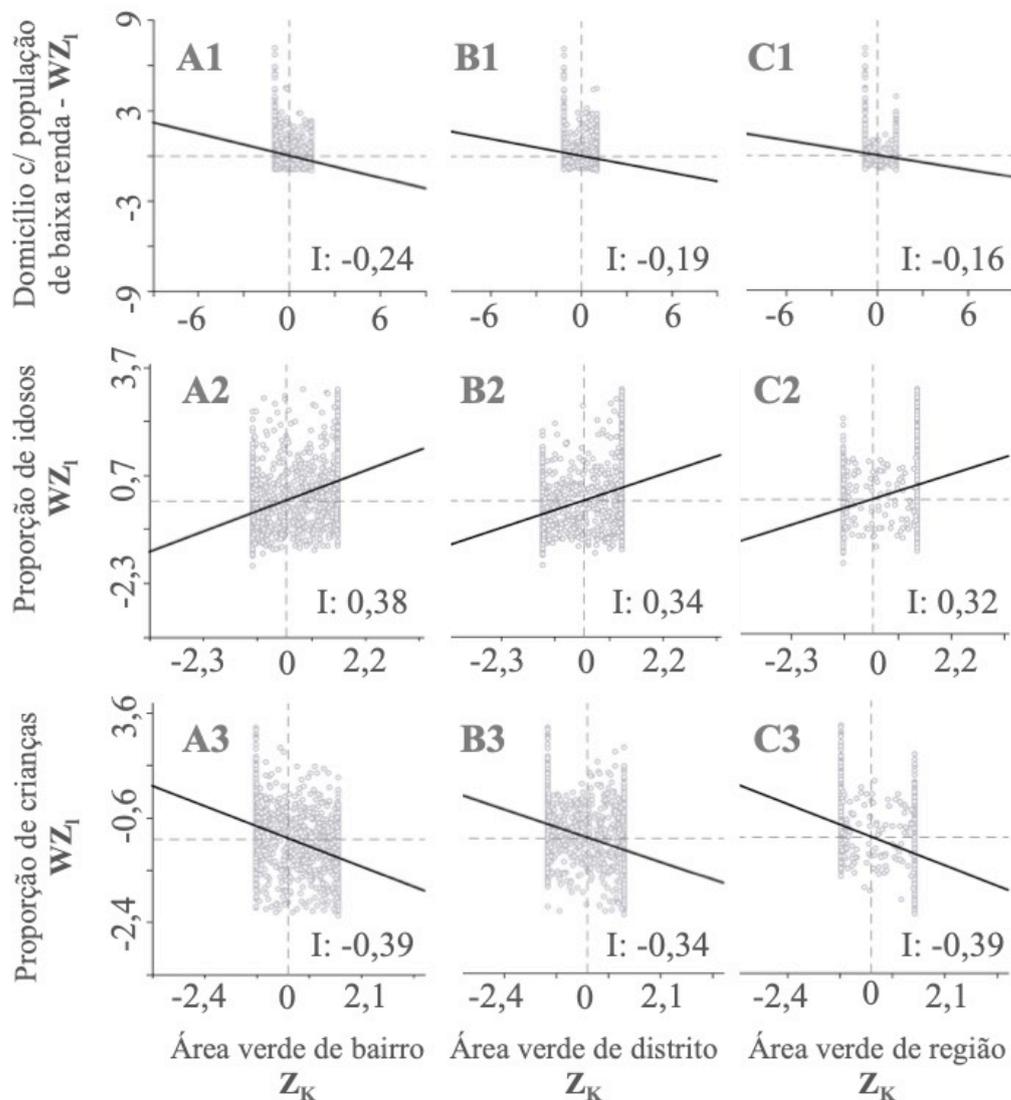
Figura 4.4 – Gráficos de dispersão de Moran univariado referente aos desvios padrões observados em cada setor censitário (Z) e sua vizinhança (WZ) para acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região.



De modo geral, a região centro-sul da cidade apresentou uma tendência a formar maiores grupos de alta acessibilidade para todas categorias de áreas verdes, enquanto as demais regiões apresentaram grupos menores e mais dispersos. Essa evidência em si é uma primeira sugestão de inequidade da acessibilidade às áreas verdes afetando especialmente crianças e população de baixa renda, porque justamente nesses setores mais centralizados, que se observa menores proporções desses grupos, diferente do que se observa com relação aos idosos. Nesse sentido, os mapas de significância A2, B2 e C2 da Figura 4.3 podem auxiliar futuros planejamentos para implantação de áreas verdes, sugerindo maior atenção aos setores censitários cuja relação de baixa acessibilidade com sua vizinhança foi mais significativa ($p \leq 0,001$).

Os indicadores de Moran (Figura 4.5) dos mapas LISA bivariado (Figura 4.6, Figura 4.7 e Figura 4.8), apresentam como a acessibilidades a áreas verde de bairro, distrito e região se associam às proporções de domicílio com população de baixa renda, de idosos e de crianças. Reforçando, a leitura dos mapas é feita da seguinte forma: um setor censitário apresenta acessibilidade alta ou baixa para uma dada categoria de área verde, sendo seus vizinhos com alta ou baixa proporção de uma variável socioeconômica. Nesse caso, para fins de realçar as áreas com maiores carências por acessibilidade aos grupos populacionais de interesse, a associação que se quer destacar é do tipo baixa-alta (i.e. setor com baixa acessibilidade para área verde, cujos vizinhos possuem alta proporção da variável socioeconômica).

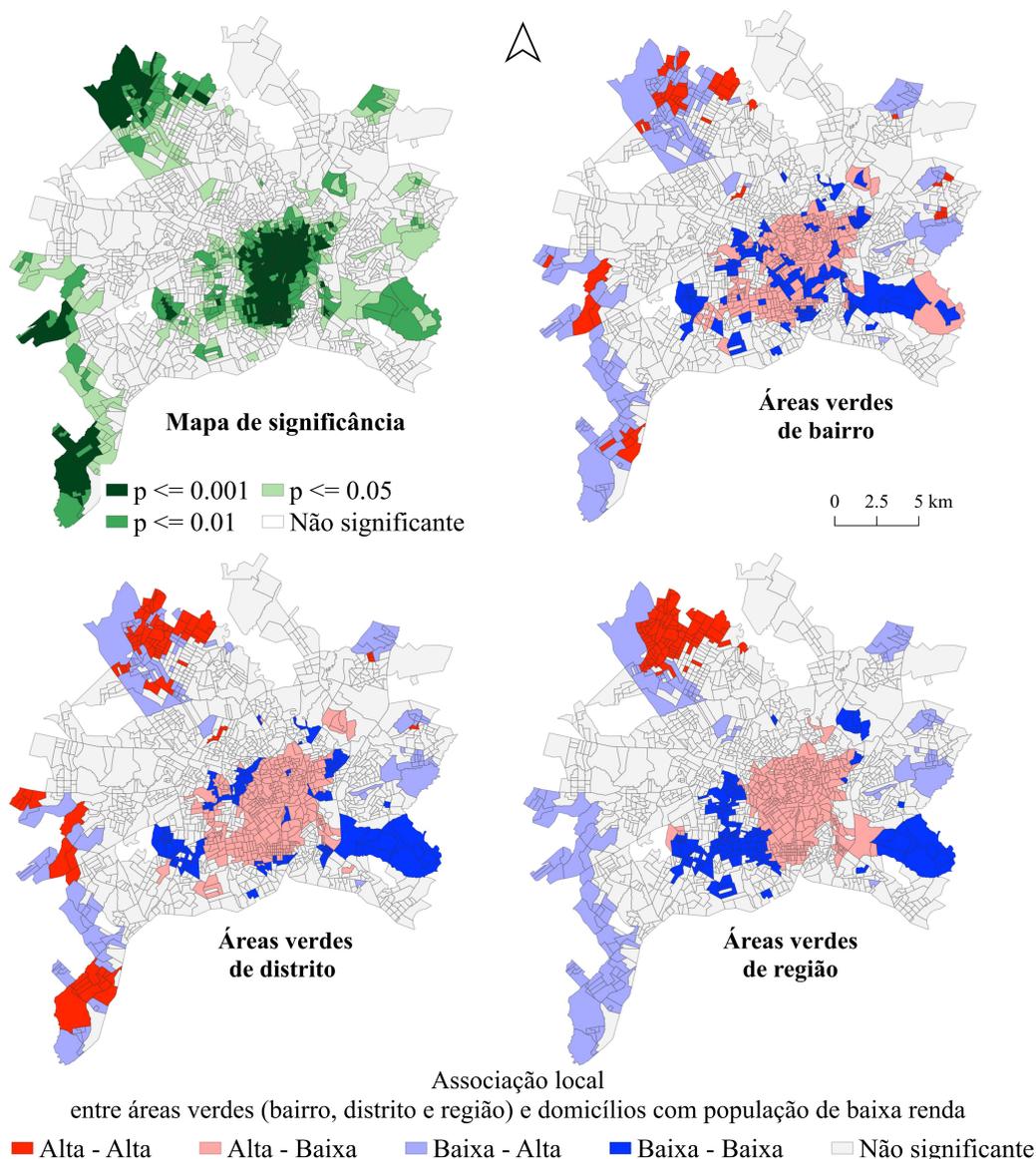
Figura 4.5 - Gráficos de dispersão de Moran bivariado referente aos desvios padrões observados da variável Z_k (acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região) em cada setor censitário e sua vizinhança com a variável Z_l (proporções de domicílio com população de baixa renda, de idosos e de crianças).



Desse modo, nota-se que os indicadores de Moran para população de baixa renda nos gráficos A1, B1 e C1, e da proporção de crianças nos gráficos A3, B3 e C3, sugerem um maior agrupamento de associações negativas dentro da área de estudo, enquanto para os idosos (gráficos A2, B2 e C2), sugerem o oposto. Os mapas ilustram esse resultado e revelam que os agrupamentos de interesse do tipo baixa-alta estão concentrados nos setores mais periféricos no caso das vizinhanças com domicílios com população de baixa renda (somam 151 setores para áreas verdes de bairro, 120 para distrito e 123 para região a 5% de significância; Figura 4.6) e crianças (somam 274 setores para áreas

verdes de bairro, 220 para distrito e 229 para região a 5% de significância; Figura 4.8). Com relação às vizinhanças com alta proporção de idosos, os setores de baixa acessibilidade, como esperado, estão em áreas pouco mais centrais e com menor quantidade que as outras duas variáveis (somam 83 para áreas verdes de bairro, 65 para distrito e 57 para região a 5% de significância; Figura 4.7).

Figura 4.6 – Mapas de significância e de *clusters* do indicador de associação local bivariado entre acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em relação a proporção de domicílios com baixa renda.



De forma análoga ao mapa de significância do LISA univariado, para o caso bivariado há um indicativo dos setores que podem merecer uma maior atenção onde se observa

maior significância das associações baixa-alta. Como o mapa de significância deriva de um processo de permutação aleatória dos vizinhos (ANSELIN et al., 2002), estes acabam tendo uma maior influência sobre os resultados, fato que justifica a apresentação de apenas um mapa para cada variável socioeconômica. Em outras palavras para esse caso estudado, os mapas de significância para diferentes categorias de áreas verdes para um mesmo tipo de variável socioeconômica foram iguais entre si.

Figura 4.7 – Mapas de significância e de *clusters* do indicador de associação local bivariado entre acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em relação a proporção de idosos.

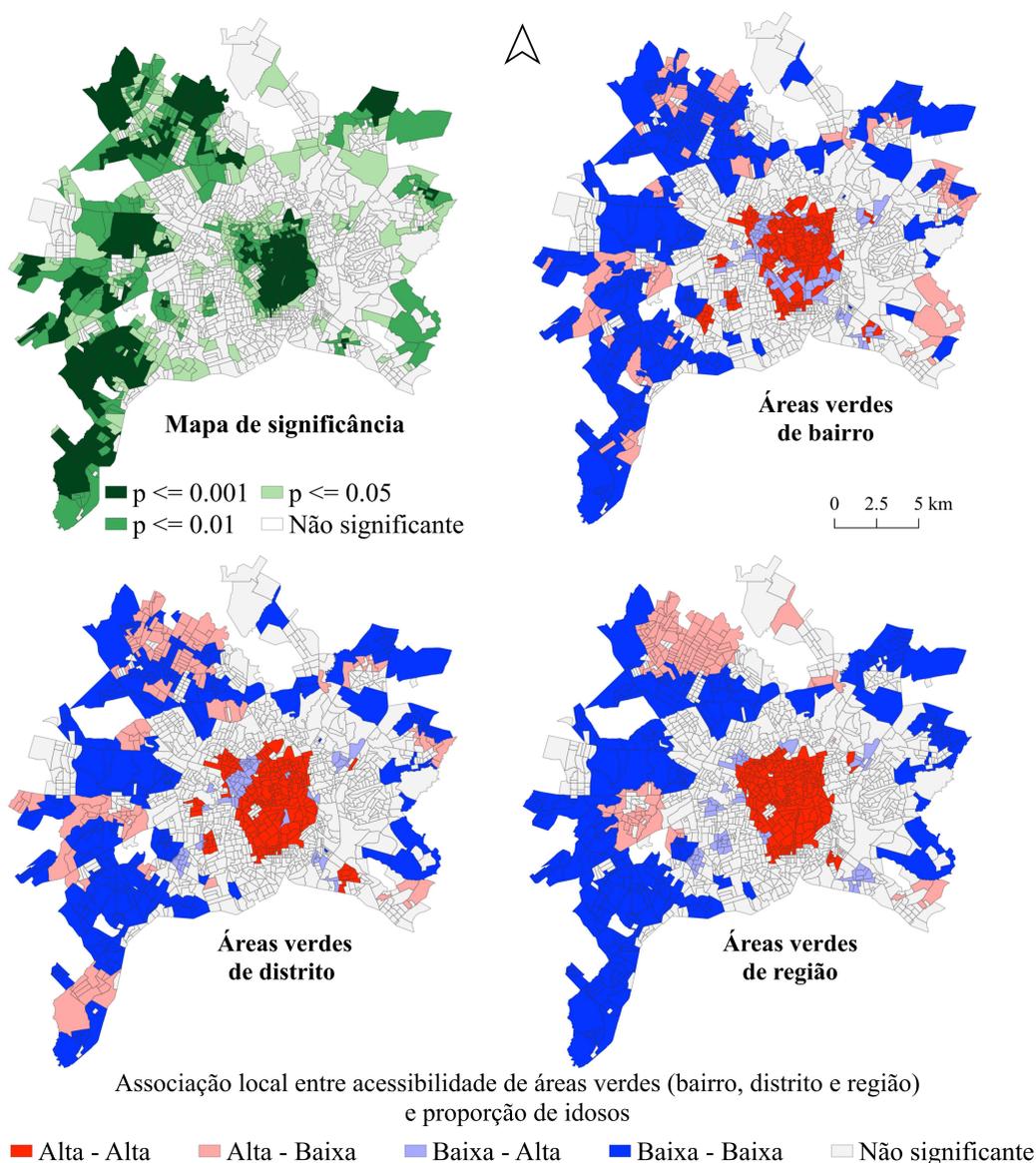
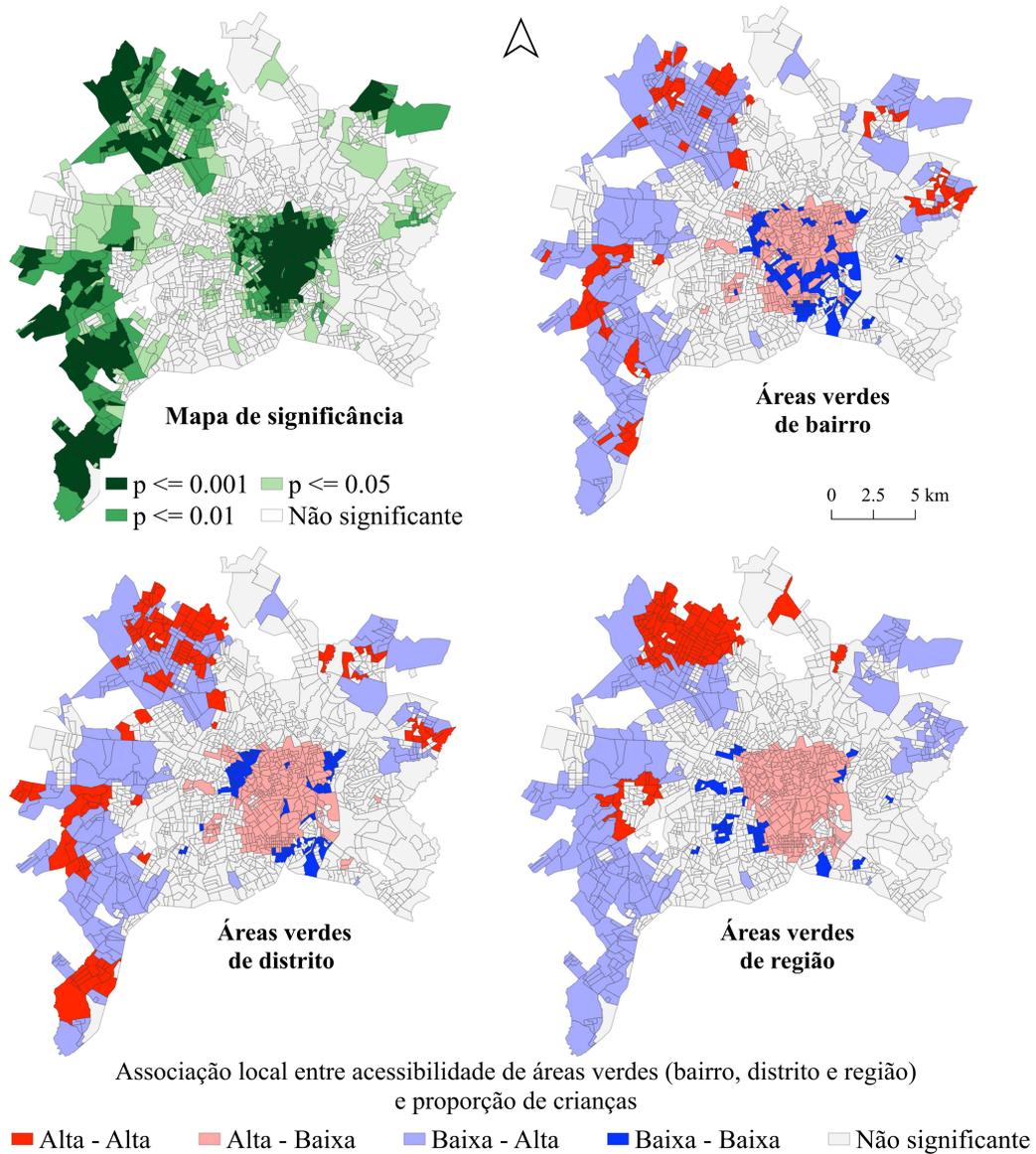


Figura 4.8 – Mapas de significância e de *clusters* do indicador de associação local bivariado entre acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em relação a proporção de crianças.

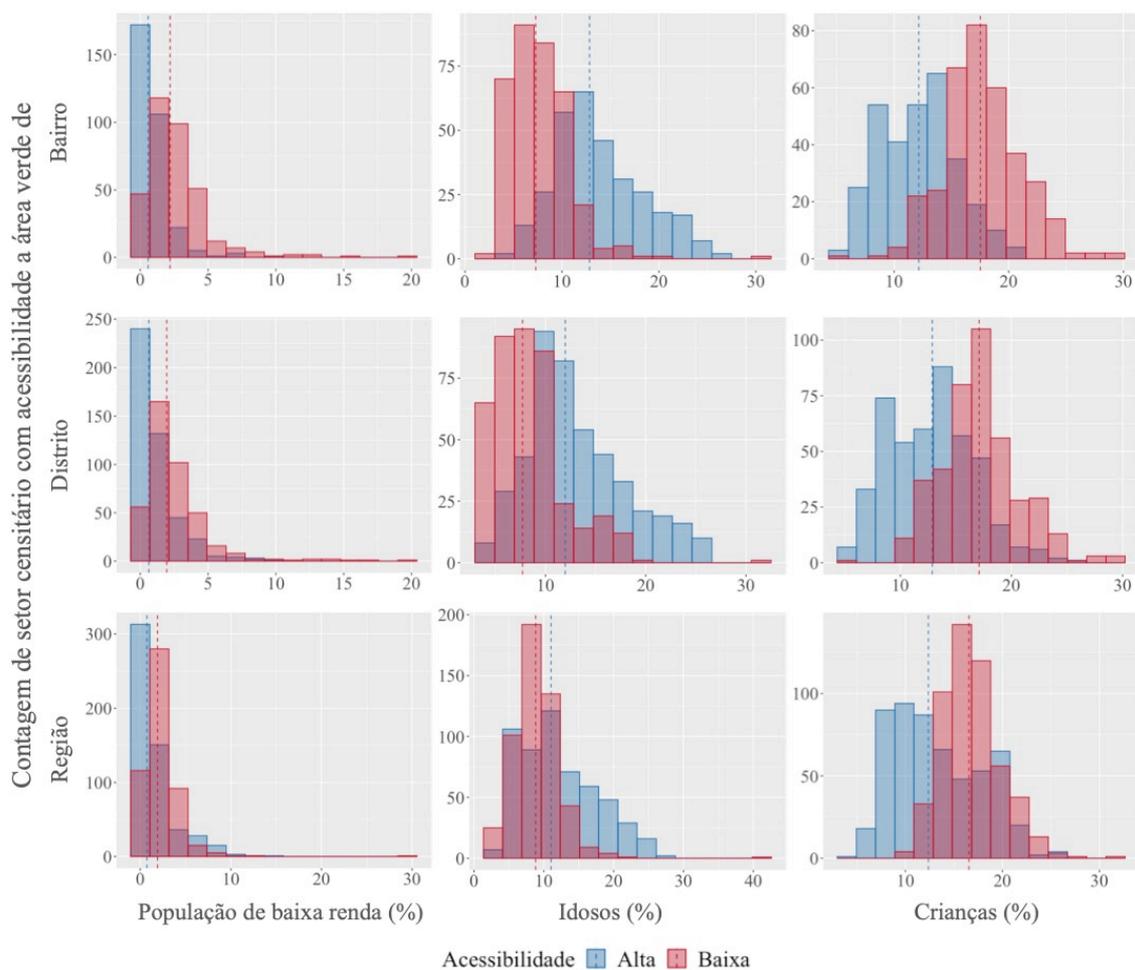


4.3 Teste de Mann Whitney U

Anterior à apresentação dos resultados do teste de Mann Whitney U, propriamente, pode-se observar o histograma de distribuição das variáveis socioeconômicas nos grupos de alta e baixa acessibilidade (Figura 4.9) definidos nos mapas LISA univariado apresentados anteriormente (Figura 4.3). Mais uma vez, há evidências de que nos setores com alta acessibilidade possuem uma tendência a ter maiores proporções de

idosos (gráficos B1, B2 e B3 da Figura 4.9) e menores de domicílio com população de baixa renda (gráficos A1, A2 e A3) e crianças (gráficos C1, C2 e C3).

Figura 4.9 – Histogramas das proporções de domicílios com população de baixa renda, de idosos e de crianças observadas em setores censitários com alta e baixa acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região.



Os resultados do teste estatístico estão na Tabela 3 e reforçam com 95% de confiança (valor-p $\leq 5\%$) que a distribuição de probabilidade das variáveis socioeconômicas entre os grupos de alta e baixa acessibilidade se diferem, sendo a mediana para proporção de crianças e domicílios com população de baixa renda maior nas regiões de baixa acessibilidade às áreas verdes para todas as categorias. Novamente, para os idosos observou-se o oposto. No entanto, chama atenção a acessibilidade às áreas verdes de região, pois para confiança mais próxima a 100% é sugerida equidade para todos os grupos.

Com atenção apenas para a áreas verdes de bairro em todos os níveis de confiança, é constatada inequidade. Especialmente para esses grupos avaliados, essa constatação reforça a necessidade de que seja pensada numa maior disponibilização de áreas verdes devidamente infraestruturadas mais próximas às suas residências, potencializando a oferta dos benefícios esperados pelo acesso a essas áreas.

Tabela 4.1. Teste de Mann Whitney U para avaliação de equidade na acessibilidade a áreas verdes pelos diferentes grupos populacionais

	Z-score*	Medianas		Equidade **		
		Alta acessibilidade	Baixa acessibilidade	Frequência p < 5%	Frequência p < 1%	Frequência p < 0,1%
Bairros						
Renda	-3.77	0,61	2,28	Não (98,7%)	Não (94,7%)	Não (77,2%)
Idosos	4.65	13,01	7,33	Não (99,9%)	Não (99,8%)	Não (98,7%)
Crianças	-4.68	12,05	17,54	Não (100%)	Não (99,7%)	Não (98,7%)
Distrito						
Renda	-3.09	0,67	2,00	Não (92,4%)	Não (74,8%)	Sim (43,7%)
Idosos	3.57	12,15	7,83	Não (98,3%)	Não (89,6%)	Não (69,1%)
Crianças	-3.73	12,65	17,01	Não (99,5%)	Não (95,5%)	Não (75,8%)
Região						
Renda	-2.37	0,81	1,90	Não (70,0%)	Sim (45,1%)	Sim (17,6%)
Idosos	1.98	11,23	8,81	Não (53,2%)	Sim (26,6%)	Sim (7,90%)
Crianças	-2.84	12,51	16,45	Não (85,3%)	Não (65,6%)	Sim (33,5%)

Renda: proporção de domicílios com população de baixa renda; Idosos: Proporção de idosos; Crianças: proporção de crianças.

* O valor de Z-Score foi calculado a partir das estatísticas U pela aproximação normal $Zscore = (U - \mu_U) / \sigma_U$. Mais detalhes podem ser consultados em Nachar (2008).

** Entre parênteses está o resultado da frequência com que um valor-p inferior ao respectivo nível de significância é observado. Se a frequência é inferior a 50%, considerou-se que não há diferença significativa entre os grupos (i.e há equidade) caso contrário foi considerada diferença significativa (i.e inequidade)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados de etapas exploratórias utilizando especialmente o Indicador de Associação Espacial Local, tanto univariado e bivariado, contribuíram com a criação de regimes espaciais ajudando a identificar grupos de setores censitários que oferecem menor acessibilidade a áreas verdes de bairro, distrito e região em Goiânia. Com a abordagem bivariada, foi possível endereçar regiões com altas proporções de idosos crianças e população de baixa renda em que se observa setores censitários com baixa acessibilidade às áreas verdes. Nesse sentido, nas periferias da cidade observou-se maiores números de setores de baixa acessibilidade para altas proporções de crianças e domicílios com população de baixa renda. Já em áreas mais centrais, foi notada menor quantidade de setores censitários com baixa acessibilidade para regiões habitadas por alta proporção de idosos.

Complementando a análise, com o teste de Mann-Whitney foi possível constatar a existência de inequidade na acessibilidade de áreas verdes pelos grupos populacionais a 95% de confiança. Este fato revela implicações principalmente para grupos de crianças e população de baixa renda, cujas medianas de suas proporções possuem valores significativamente maiores onde há baixa acessibilidade às áreas verdes.

Importante ressaltar que o presente estudo limitou-se a uma análise sobre tamanho das áreas verdes para inferir sobre possíveis áreas de serviço partindo do pressuposto que maiores áreas podem atrair pessoas de bairros mais distantes. No entanto, mais investigações são encorajadas, desde captar a percepção de usuários dessas áreas, quantificação e qualificação de atrativos ofertados nessas áreas para a população que usufrui dos mesmos (LOW, 2013; NESBITT et al. 2018). Por isso, futuros estudos nesse sentido são incentivados, de modo a buscar maior entendimento do conceito de equidade, o qual pode apresentar multidimensões (NESBITT et al. 2018).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCAMO, J. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. 2003.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.
- ANSELIN, L.; SYABRI, I.; SMIRNOV, O. Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked windows. **Urbana**, v. 51, p. 61801, 2002.
- BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. Spatial Data Analysis. *In* Bailey, T. C., & Gatrell, A. C. **Interactive spatial data analysis**. Harlow Essex, England: Longman Scientific & Technical. 1995.
- BARONA, C. O. et al. Trends in Urban Forestry Research in Latin America & The Caribbean: A Systematic Literature Review and Synthesis. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 47, n. May 2019, p. 126544, 2020.
- BJORNSTAD, O. N.; FALCK, W. Nonparametric spatial covariance functions: Estimation and testing. *Environmental and Ecological Statistics*, v. 8, n. 1, p. 53–70, 2001.
- CASTIGLIONI, A. H. Transição urbana e demográfica no Brasil: características, percursos e tendências. **Ateliê Geográfico**, v. 14, n. 1, p. 6–26, 2020.
- COMBER, A.; BRUNSDON, C.; GREEN, E. Using a GIS-based network analysis to determine urban greenspace accessibility for different ethnic and religious groups. **Landscape and Urban Planning**, v. 86, n. 1, p. 103–114, 2008.
- COMDATA – Companhia de Processamento de Dados da Prefeitura Municipal de Goiânia. Mapa Urbano Básico Digital de Goiânia - MUBDG. Versão 25. Arquivo digital. 2016.
- DEPIETRI, Y.; RENAUD, F. G.; KALLIS, G. Heat waves and floods in urban areas: A policy-oriented review of ecosystem services. **Sustainability Science**, v. 7, n. 1, p. 95–107, 2012.
- DERKZEN, M. L.; VAN TEEFFELLEN, A. J. A.; VERBURG, P. H. REVIEW: Quantifying urban ecosystem services based on high-resolution data of urban green space: An assessment for Rotterdam, the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 4, p. 1020–1032, 2015.
- ELMQVIST, T. et al. (editores) **Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: a Global Assessment**. Springer Science / Business Media, 2013

GOIÂNIA. Lei complementar nº 171, de 29 de maio de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor e o processo de planejamento urbano do Município de Goiânia e dá outras providências. **Diário Oficial** nº 4.147 de 26 de junho de 2007 – consolidado em junho de 2010.

HENRIQUE, W. Um bosque para chamar de meu. *In*: HENRIQUE, W. **O direito à natureza na cidade**. Salvador: EDUFBA, 2009. p. 139-164.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010.

IRAEGUI, E.; AUGUSTO, G.; CABRAL, P. Assessing equity in the accessibility to urban green spaces according to different functional levels. **ISPRS - International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 5, 2020.

KABISCH, N.; KORN, H.; STADLER, J.; BONN, A. (Eds.) Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: linkages between Science, Policy and Practice. **Springer Open**, pp. 111-121, 2017.

KONIJNENDIJK, C. C., ANNERSTEDT, M., NIELSEN, A. B.; MARUTHAVEERAN, S. Benefits of urban parks – A systematic review. Copenhagen and Alnarp: **International Federation of Parks and Recreation Administration**. Kweon. 2013

MARSHALL, R. J. Mapping Disease and Mortality Rates Using Empirical Bayes Estimators. **Applied Statistics**, v. 40, n. 2, p. 283–294, 1991.

MOURA, A. C. M.; FONSECA, B. M. ESDA (Exploratory spatial data analysis) of vegetation cover in urban areas-recognition of vulnerabilities for the management of resources in urban green infrastructure. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 5, p. 1–22, 2020.

NACHAR, N. The Mann-Whitney U: A Test for Assessing Whether Two Independent Samples Come from the Same Distribution. **Tutorials in Quantitative Methods for Psychology**, v. 4, n. 1, p. 13–20, 2008.

NESBITT, L. et al. The dimensions of urban green equity: A framework for analysis. **Urban Forestry and Urban Greening**, v. 34, n. July, p. 240–248, 2018.

NESBITT, L. et al. Who has access to urban vegetation? A spatial analysis of distributional green equity in 10 US cities. **Landscape and Urban Planning**, v. 181, n. June 2018, p. 51–79, 2019.

OLIVEIRA, H. A. DE et al. Goiânia-GO: Um Projeto de Cidade-Jardim que não Resistiu às Forças do Progresso. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 3, p. 356–378, 2019.

RAMOS, H. F. et al. The green area index as a sustainable urban development strategy

for the Northern, Northwestern, and Meia Ponte zones of Goiânia-go, Brazil.
Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia, v. 29, n. 1, p. 86–101,
2020

SAKATA, F. G., MEDEIROS, W.; GONÇALVES F. M. Gentrificação verde em
Goiânia: O papel dos parques brasileiros do século XXI nas transformações urbanas.
Sociabilidades Urbanas – **Revista de Antropologia e Sociologia**, v2, n6, p. 137-149,
novembro de 2018

TALEN, E.; ANSELIN, L. Assessing spatial equity: An evaluation of measures of
accessibility to public playgrounds. **Environment and Planning A**, v. 30, n. 4, p. 595–
613, 1998.

UN-HABITAT – United Nations Human Settlements Programme. **SDG Indicator
11.7.1 Training Module: Public Space**. United Nations Human Settlement Programme
(UN-Habitat), Nairobi. 2018.

UN-HABITAT – United Nations Human Settlements Programme. **World Cities
Report 2020**, Nairobi, 2020. 379 p.

XIAO, Y. et al. An assessment of urban park access in Shanghai – Implications for the
social equity in urban China. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 383–393,
2017.