



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MOISÉS GOMES DE HOLANDA CUNHA**

**CARACTERIZAÇÃO DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO E DOS IMPACTOS  
SOBRE A ACESSIBILIDADE AOS POSTOS DE TRABALHO EM FORTALEZA**

**FORTALEZA**

**2018**

MOISÉS GOMES DE HOLANDA CUNHA

CARACTERIZAÇÃO DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO E DOS IMPACTOS  
SOBRE A ACESSIBILIDADE AOS POSTOS DE TRABALHO EM FORTALEZA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil. Orientador: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, Ph.D.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C979c Cunha, Moisés Gomes de Holanda.  
Caracterização das mudanças no uso do solo e dos impactos sobre a acessibilidade aos postos de trabalho em Fortaleza / Moisés Gomes de Holanda Cunha. – 2018.  
77 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro.

1. Uso do Solo. 2. Transportes. 3. Acessibilidade. 4. Planejamento Integrado. I. Título.

CDD 620

---

MOISÉS GOMES DE HOLANDA CUNHA

CARACTERIZAÇÃO DAS MUDANÇAS NO USO DO SOLO E DOS IMPACTOS  
SOBRE A ACESSIBILIDADE AOS POSTOS DE TRABALHO EM FORTALEZA

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Civil da Universidade Federal  
do Ceará como requisito parcial à obtenção  
do título de Engenheiro Civil.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, Ph.D. (Orientador) Universidade Federal do Ceará  
(UFC)

---

Prof. Francisco Moraes de Oliveira Neto, Ph.D. (Examinador Interno) Universidade Federal  
do Ceará (UFC)

---

Camila Bandeira Cavalcante, MSc. (Examinador Externo) Unifor

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, eu gostaria de agradecer a Deus que me concedeu uma segunda chance de viver diante do trágico acidente de carro que foi fatal para a segunda pessoa dessa lista de agradecimentos, a minha mãe, Maria de Lourdes Gomes de Holanda, que mesmo nos momentos mais difíceis procurou priorizar a minha educação e a minha formação como ser humano e se hoje eu estou me formando é graças, principalmente, à ela também.

Em seguida, gostaria de agradecer ao meu orientador, o Prof. Dr. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro, que me fez despertar o interesse pelo planejamento de transportes, e que me ensinou que muitas vezes uma pergunta pode ser respondida melhor com uma outra pergunta do que com uma resposta. E esse meu agradecimento ao senhor vai além da sua contribuição com a minha formação acadêmica, serei eternamente grato por toda a atenção e suporte que o senhor me concedeu depois do grave acidente que sofri.

Agradeço também à minha tia, Sandra Cunha, que me acolheu em sua casa como um filho seu. Ao meu tio, José Gomes de Holanda, que me deu um suporte excelente para enfrentar esse desafio de viver sem a minha mãe. Ao meu pai, Adalberto Cunha, que tanto se esforçou e se esforça para me ajudar e me fornecer todo o suporte necessário ao longo desses últimos 2 anos.

Aos meus amigos, em especial Edilany Aguiar e Suyanne, com quem eu compartilho os mesmos sonhos de uma vida melhor no exterior e com quem eu compartilhei angústias da vida cotidiana. Edilany com quem eu sempre conversei também sobre planejamento de transportes.

Aos meus amigos de GTTEMA, em especial, Sameque Farias, com quem eu aprendi que ser Baixa Renda tem o seu lado bom. À Lara Braide, Kauê Braga, João, Talysson, Joana, Vanessa, Davi, Amélia, Wendy e Julie também presentes no meu dia a dia nesse último ano e com quem eu criei laços fortes de amizade e companheirismo. Ao Cassiano e Amanda que me ajudaram a revisar essa monografia.

Aos amigos MITUS, em especial Isabela Castro, que acompanhou um pouco desse trabalho de perto, Franco e Renan.

## RESUMO

No novo paradigma do planejamento da acessibilidade, a preocupação com o que ocorre na distribuição espacial das atividades é essencial para a compreensão do que ocorre no sistema de transportes. Não incluir isso no processo de compreensão da problemática do fenômeno urbano pode gerar consequências irreversíveis. Nesse sentido, o presente trabalho surge com objetivo de compreender as mudanças ocorridas no uso do solo em Fortaleza entre 2000 e 2015 com uma proposta metodológica orientada em problema. Esse projeto parte da obtenção de uma base de dados de área por tipo de uso do solo para Fortaleza no ano 2000 para então propor hipóteses relativas à configuração do uso do solo em 2000 e às mudanças ocorridas entre 2000 e 2015, quanto à distribuição espacial da população pertencente a cada grupo social e das oportunidades de emprego. Os resultados da análise indicaram que houveram dois tipos de sócio segregação espacial em Fortaleza, a realizada voluntariamente pela população de alta renda em direção à região sudeste da cidade e a imposta à população de baixa renda que se viu obrigada a residir as periferias distantes das oportunidades de emprego devido a sua condição social mais vulnerável. Esse movimento de espraiamento em direção às franjas urbanas de cada um desses grupos sociais pode ter causado um aumento nas desigualdades quanto à acessibilidade. No entanto, apesar de terem sido possível obter conclusões amplas sobre a acessibilidade às oportunidades de emprego da população a partir dos resultados apresentados, esse trabalho tem a limitação de analisar apenas o uso do solo, não fornecendo uma conclusão mais específica sobre o fenômeno estudado, como seria se tivesse considerado o sistema de transportes também.

**Palavras-chave:** Uso do Solo, Transportes, Acessibilidade, Planejamento Integrado.

## ABSTRACT

According to the new paradigm of the urban planning, the concern about what happens specially in the activities special distribution is essential to the comprehension of what happens within the transport system. Not considering this on the process of the urban phenomena problems comprehension, might create serious consequences. In this sense, this work emerges with aim of comprehending the changes in the urban land use at the city of Fortaleza from 2000 to 2015. This project begins with the production of a georeferenced city urban land use database for 2000 to propose hypothesis about the city's land use configuration in 2000 and the changes in the period considered, concerning the spatial distribution of each social group considered and their job opportunities. The results analysis indicate that happened two types of urban sprawl in the city in the period considered, the one in which the lower income social groups move to the city southwest outskirts looking for more affordable options of residing, and the one in which the higher income social groups move to the city southeast outskirts voluntarily. This sprawl might have caused the increase on the accessibility inequalities among those social groups. Despite being possible of obtaining these conclusions from the results produced, this work is restricted to the city land use analysis changes, not being able to provide a wider conclusion about the studied phenomena as it would have been if it considered the changes in transport.

**Keywords:** Land Use, Transport, Accessibility, Integrated Urban Planning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - domicílios de alta renda por zona de tráfego em Fortaleza em 2015.....	17
Figura 2 - domicílios de baixa renda por zona de tráfego em Fortaleza em 2015.....	17
Figura 3 - Empregos por zona de tráfego em Fortaleza em 2015.....	18
Figura 4 - Categorização de problemas de acessibilidade e mobilidade .....	19
Figura 5 - Proposta de ALUTI.....	21
Figura 6 - helicoidal tripla para representar as interrelações entre os subsistemas .....	22
Figura 7 - Dimicidade das interrelações entre uso do solo e transportes do modelo TRANUS .....	24
Figura 8 - Proposta metodológica de compreensão da problemática urbana de Soares (2014) .....	28
Figura 9 - Proposta metodológica de Lima (2017) .....	29
Figura 10 - Metodologia proposta para este trabalho .....	30
Figura 11: Representação de cores de estatística espacial.....	33
Figura 12 - Zoneamento adotado.....	36
Figura 13 - Macrozonas Adotadas .....	37
Figura 14: Análise descritiva dos indicadores referente a 2000 – a) Histograma, b) <i>Box Plot</i> .....	44
Figura 15 - a) Mapa de Quantis b) <i>Lisa Cluster Map</i> – Domicílios de Alta Renda .....	45
Figura 16 - Domicílios de baixa renda em 2000 - a) Mapa de quantis, b) <i>Lisa Cluster Map</i> .....	47
Figura 17 - Oportunidades de emprego para a alta renda - a) Mapa de quantis b) <i>Lisa Cluster Map</i> . .....	49
Figura 18 - Emprego para baixa renda - a) Mapa de quantis, b) <i>Lisa Cluster Map</i> . .....	50
Figura 19 - Mix de uso para alta renda - a) Mapa de quantis e b) <i>Lisa Cluster Map</i> . .....	51
Figura 20 - Mix de uso para baixa renda em 2000 - a) Mapa de quantis e b) <i>Lisa Cluster Map</i> .....	52
Figura 21 - Análise descritiva dos indicadores de área - a) Histogramas e b) <i>Box Plot</i> .....	53
Figura 22- Categorizações propostas para os indicadores de área – a) Delta de % de área construída e b) Variação na área do tipo Residencial de Baixo Índice.....	54
Figura 23 - Delta % Ac - a) Mapa temático e b) <i>Lisa Cluster Map</i> .....	55
Figura 24 - Delta Área construída RBI - a) Mapa temático e b) <i>Lisa Cluster Map</i> .....	55
Figura 25 - Domicílios de alta renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) <i>Lisa Cluster Map</i> 2000 e d) <i>Lisa Cluster Map</i> 2015 .....	58

Figura 26 - Domicílios de baixa renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) <i>Lisa Cluster Map</i> 2000 e d) <i>Lisa Cluster Map</i> 2015 .....	60
Figura 27 - Emprego alta renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) <i>Lisa Cluster Map</i> 2000 e d) <i>Lisa Cluster Map</i> 2015 .....	63
Figura 28 - Emprego Baixa Renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) <i>Lisa Cluster Map</i> 2000 e d) <i>Lisa Cluster Map</i> 2015. ....	65
Figura 29 - Mix de uso Alta renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) <i>Lisa Cluster Map</i> 2000 e d) <i>Lisa Cluster Map</i> 2015 .....	67
Figura 30 - Mix de uso Baixa renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) <i>Lisa Cluster Map</i> 2000 e d) <i>Lisa Cluster Map</i> 2015 .....	68
Figura 31 - Acessibilidade para alta renda 2015 - a) mapa de quantis e b) <i>Lisa Cluster Map</i>	69
Figura 32 - Acessibilidade para alta renda 2015 - a) mapa de quantis e b) <i>Lisa Cluster Map</i>	70

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Proposta de Indicadores do Uso do Solo de M.Kazanko (2006) .....	27
Tabela 2 - Indicadores adotados .....	39
Tabela 3 - Forma de obtenção das variáveis de cada indicador.....	43

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual dos domicílios de alta renda em 2000 e de área da cidade - Macrozonas .....	46
Gráfico 2 - Percentual dos domicílios de Baixa Renda em 2000 e de área da cidade - Macrozonas .....	48
Gráfico 3 - Expansão Urbana e Aumento de Domicílios em Fortaleza.....	57
Gráfico 4 - Macrozonas - Percentual dos domicílios de alta renda em 2000 e em 2015 e de área da cidade.....	59
Gráfico 5 - Macrozonas - Percentual dos domicílios de alta renda em 2000 e em 2015 e de área da cidade.....	61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	Contextualização .....	11
1.2	Problema .....	12
1.3	Questões Motivadoras.....	13
1.4	Justificativa.....	13
1.5	Objetivos....	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
2.1	O Fenômeno Analisado.....	15
2.2	Tipologia de Problemas .....	19
2.3	Modelagem Integrada de Transportes e Uso do Solo .....	20
2.4	Modelo Integrado TRANUS.....	22
2.5	Medidas de Impacto do Uso do Solo.....	25
2.5.1	<i>Densidade</i> .....	25
2.5.2	<i>Mix de uso</i> .....	25
2.5.3	<i>Design da vizinhança</i> .....	25
2.5.4	<i>Distância para pontos de transporte público</i> .....	26
2.5.5	<i>Combinação desses fatores</i> .....	26
2.6	Indicadores de Espreadimento Urbano.....	26
2.7	Proposta Metodológica de Compreensão da Problemática no Planejamento Urbano Integrado.....	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
3.1	Obtenção de uma Base de Dados de Uso do Solo para 2000 .....	31
3.2	Elaboração de Hipóteses.....	31
3.3	Caracterização do Uso do Solo.....	32
3.4	Análise dos Possíveis Impactos na Acessibilidade .....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>36</b>
4.1	Definição do Zoneamento .....	36

<b>4.2 Hipóteses de Estudo .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Proposição de Indicadores.....</b>	<b>39</b>
<b>4.4 Caracterização do Uso do Solo.....</b>	<b>43</b>
<i>4.4.1 Caracterização do Uso do Solo em 2000.....</i>	<i>43</i>
<i>4.4.2 Caracterização da Mudanças no Uso do Solo.....</i>	<i>52</i>
<i>4.4.3 Possíveis Impactos na Acessibilidade das Mudanças no Uso do Solo .....</i>	<i>69</i>
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>72</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>75</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A cidade, ambiente habitado pela maioria da população do planeta, é uma das formas mais inteligentes que a humanidade encontrou para se organizar. No último século, à medida com que houveram grandes avanços tecnológicos e consequente aumento de oportunidades no ambiente urbano, ocorreu um intenso processo de urbanização. Isso ocasionou o aumento significativo de conflitos que trouxeram grandes problemas, e o que antes parecia ser uma solução inteligente de organização social de atividades tornou-se um ambiente bastante caótico. A problemática que se intensificou nesse ambiente é diversa e consistiu em problemas de natureza sócio econômica, natureza espacial e locacional e em problemas relacionados à infraestrutura de transportes deficitária para atender a crescente demanda. No entanto, apesar de haver intrínseca relação de causalidade entre esses diferentes contextos, tem sido feita tradicionalmente uma análise dissociada e fragmentada para uma problemática complexa que é a do fenômeno urbano.

Nessa análise segregada, o planejamento de transportes tem focado na mobilidade e nas relações de oferta e demanda do sistema de transportes, ignorando as demais conjunturas da problemática. Essa falta de coordenação entre os subsistemas resultou em planos incapazes de reverter a situação crítica das grandes cidades brasileiras (Soares, 2014). Além disso, esse paradigma tradicional do planejamento tem criado o que Lopes (2015) chamou de “círculo vicioso” do planejamento urbano. Esse “círculo vicioso” tem gerado problemas como a dispersão da população de baixa renda, consequente oferta insuficiente de transporte público e estímulo ao transporte motorizado individual. No entanto, o processo de planejamento tem evoluído com o tempo, passando de uma abordagem focada no estudo dos desequilíbrios entre oferta e demanda do sistema de transportes para uma abordagem metodologicamente mais integradora, conceitualmente focada na acessibilidade e moralmente na sustentabilidade e equidade (Menezes, 2015). Portanto, para um planejamento urbano e de transportes mais eficaz e sustentável é necessário embasar a tomada de decisão não só nas relações de oferta e demanda do sistema de transportes, mas também nas decisões locacionais e nos fatores sócio econômicos (Bertolini, le Clercq, & Kapoen, 2005) a fim de que se possa ter uma caracterização baseada

em uma representação mais próxima da complexa realidade urbana e que assim as decisões possam estar melhor fundamentadas.

Assim sendo, um dos ambientes de maior relevância para o estudo do fenômeno urbano com base no novo paradigma do planejamento urbano é a cidade de Fortaleza. Fortaleza é a capital do estado Ceará e a quinta maior cidade brasileira com 2.627.482 habitantes (segundo estimativa do IBGE para 2017). A população se distribui em 119 bairros numa área de 314,93 Km<sup>2</sup>. A cidade, com uma densidade demográfica de 8.343,07 hab./km<sup>2</sup>, é a capital mais densa do Brasil. Fortaleza é o 12º município mais rico do Brasil, com um PIB de mais de 57 bilhões de reais em 2015 (IBGE). Apesar disso, além de a cidade ser extremamente desigual em termos socioeconômicos, com um índice Gini de 0,61 em 2010 (PNUD), considerado elevado, Fortaleza também possui uma distribuição espacial extremamente desigual de empregos, estando a maior parte deles concentrados na região central. No entanto, a população de baixa renda, por sua vez, está concentrada nas regiões periféricas da cidade, que carecem de oportunidades de emprego e um sistema de transporte público adequado, apesar das recentes intervenções que houveram recentemente, como a instalação de um sistema Metroviário, a integração temporal e a implementação de um sistema de *BRT*, na capital cearense.

## 1.2 Problema

Em meio ao contexto urbano, pessoas produzem viagens por que querem participar de atividades, como trabalhar, comprar, residir ou visitar parentes (Van Wee, 2009). Consequentemente, a localização das atividades pode ter um impacto significativo sobre o comportamento dos usuários com relação às viagens, apesar desse impacto não ser imediato devido às diferentes escalas temporais de cada subsistema (Sousa, 2016). Essa localização de atividades em uma cidade tem uma sensível relação com aspectos socioeconômicos.

Em Fortaleza, a alta desigualdade social implica em uma diferença significativa entre a acessibilidade da população de renda mais baixa em comparação com a de renda mais alta. Devido ao caráter sócio econômico mais vulnerável da população mais carente, grande parte desses domicílios concentram-se nas periferias das grandes cidades. No entanto, habitar as periferias de Fortaleza restringe o acesso dos indivíduos às atividades da *urbis* (Andrade, 2016).

Segundo Menezes (2015), essa problemática impacta significativamente no acesso da população de baixa renda aos empregos, uma vez que esses concentram-se em sua maioria na região central. A maior parte da população de alta renda, por sua vez, habita as regiões centrais uma vez que pode pagar. Ao habitar as regiões centrais, tem-se mais acesso às

oportunidades de atividades, incluindo empregos. Esse contexto de desigualdade com relação à acessibilidade de oportunidades de atividades pode ser um dos agravantes das desigualdades sociais, não só em Fortaleza, mas também nos outros meios urbanos.

Apesar disso, uma parte da população de renda mais alta também realizou uma ocupação nas regiões das franjas urbanas. Ainda assim, esse segmento da população teria uma vantagem em comparação com os demais grupos sociais devido ao maior poder aquisitivo que possui o que os proporciona uma maior variedade de opções de escolha no meio urbano (LIMA, 2017).

### **1.3 Questões Motivadoras**

Com base nessa problemática apresentada, parte-se então dos seguintes questionamentos referentes às mudanças no uso do solo e na acessibilidade entre os anos de 2000 e 2015:

- a) Como era a configuração da distribuição espacial da população de cada grupo social e as suas respectivas oportunidades de emprego em 2000?
- b) O que mudou nesse período na distribuição de cada grupo social e das oportunidades de emprego disponíveis para esses grupos?
- c) O que essas mudanças no uso do solo possam vir a ter impactado na acessibilidade de população de Fortaleza?

### **1.4 Justificativa**

Lima (2017) já havia estudado essa problemática estratégica do fenômeno urbano em Fortaleza, acrescentando o município do Eusébio, concentrando-se na análise de dois fenômenos distintos, o espraiamento por auto segregação da população de renda mais alta no vetor sudeste da cidade e a periferização na região sudoeste. Essa última já havia sido estudada por Andrade (2016) e consiste na elevada concentração da população de baixa renda na região sudoeste de Fortaleza.

Ambas as análises buscaram caracterizar e diagnosticar o fenômeno urbano em Fortaleza, concentrando-se apenas na análise da situação em 2015. Esses estudos, buscaram estudar fenômenos de mudança urbana, o espraiamento por segregação voluntária e involuntária, que requeriam estudo prévio da situação anterior a fim de que se possa validar as

hipóteses fenomenológicas elaboradas. Além disso, ao não investigar a situação anterior da problemática urbana de Fortaleza não é possível elaborar um diagnóstico coerente da situação atual. Portanto, seria importante para a compreensão do fenômeno acrescentar a esses estudos uma análise prévia da situação.

Portanto, uma análise das mudanças em determinado período permite que se acrescente a esses estudos anteriores uma investigação da evolução da problemática urbana em Fortaleza fornecendo um diagnóstico mais adequado da situação atual. Para isso, esse trabalho surge com o intuito de investigar as mudanças no uso do solo, bem como de analisar os impactos dessas mudanças no subsistema de transportes, validando ou não o resultado da análise de trabalhos anteriores, que se limitaram a uma análise estática da situação presente.

## **1.5 Objetivos**

Com base na problemática urbana de Fortaleza, este trabalho se propõe a caracterizar as mudanças no uso do solo na cidade entre os anos de 2000 e 2015 para embasar uma análise de diagnóstico da problemática da acessibilidade em Fortaleza. Para isso, parte-se dos seguintes objetivos específicos:

- a) Contextualizar a problemática urbana de Fortaleza com foco no espraiamento urbano por segregação voluntária e involuntária;
- b) Caracterizar a configuração do uso do solo em Fortaleza para 2000;
- c) Caracterizar as mudanças no uso do solo no período analisado;
- d) Investigar os potenciais impactos que essas mudanças venham a ter tido na acessibilidade aos postos de trabalho durante esse período;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 O Fenômeno Analisado

Nas metrópoles Brasileiras, há segregações de diversos aspectos, principalmente de segmentos sociais e etnias (VILLAÇA, 2001). Andrade (2016) chamou isso de segregação sócio-espacial. Nas metrópoles brasileiras, essa segregação pode ocorrer de duas maneiras, de forma voluntária ou de forma involuntária. A segregação voluntária, normalmente, é realizada pela população de renda mais alta, enquanto a segregação involuntária é realizada pelos setores da sociedade mais vulneráveis socialmente (ANDRADE, 2016).

O fenômeno da segregação sócio-espacial voluntária, também chamado de auto segregação, pode ser entendido como um fenômeno que ocorre pelo fato de que os que se autosegregam não satisfazem suas demandas por qualidade de vida habitando nas regiões centrais (ANDRADE, 2016). Em Fortaleza, parte da população de alta renda realizou esse tipo de segregação. Lima (2017) chamou isso de auto segregação da população de alta renda. Ao morar mais longe, esse segmento da população decide por uma qualidade de vida supostamente melhor, mas uma acessibilidade de atividades inferior, uma vez que eles escolheram habitar longe da região central.

No entanto, nas metrópoles brasileiras a segregação de um grupo em uma determinada região da cidade, não implica na ausência ou no não crescimento de outros grupos sociais na mesma região (VILLAÇA, 2001). Portanto, o fato de supostamente ter havido um aumento significativo da população de renda mais alta em determinada região de Fortaleza não significa que não tenha havido também o aumento de domicílios de renda mais baixa nessa região. A distribuição espacial dos domicílios de renda mais alta está disposta na Figura 1.

Quanto ao que se refere ao comportamento de viagens, deve-se compreender, que esse segmento da sociedade, por ter um poder aquisitivo alto, pode optar por opções de modos de transporte supostamente menos onerosos com relação aos tempos de viagem, como o modo motorizado individual. Talvez esse custo com transporte não onere tão significativamente essa parcela da população como oneraria a população de renda mais baixa, e devido a isso eles tenham se mudado para mais longe das oportunidades de atividade em busca de uma maior qualidade de vida.

Segundo Villaça (2001), a segregação de um segmento social da população provoca a segregação dos demais. Ele se refere à segregação centro-periferia, em que o fato da população de alta renda se concentrar nas regiões centrais provoca o afastamento da população

de baixa renda dessas regiões por uma série de fatores. Esse tipo de segregação, na qual as pessoas se sentem obrigadas a habitar regiões mais afastadas, é a involuntária. Além disso, devido a condições econômicas adversas, a população de baixa renda se afasta das regiões centrais, uma vez que residir nessas regiões é demasiado caro para o seu perfil sócio econômico.

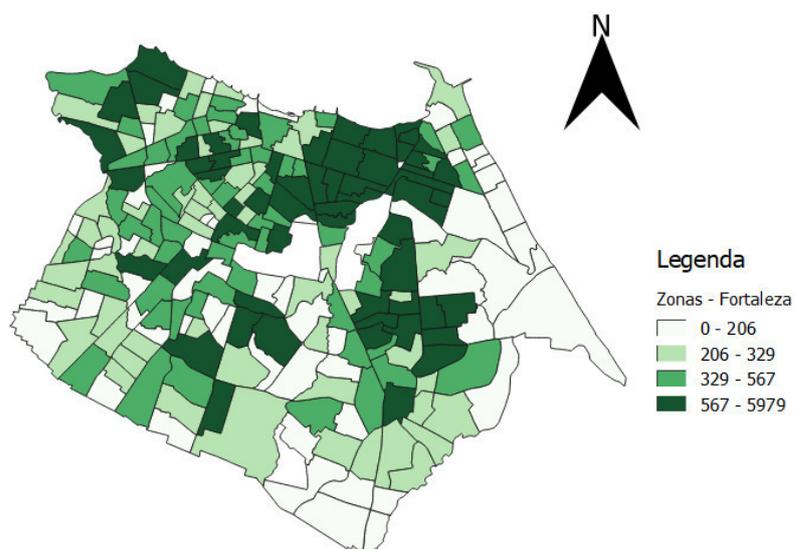
Esse tipo de segregação da população de baixa renda é o mais comum nas metrópoles brasileiras (VILLAÇA, 2001). A maior concentração desse segmento da população em regiões periféricas da cidade se deveu também aos programas habitacionais do governo que em parceria com a iniciativa privada provieram habitações populares, destinadas a população de baixa renda, em regiões periféricas da cidade (ANDRADE, 2016).

Esse segmento da população, uma vez que é mais vulnerável economicamente, além de não poder residir nas regiões centrais, é dependente de transporte público, pois não tem acesso a opções de meios de transporte, como o motorizado individual, que os proporcionem um menor tempo de viagem e um maior acesso às atividades. Segundo Andrade (2016), esse tipo de segregação sócio-espacial ocorreu na região sudoeste da cidade de Fortaleza, ilustrado na Figura 2, longe das oportunidades de emprego que se concentram na região central da cidade, ilustrado na Figura 3.

Portanto, esses dois tipos de segregação espacial, que são o foco desse estudo, influenciaram a tomada de decisão locacional e dos transportes da população de Fortaleza. Contudo, esses dois tipos de segregação influenciam de maneira diferente as decisões dos atores que participam deles, uma vez que os indivíduos que participam de cada um desses tipos de segregação sócio-espacial possuem perfis socioeconômicos distintos.

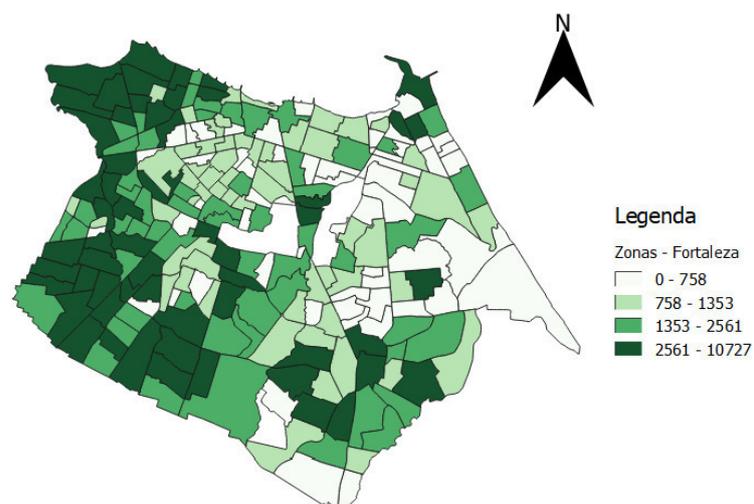
Para Fortaleza, Lima (2017) e Andrade (2016) foram as que buscaram compreender essa problemática da sócio-segregação urbana. No entanto, esses trabalhos falham ao se concentrarem apenas em um momento específico. Para compreender esse fenômeno é necessário investigar como a problemática da distribuição espacial das atividades, principalmente as de residir e trabalhar, evoluiu ao longo do tempo.

Figura 1 - domicílios de alta renda por zona de tráfego em Fortaleza em 2015



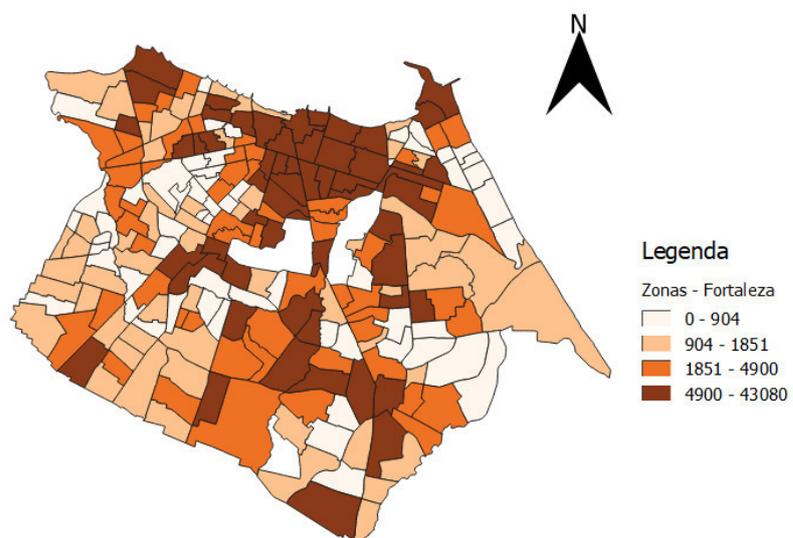
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 - domicílios de baixa renda por zona de tráfego em Fortaleza em 2015



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 3 - Empregos por zona de tráfego em Fortaleza em 2015



Fonte: elaborado pelo autor.

## 2.2 Tipologia de Problemas

Baseando-se nas teorias do igualitarismo, suficientarismo, bem como nos princípios da equidade e sustentabilidades, Garcia (2018) propôs 4 categorias de problemas no contexto da problemática urbana. Os problemas do tipo 1 são distribuições espaciais desiguais de acessibilidade e mobilidade. Os problemas do tipo 2 são a distribuição injusta da acessibilidade e mobilidade, que consistem em diferenças na acessibilidade e mobilidade conforme os grupos sociais. Os problemas do tipo 3 são distribuições inadequadas de acessibilidade e mobilidade, que consistem em diferenças significativas entre os modos de transportes. Os problemas do tipo 4 consistem na evolução no decorrer do tempo da problemática urbana (GARCIA, 2018). Andrade (2016) e Lima (2017) adotaram essa tipologia de problemas da acessibilidade para caracterizar e diagnosticar a problemática da acessibilidade e o espraiamento urbano em Fortaleza em 2015. A Figura 4 ilustra essa categorização da problemática urbana proposta por Garcia (2018).

Figura 4 - Categorização de problemas de acessibilidade e mobilidade



Fonte: Garcia (2018).

### 2.3 Modelagem Integrada de Transportes e Uso do Solo

No novo paradigma do planejamento urbano, deve-se considerar os diferentes contextos do meio urbano. Nessa nova abordagem do planejamento, a fim de obter os dados necessários a respeito do fenômeno urbano para auxiliar na compreensão da problemática, surge a modelagem integrada de compreensão da problemática urbana, modelagem integrada que traz uma representação do fenômeno. Essa ferramenta considera 3 diferentes subsistemas urbanos: atividades, uso do solo e transportes. Cada um desses subsistemas é modelado internamente através de suas relações de oferta e demanda, resultando nas medidas de desempenho de cada subsistema. Além disso, são consideradas os impactos de cada um desses subsistemas nos demais através das medidas de impacto de cada um deles (Lopes, 2015).

O subsistema de atividades compreende a modelagem das atividades realizadas pelos usuários. Normalmente, em modelos mais simples são consideradas apenas duas atividades: residir e trabalhar. Modelos mais avançados consideram outras atividades além dessas. As demandas por essas atividades podem ser reconhecidas como produto das relações entre os atores do sistema ou da manifestação do desejo de cada ator. Quanto a oferta de atividades, esta pode ser quantificada da maneira mais simples por meio da contagem de empregos ou em modelos mais complexos através do nível de atividade econômica. O nível de atividade econômica incorpora não só aspectos relativos a empregos, mas também a demanda dos clientes e a lucratividade das empresas (LOPES, 2015).

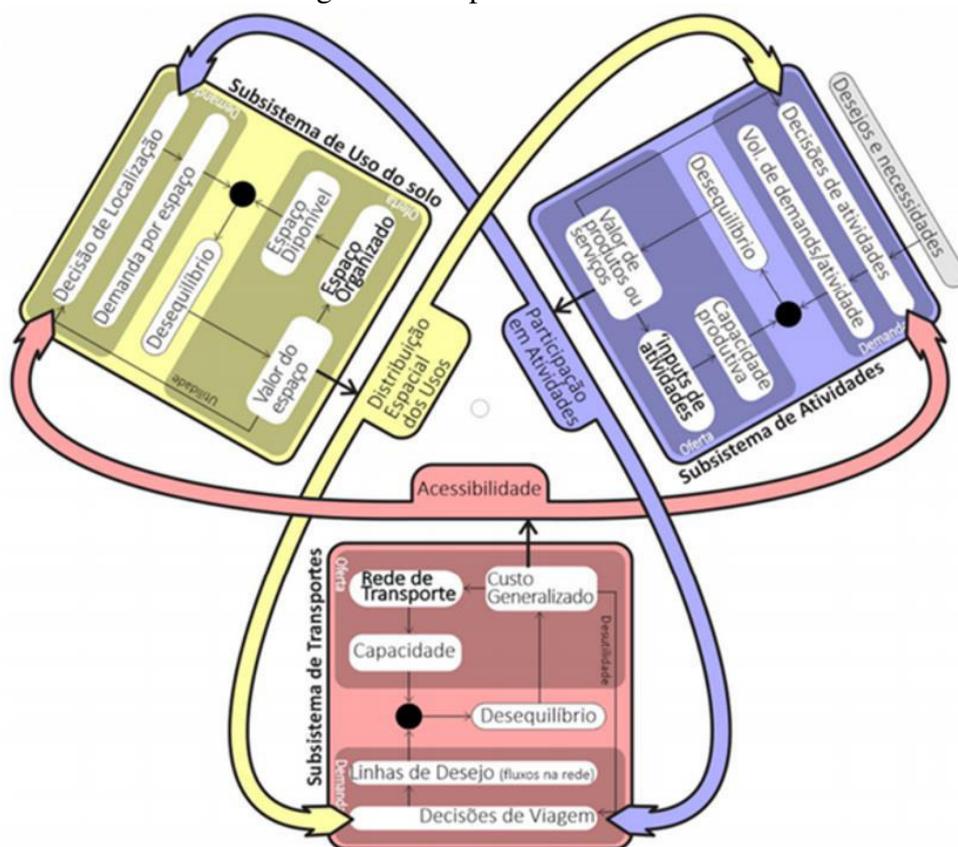
No uso do solo, essa modelagem, normalmente, ocorre em duas etapas, o desenvolvimento do solo e as escolhas locacionais dos usuários. Quanto às decisões locacionais dos usuários, os modelos podem considerar escolhas apenas sobre residir e trabalhar, como também podem considerar diversas outras funções urbanas a depender das atividades consideradas no subsistema de atividades do modelo (LOPES, 2015).

Já no subsistema de transportes, a modelagem compreende tudo relacionado à decisão sobre deslocamentos dos usuários do sistema. As decisões sobre esses deslocamentos podem ser resultantes apenas da demanda por deslocamentos ou da relação entre demanda e oferta do sistema, podendo incorporar não só o transporte de passageiros, mas também o transporte de cargas, dependendo do modelo integrado (LOPES, 2015). Essa demanda por viagens é o resultado das mais variadas interações entre atividades sociais e econômicas (CASCETTA, 2009). As escolhas dos usuários modeladas pelo subsistema de transportes são sobre o motivo de viagem, destino, escolha modal e de rota. Os motivos das viagens consideradas por cada modelo integrado podem variar desde apenas motivo trabalho, até

motivos outros. As decisões dos usuários sobre os destinos vão depender da localização das atividades, que é um *input* do subsistema de uso do solo no subsistema de transportes, e da impedância da rede, que pode ser desde distância ou tempo de viagem até desutilidade. Conforme for o modelo, ele pode modelar a demanda apenas para viagens simples, que são viagens com um único propósito em que normalmente ou o destino ou a origem é o domicílio, ou pode considerar sequências de viagens, viagens sequenciais de múltiplos propósitos (LOPES, 2015). As escolhas modal e de rota irão também depender da impedância de cada escolha. Contudo, não é todo modelo que considera a escolha de rota em sua modelagem.

Lopes (2015) em seu trabalho, propôs um modelo conceitual integrado ALUTI, que representasse cada subsistema urbano e suas intra e interrelações. Nessa modelagem conceitual, as intrarelções em cada subsistema consistem nas relações de oferta e demanda. Os produtos dessas relações são os desequilíbrios entre oferta e demanda em cada subsistema que resulta nas medidas de desempenho de cada subsistema. Consequentemente, isso resulta nas medidas de impacto de cada subsistema, que os meios pelos quais cada subsistema influencia os outros. Isso está ilustrado na Figura 5.

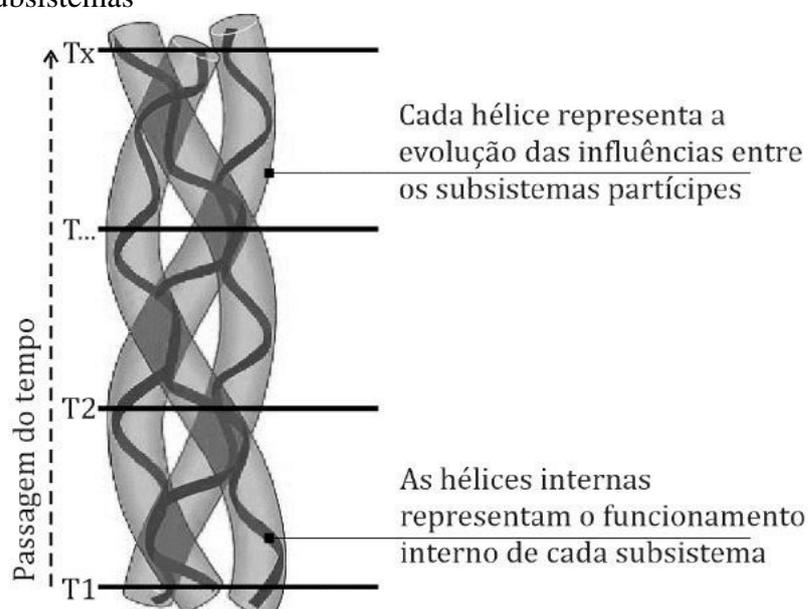
Figura 5 - Proposta de ALUTI



Fonte: Lopes (2015).

No entanto, Lopes (2015) reconhecendo o caráter dinâmico do fenômeno urbano, admite a não dinamicidade do seu modelo conceitual. Essa dinamicidade do fenômeno se refere ao fato de que as mudanças de um subsistema não impactam os demais de imediato (WEGENER, 2004). Muitos modelos consideram que as mudanças ocorridas em um subsistema impactam os outros posteriormente. No entanto, os períodos de simulação desses modelos são altos, normalmente maior que 5 anos. Wegener (2004) explica que para tornar a modelagem mais factível e representar melhor esses atrasos entre os subsistemas, seria necessário um período de simulação menor, de 1 a 2 anos. Para incorporar essa característica fenomenológica em sua modelagem conceitual, Lopes (2015) propôs representar as interrelações entre os subsistemas propostos por meio de uma helicoidal tripla, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - helicoidal tripla para representar as interrelações entre os subsistemas



Fonte: Lopes (2015).

## 2.4 Modelo Integrado TRANUS

O modelo integrado de transportes e uso do solo TRANUS criado por De La Barra (1989) e estudado por Sousa (2016). Segundo Lopes (2015), o TRANUS baseia-se em modelos econométricos de produção e consumo. Esse modelo pode ser aplicado em escala urbana ou

regional. A plataforma foi criada com o objetivo de simular os efeitos de políticas de transportes e uso do solo, bem como avaliar esses efeitos partindo de uma abordagem sócio econômica.

No subsistema de atividades do TRANUS são consideradas diversas atividades além de trabalho, entre elas as atividades de compras e estudo. Esse subsistema é modelado exogenamente, uma vez que não há retroalimentação interna dos dados referentes a atividades, sendo necessário *inputs* externos sempre que for feita uma simulação em um tempo diferente. No TRANUS é modelada a demanda e a oferta de atividades através de uma matriz insumo produto e dos coeficientes intersetoriais, que se baseiam na teoria dos fluxos econômicos (SOUSA, 2016). A matriz insumo produto consiste em dois elementos, os setores que consomem ou setores produtivos e os setores consumidos. Os coeficientes intersetoriais são o resultado dessa relação e significam a quantidade de insumos necessária para a produção de uma unidade de produto (RUEDA-CANTUCHE, 2002).

Para compreender melhor o modelo de uso do solo do TRANUS, é necessário entender dois elementos básicos da modelagem, os setores transportáveis e os setores não transportáveis. O TRANUS devido ao seu caráter econométrico simula as decisões do subsistema de uso do solo através de relações de produção e consumo de atividades. Os setores transportáveis são compostos pela população e pelo os setores produtivos, e os setores não transportáveis são os tipos de solo. Os setores transportáveis podem consumir os setores não transportáveis, mas os setores não transportáveis podem apenas ser consumidos e devem ser consumidos onde se localizam (SOUSA, 2016). No TRANUS, esse consumo é necessário para que haja a locação das atividades no território urbano analisado.

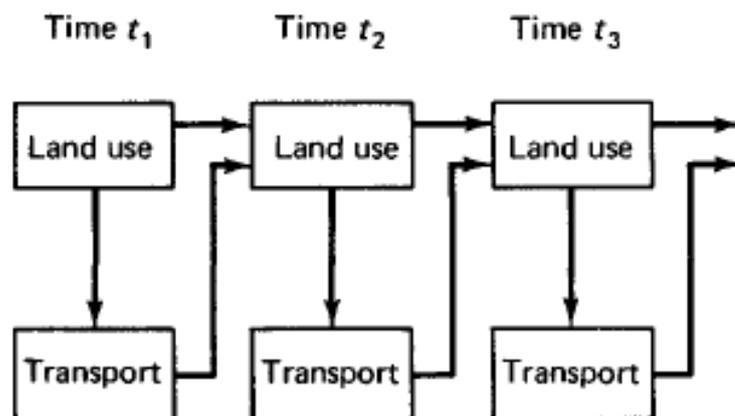
O subsistema de transportes é alimentado pelo resultado da modelagem de uso do solo que é a distribuição locacional das atividades e pelo nível de serviço da rede de transportes (SOUSA, 2016). No TRANUS, cada setor transportável é denominado de categorias de indivíduos e os fluxos econômicos especializados do modelo de uso do solo representam as viagens realizadas. Portanto, os tipos de viagem realizadas estão relacionadas com as relações econômicas entre os setores transportáveis. Apesar de modelar as relações entre oferta e demanda, o TRANUS não modela a oferta do subsistema de transportes que chega ao modelo exogenamente.

Seguindo a análise que Lopes (2015) realizou sobre os modelos integrados, observa-se que no TRANUS, a medida de impacto do subsistema de atividades, a participação em atividades, pode ser representada pela matriz de fluxos econômicos. Quanto a medida de impacto do uso do solo, a distribuição espacial das atividades, essa pode ser representada pela matriz de fluxos econômicos, mas sem demonstrar as relações entre os setores de atividades.

Isso evidencia a distribuição espacial dos usos sem demonstrar as relações econômicas nas zonas. Já a medida de impacto que representa as interrelações entre os transportes e os demais subsistemas, a acessibilidade, no TRANUS, é a mesma medida de desempenho do subsistema representada pela desutilidade composta e quantificada pelo custo generalizado de deslocamento (SOUSA, 2016).

Quanto a dinamicidade nas interrelações no TRANUS A partir da observação da Figura 7 sobre as interrelações entre os subsistemas de uso do solo e transportes, conclui-se que o TRANUS considera 3 ligações entre os subsistemas de transportes e uso do solo, uma do uso do solo em  $t_1$  para o uso do solo em  $t_2$ , outra do uso do solo para os transportes e uma terceira dos transportes em  $t_1$  para o uso do solo em  $t_2$  (Sousa, 2016). Portanto, o TRANUS reconhece, que ainda que o uso do solo impacte de imediato nos transportes, esse, por sua vez, só impactará o uso do solo posteriormente no tempo  $t_2$ , evidenciando a característica da dinamicidade no que se refere às diferentes escalas temporais. Isso torna o TRANUS uma ferramenta essencial para analisar mudanças em cada subsistema urbano, bem como seus impactos.

Figura 7 - Dinamicidade das interrelações entre uso do solo e transportes do modelo TRANUS



Fonte: de la Barra (1989).

De acordo com Wegener (2004), o tempo de simulação adequado para representar as interrelações dinâmicas entre os subsistemas seria aproximadamente 1 ano, uma vez que tempos maiores podem ser muito longos para representar esse tempo de atraso nas interrelações entre esses subsistemas. Portanto, nesses casos é recomendável investigar o fenômeno em dois

momentos separadamente, e em seguida analisar as mudanças entre os resultados desses anos, comparando-os.

## **2.5 Medidas de Impacto do Uso do Solo**

A demanda por viagens depende da utilidade da atividade e no custo de deslocamento até o local onde está atividade será realizada, agregando custos que dentre outros fatores dependem da distribuição espacial das atividades (Van Wee, 2009). Isso sugere uma nítida interrelação fenomenológica entre os subsistemas urbanos, concordando com o proposto pela representação da problemática urbana fornecida pela modelagem integrada. Van Wee (2009) cita 5 fatores que conseguem representar essa interrelação entre uso do solo e transportes: densidade, mix de uso, design da vizinhança, distância para pontos de transporte público e a combinação desses fatores. Nesse trabalho, para que se escolha indicadores para representar essa interrelação, serão analisadas alguns desses fatores.

### ***2.5.1 Densidade***

A densidade refere-se à quantidade de oportunidades de atividades por unidade de área, como moradias, pessoas e empregos. Quanto maior essa densidade de oportunidades, os indivíduos vão precisar realizar um número menor de deslocamentos (Van Wee, 2009).

### ***2.5.2 Mix de uso***

O mix de uso refere-se à diversidade de categorias de uso em uma região, como uso residencial, uso comercial, industrial entre outros. O mix de uso normalmente é mensurado pela razão emprego por domicílio. Em cidades onde as oportunidades de emprego estão concentradas nas regiões centrais, há um baixo mix de uso nas demais regiões, uma vez que concentram um número relativamente baixo de oportunidades de trabalho. Isso impõe a necessidade de se realizar um número maior de viagens do que em cidades onde essas oportunidades estão melhor distribuídas espacialmente pela cidade.

### ***2.5.3 Design da vizinhança***

Esse fator é um aspecto mais operacional da influência do uso do solo no comportamento de viagens. O fator de design da vizinhança está ligado à mais baixa escala do uso do solo compreendendo desde o design de habitações até o design de edifícios e das regiões próximas (Van Wee, 2009). Um exemplo desse fator é a influência que a qualidade do design arquitetônico da vizinhança pode ter na atração de viagens para uma determinada região. Outro exemplo dessa influência é a localização de onde são armazenadas bicicletas em um domicílio, se essa localização for próxima da rua o uso desse modo de transportes pode ser mais alto nesse domicílio do que nos demais (Van Wee, 2009).

#### ***2.5.4 Distância para pontos de transporte público***

A distância para pontos de acesso ao transporte público pode ter uma influência na escolha modal dos usuários de uma região. Se domicílios e empregos estão próximos de pontos de parada de opções de transporte público, a utilização de transporte público pode ser maior. No entanto, se a localização dessas atividades for longe desses pontos de parada, poderá haver um uso menor de transporte público para acessar essas atividades (Van Wee, 2009).

#### ***2.5.5 Combinação desses fatores***

Uma combinação dessas características pode ter um efeito ainda mais intenso no comportamento de viagens dos atores. Por exemplo, construir altas densidades em regiões próximas de opções de transporte público, pode ter um impacto ainda mais intenso no comportamento de viagens dos indivíduos do que se fosse construído um edifício de menor densidade em uma região de fácil acesso por transporte público (Van Wee, 2009).

### **2.6 Indicadores de Espreadimento Urbano**

O espreadimento urbano é um fenômeno bastante estudado no meio acadêmico de outros países também. Entre esses trabalhos, o de M.Kasanko et al. (2006) se propõe a verificar a dispersão urbana em cidades europeias entre as décadas de 1950 e 1990 propondo indicadores de mudanças no uso do solo, relacionando com a densidade urbana e o crescimento populacional. Esses indicadores estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Proposta de Indicadores do Uso do Solo de M.Kazanko (2006)

Summary of urban land use indicators

Indicator	Description	Time horizon
1. Built-up areas		
1.1 Ratio of built-up and unbuilt areas	Percentage of built-up area of total land area	1950s, 1960s, 1980s, 1990s
1.2 Overall growth of built-up areas	Growth of built-up area in percentages	1950s compared to 1990s
1.3 Annual growth of built-up areas	Estimation of the annual growth rate of built-up area	1950s–1960s, 1960s–1980s, 1980s–1990s
2. Residential land use		
2.1 Ratio of residential areas and other built-up areas	Percentage of residential area of total built-up area	1990s
2.2 Growth of residential areas	Growth rate of residential area in percentages	1950s, 1990s
2.3 Ratio of continuous residential areas of all residential areas	Percentage of continuous residential area over all residential area	1950s, 1990s
2.4 New discontinuous residential areas	Percentage of discontinuous residential area over all new residential area	After 1950s
3. Land taken by urban expansion		
3.1 Type of unbuilt land available	Percentage of agricultural and natural areas over all unbuilt areas	1950s
3.2 Loss of natural and agricultural land	Lost agricultural and natural land in km <sup>2</sup>	1950s–1990s
4. Population density		
4.1 Traditional population density	Population/area	1950s, 1960s, 1980s, 1990s
	Change of population density	1950s–1990s
4.2 Residential density	Population/residential areas	1950s, 1960s, 1980s, 1990s
5. Urban density		
5.1 Population growth in contrast with the growth of built-up areas	Growth of built-up areas in percentage/population growth in percentage	1950s–1990s
5.2 Available built-up area/person	Available built-up area/person in m <sup>2</sup> /person	1950s, 1960s, 1980s, 1990s

Fonte: (M. Kazanko et al., 2006).

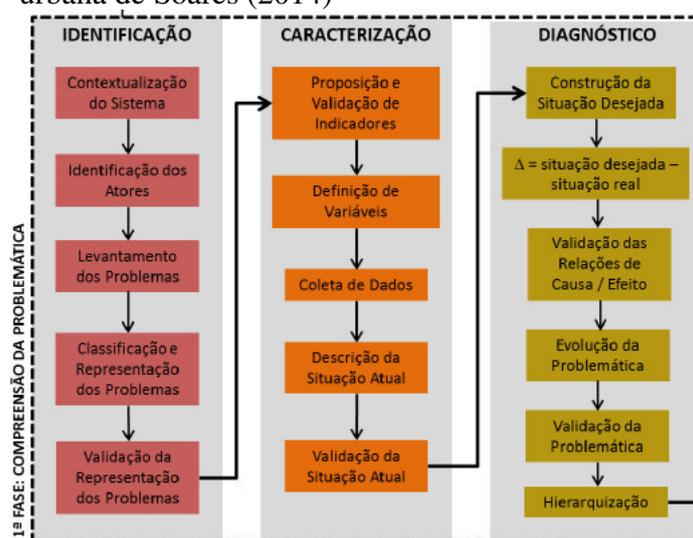
O aspecto mais fundamental do uso do solo urbano é a taxa de área construída. Nesse sentido, o grupo de indicadores de áreas construídas (*Built up areas*) busca mensurar questões referentes a extensão e crescimento das áreas construídas na cidade. 3 indicadores compõem esse grupo: áreas construídas, taxa de áreas construídas e não construídas, taxa de crescimento de área construída e taxa de crescimento de área construída por ano (M. KAZANKO ET AL., 2006). Nesse trabalho a análise desses indicadores foi agregada ao nível da cidade.

Segundo M. Kazanko et al. (2006), no período analisado houve um decréscimo na população das 15 cidades europeias estudadas enquanto houve um aumento nas áreas construídas, identificando nessas cidades uma tendência semelhante ao espraiamento urbano das cidades americanas no mesmo período. Nesse sentido, observa-se que os indicadores de área propostos por M.Kazanko et al. (2006) juntos da densidade urbana podem servir para mapear o espraiamento urbano.

## 2.7 Proposta Metodológica de Compreensão da Problemática no Planejamento Urbano Integrado

Para que se possa compreender a problemática urbana existente da acessibilidade de maneira integrada com os demais contextos do fenômeno urbano é necessária uma sistematização metodológica. Soares (2014) propôs em seu trabalho uma metodologia sistematizada de compreensão da problemática no contexto do planejamento de transportes. Essa metodologia propõe 3 etapas distintas, identificação, caracterização e diagnóstico dos problemas levantados. A primeira etapa propõe identificar a problemática que se pretende por meio da elaboração de hipóteses de problemas e de relações causais, além da definição da região de estudo e dos atores do sistema. Em seguida, na segunda etapa, são propostos e calculados indicadores para caracterizar a problemática. Por último, no diagnóstico, é feita a validação das hipóteses de problemas apresentados e das hipóteses de relações causais. Essa metodologia pode ser observada com mais detalhes na Figura 9.

Figura 8 - Proposta metodológica de compreensão da problemática urbana de Soares (2014)

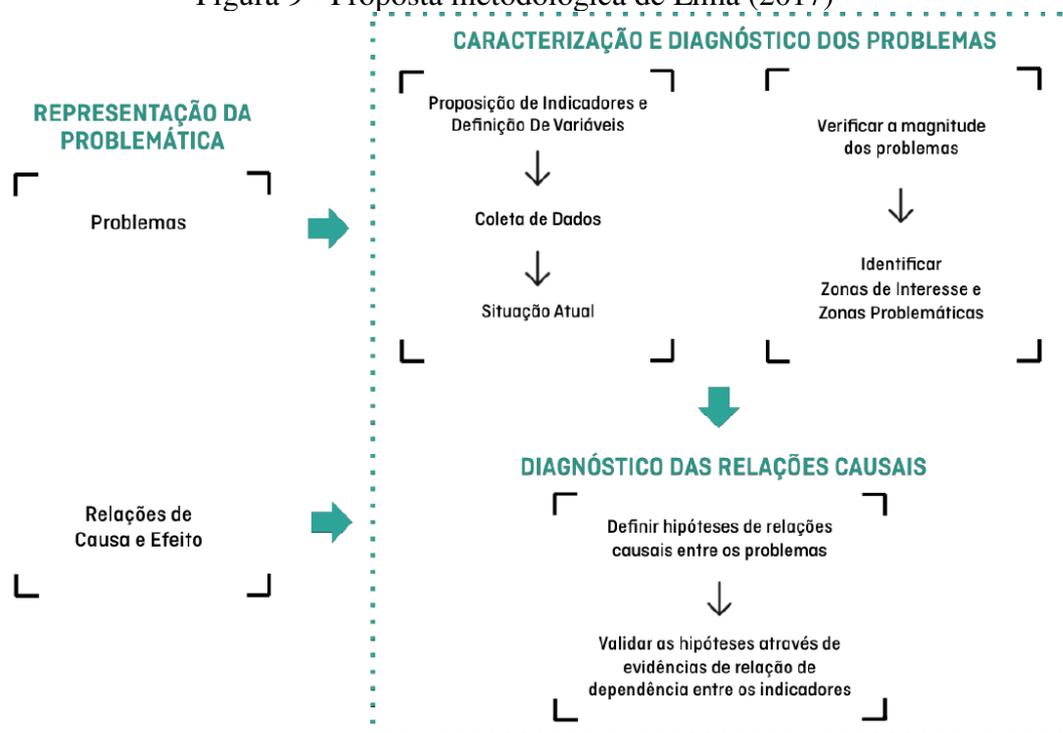


Fonte: adaptado de Soares (2014).

Além dessa metodologia proposta, é importante tomar como referência também a proposta metodológica de Lima (2017) que também estudou o fenômeno da sócio segregação urbana em Fortaleza. A metodologia de Lima (2017) se assemelha muito com a proposta por Soares (2014). No entanto, para se adequar ao fenômeno estudado Lima (2017) adaptou duas etapas da metodologia de Soares (2014). Lima (2017) propôs agregar as etapas de caracterização e uma parte do diagnóstico na etapa de caracterização e diagnóstico dos

problemas. Essa etapa consistiu em caracterizar e verificar a magnitude dos problemas, identificando as regiões problemáticas. Portanto, essa etapa inclui a validação da problemática, mas não investiga as relações causais, que é uma etapa diferente nessa proposta metodológica. Essa proposta de método de análise é ilustrada na Figura 9.

Figura 9 - Proposta metodológica de Lima (2017)

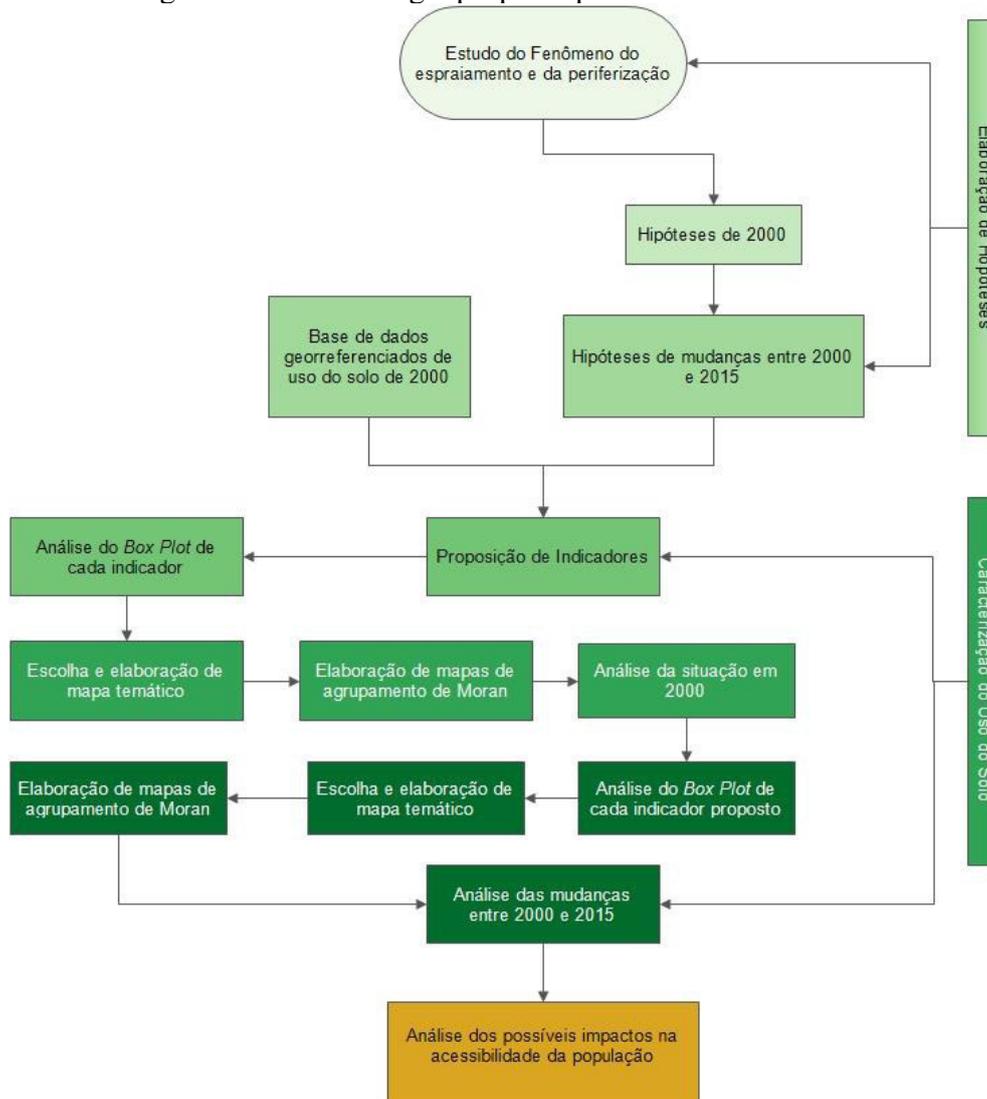


Fonte: Lima (2017).

### 3 METODOLOGIA

Fundamentando-se na proposta metodológica de Soares e Lima (2017), esse trabalho pretende compreender a problemática urbana estratégica de Fortaleza com base na configuração do uso do solo em Fortaleza em 2000 e nas mudanças ocorridas entre 2000 e 2015. Para isso, propõe-se as seguintes etapas: obtenção de uma base georreferenciada de uso do solo para 2000, elaboração de hipóteses para 2000 e para as mudanças que ocorreram entre 2000 e 2015, proposição de indicadores, caracterização do uso do solo. A metodologia proposta para este trabalho está representada na Figura 10.

Figura 10 - Metodologia proposta para este trabalho



Fonte: elaborado pelo autor.

### **3.1 Obtenção de uma Base de Dados de Uso do Solo para 2000**

Para atingir os objetivos propostos, foi necessário obter-se uma base de dados de áreas por tipo de uso para o ano 2000, uma vez que esses dados não estão disponíveis para 2000. Para facilitar esse trabalho, foi utilizada a base de dados de uso do solo disponível referente a 2015, e os acréscimos e decréscimos por tipo de uso por zona, para então obter a base de dados georreferenciada de 2000. Sendo assim, essa etapa começou com o mapeamento dos acréscimos e decréscimos de 3 tipos de uso do solo considerados: residencial de baixo índice, residencial de alto índice e não residencial.

O uso residencial de baixo índice de aproveitamento caracteriza-se por domicílios do tipo unifamiliar. São classificados nesse tipo de uso, casas do tipo unifamiliar, conjuntos de casas, casas conjugadas e condomínios de casas, bem como alguns conjuntos de moradias populares. A classificação de uso do tipo residencial de alto índice de aproveitamento agrega desde pequenos edifícios com poucos andares até edifícios altos de mais de 20 andares. O uso não residencial é toda área construída que não seja para fins de residência, à exceção de praças e parques.

Esse mapeamento foi feito com o auxílio dos softwares *Qgis* e *Google Earth* através da construção de polígonos de acréscimos e decréscimos no uso do solo por tipo de uso considerado no período analisado. Isso foi feito a partir de imagens georreferenciadas das zonas analisadas referentes aos anos de 2000 e 2015. A partir disso, foi obtida uma base de dados referente às áreas de cada um desses tipos de uso considerados em cada zona de tráfego. Isso foi feito através dos resultados dos acréscimos e decréscimos de áreas dos tipos considerados e da base de dados existente referente a 2015.

### **3.2 Elaboração de Hipóteses**

Em paralelo a isso, foi realizada a fase de elaboração das hipóteses que embasaram esse estudo. Essas hipóteses dizem respeito ao adensamento urbano, e a distribuição espacial de domicílios por grupo social, as oportunidades de emprego disponíveis para esses grupos e a diversidade de uso. Nessa etapa, a revisão bibliográfica feita sobre o fenômeno do espraiamento urbano em Fortaleza em 2015 foi analisada, e a partir disso realizou-se uma análise empírica sobre como era a cidade e o que supostamente mudou. Nesse sentido, as hipóteses foram subdivididas em dois grupos: hipóteses referentes a 2000 e hipóteses referentes às mudanças

entre 2000 e 2015. Essas hipóteses, resultado da etapa de identificação de problemas, embasaram a etapa de caracterização da problemática.

### **3.3 Caracterização do Uso do Solo**

Em seguida, foi realizada a caracterização da problemática do espraiamento urbano em Fortaleza, que se dividiu em 2 etapas: a análise da situação em 2000 e a análise das mudanças no uso do solo no período do estudo. Ambas as etapas, se basearam na contextualização e nas hipóteses elaboradas anteriormente de maneira que os indicadores para a caracterização do uso do solo em 2000 se fundamentaram nas hipóteses referentes ao ano 2000, enquanto os indicadores para análise de mudanças foram baseados nas hipóteses referentes às mudanças. Essa fase do estudo começou com a proposição de indicadores para então partir para o cálculo das medidas propostas e para a análise de fato. Nessa fase, para encontrar medidas que representassem a problemática que se pretende estudar, foram utilizadas as medidas propostas por Lima (2017).

Nesse sentido, os indicadores utilizados nesse trabalho se classificarão em dois grupos, medidas de desempenho e medidas de impacto. Medidas de desempenho e medidas de impacto são conceitos que advém da modelagem integrada de transportes e uso do solo e foram adotados por Lima (2017) para caracterizar a problemática urbana em Fortaleza em 2015. As medidas de desempenho buscam mensurar a performance de um subsistema urbano específico, baseando-se nas relações internas de oferta e demanda. As medidas de impacto visam representar a influência de um subsistema nos demais. Para as medidas de desempenho e de impacto, serão adotados os mesmos indicadores propostos por Lima (2017).

Uma vez propostos os indicadores, foram coletados dados demográficos relativos à domicílios por classe de renda e empregos por setor produtivo em 2000. Os dados referentes aos domicílios por classe de renda foram coletados dos censos do IBGE de 2000 enquanto os dados de empregos foram coletados do site do ministério do emprego e trabalho. Esses dados foram agregados no nível de zona de tráfego e em seguida os indicadores adotados nesse trabalho foram calculados. Os dados referentes a 2015 foram disponibilizados através da base de dados de uso do solo do grupo de pesquisa de modelagem integrada de transportes e uso do solo. Para as medidas de desempenho que precisarem de parâmetros do modelo integrado de Transportes e Uso do Solo TRANUS, foram adotadas as recomendações de Sousa (2016). Por fim, os indicadores serão calculados para que seja feita a análise de caracterização do uso do solo pertinente a esse trabalho.

Em seguida, foi feita a caracterização das mudanças ocorridas entre 2000 e 2015 que consistiu em uma investigação comparativa entre a situação em 2000 e a situação em 2015. Portanto, os mesmos indicadores que foram utilizados para a análise da situação no ano 2000 foram utilizados para a caracterização das mudanças entre 2000 e 2015.

Posteriormente, foi realizado uma análise descritiva para cada indicador para verificar o comportamento estatístico de cada um e então decidir qual mapa temático adotar e como categorizar os dados. Além disso, foi utilizado o ferramental de análise exploratória em áreas através do software GeoDA para analisar evidências estatisticamente significantes que corroborem ou não com as hipóteses estabelecidas.

A análise exploratória em áreas que será utilizada nesse trabalho utiliza técnicas de estatística espacial. Essa técnica correlaciona espacialmente as zonas da cidade conforme uma determinada variável, ajudando na compreensão de um fenômeno. O índice de correlação espacial é o índice de Moran que indica o quanto os vizinhos influenciam uns aos outros. Os mapas de agrupamento de Moran ou *Lisa Cluster Maps* mapeiam os agrupamentos em uma determinada localidade. Esses agrupamentos podem ser *Low Low* (baixo, baixo), *High High* (alto, alto), *Low High* (baixo alto) e *High Low* (Alto Baixo). As zonas *Low Low* são zonas cujo o valor da variável é baixo e o das zonas vizinhas são igualmente baixos. As zonas em *High High*, são as que apresentam valores altos com valores também altos nas redondezas. Já as zonas *Low High* são zonas com valores baixos e cujos vizinhos possuem valores elevados. As zonas *High Low* são zonas com valores elevados e cujos vizinhos apresentam valores baixos. As zonas *High High* são vermelhas no mapa de agrupamento de Moran.

e as *Low Low* são azuis, como mostra a Figura 11 abaixo.

Figura 11: Representação de cores de estatística espacial



Fonte: elaborado pelo autor.

A análise exploratória consistiu em elaborar matrizes de mapas de agrupamento de Moran também chamados. Antes disso, foi feito e analisado a matriz de vizinhança que retrata a auto correlação espacial de uma variável, mostrando o índice de Moran entre duas zonas

quaisquer. Essa matriz junto com as características morfológicas das zonas e de suas vizinhanças serão estudadas para verificar quais zonas terão maiores chances de formar *clusters* ou agrupamentos com as vizinhas. Em seguida, as hipóteses serão analisadas e será decidido se elas serão validadas ou não com base nos mapas de agrupamento elaborados para cada indicador adotado.

Tendo sido feito essa análise de caracterização do uso do solo foi feita uma investigação sobre os possíveis impactos das mudanças no uso do solo entre 2000 e 2015 em Fortaleza, partindo dos indicadores de acessibilidade em Fortaleza em 2015, que foram propostos, calculados e analisados em trabalhos anteriores.

Por último, será feito uma análise dos possíveis impactos dessas mudanças ocorridas no uso do solo na acessibilidade da população, partindo da configuração espacial do indicador de acessibilidade potencial feito em trabalhos anteriores para 2015.

### 3.4 Análise dos Possíveis Impactos na Acessibilidade

Essa etapa buscou utilizar os resultados obtidos de trabalhos anteriores relativos à acessibilidade da população de baixa renda e da população de alta renda em Fortaleza em 2015 para analisar possíveis impactos que venham ter tido as mudanças investigadas nesse estudo. Para isso, utilizou-se da mesma técnica de análise exploratória em área com o indicador de acessibilidade potencial calculado por Lima (2017), para investigar os possíveis impactos que essas mudanças tiveram na acessibilidade de cada grupo social analisado. Lima (2017), adotou o tempo de viagem por modo motorizado coletivo nesse indicador para a população de baixa renda, enquanto que para a população de renda mais alta foi adotado o tempo de viagem por modo motorizado individual. A formulação do indicador de acessibilidade potencial é representada nas equações 1 e 2, dispostas abaixo.

$$A_{AR_i} = \frac{\sum_j (T_{ij}^{MI} \times (Emp_j^{AR15}))}{\sum_j (Emp_i^{AR15})} \quad (1)$$

$$A_{BR_i} = \frac{\sum_j (T_{ij}^{MC} \times (Emp_j^{BR15}))}{\sum_j (Emp_i^{BR15})} \quad (2)$$

Na acessibilidade potencial para a população de alta renda,  $T_{ij}^{MI}$  é o tempo de viagem por modo motorizado individual entre uma determinada zona  $i$  e outra zona  $j$ ,  $Emp_j^{AR_{15}}$  são as oportunidades de emprego disponíveis para a população de alta renda na zona  $j$  e  $Emp_i^{AR_{15}}$  são as oportunidades de emprego disponíveis para esse segmento social na zona  $i$ . Já na acessibilidade para a baixa renda,  $T_{ij}^{MC}$  é o tempo de viagem entre uma zona  $i$  e uma determinada zona  $j$  por transporte motorizado coletivo,  $Emp_j^{BR_{15}}$  são as oportunidades de trabalho para baixa renda na zona  $j$  e  $Emp_i^{BR_{15}}$  são as oportunidades disponíveis para a população de renda mais baixa na zona  $i$ .

Quanto menor for os valores desse indicador, melhor é a acessibilidade da população aos postos de trabalho, uma vez que menor é o tempo ou maior é a quantidade de oportunidades de trabalho na zona de origem. Já quanto maiores os valores desse indicador, pior é a acessibilidade, pois ou o tempo de viagem é maior, ou as oportunidades de emprego nas zonas de origem são menores.

Os dados de tempos de viagem para 2015 por modo de transportes advém do modelo integrado TRANUS que já havia sido calibrado para o referido ano. No entanto, o modelo de transportes do TRANUS ainda não foi calibrado para o ano de 2000 o que limita a análise desse trabalho à apenas impactos potenciais, uma vez que ainda não é possível investigar a acessibilidade para o ano 2000 através da modelagem integrada.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Definição do Zoneamento

Para esse estudo, a cidade foi agregada em 241 zonas de tráfego. Essa agregação foi adotada por Lima (2017) para caracterizar a problemática do espraiamento urbano no ano de 2015. Esse zoneamento está ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Zoneamento adotado.

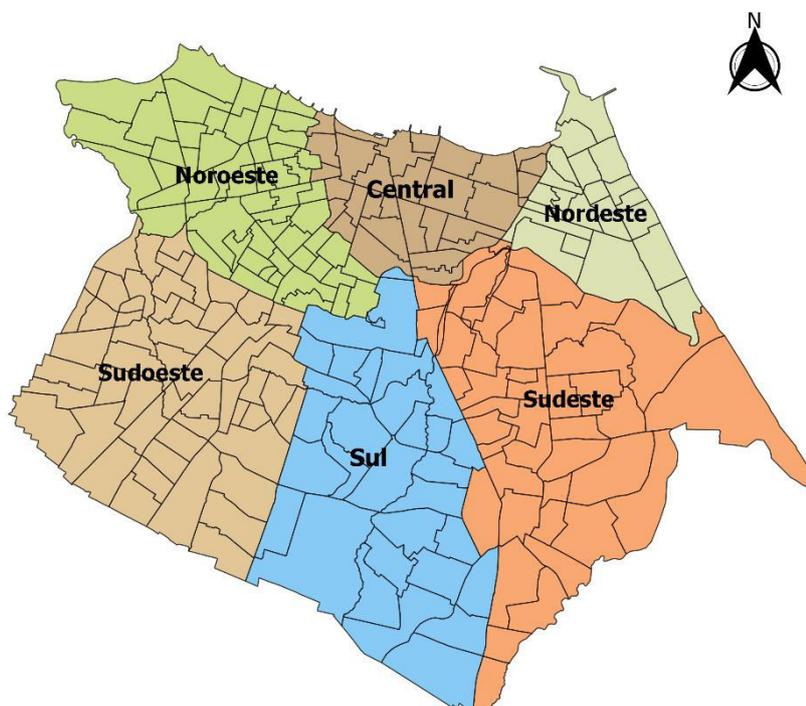


Fonte: adaptado de Lima (2017).

Quanto à geometria das zonas do zoneamento adotado nesse trabalho, observa-se que as zonas mais ao sul e a sudoeste da cidade são maiores que as demais, possuindo um número consideravelmente maior de vizinhos. Portanto, na análise de agrupamento de Moran essas zonas tenderão a terem maior correlação espacial e a formarem *clusters*.

Além disso, adotou-se a agregação de macrozonas adotadas por Lima (2017), na elaboração de hipóteses e análise de caracterização referente ao ano 2000 e ao período entre 2000 e 2015. Isso está representado na Figura 13.

Figura 13 - Macrozonas Adotadas



Fonte: Adaptado de Lima (2017).

A região central compreende o centro da cidade e o entorno, incluindo também bairros como o Bairro de Fátima, Benfica, Aldeota, Meireles, Dionísio Torres, Joaquim Távora, São João do Tauape, Mucuripe e Varjota.

As zonas da região sudeste compreendem os bairros a leste da cidade que se localizam mais ao sul, abrangendo uma extensão que vai do bairro Edson Queiroz até a divisa com outros municípios, como Eusébio e Aquiraz em bairros, como Lagoa Redonda e Sapiranga. As zonas da região Sul incluem os bairros localizados no eixo central da cidade mais ao sul, incluindo bairros, como Aeroporto, José Walter, Passaré, Jangurussu, Conjunto Palmeiras e Mata Galinha. Essa macrozona cobre a região desses bairros até a divisa com municípios da região metropolitana como, Itaitinga e Maracanaú. A região Sudoeste abrangem bairros desde a Parangaba até a divisa dos municípios de Caucaia e Maracanaú, incluindo bairros como Henrique Jorge, Genibaú e Mondubim.

A região Noroeste inclui desde os bairros do litoral norte de Fortaleza, como Barra do Ceará, até bairros um pouco mais ao sul, como o Montese, incluindo também bairros como São Gerardo, Parquelândia e Monte Castelo. A Região Nordeste abrange os bairros do litoral leste da cidade como Praia do Futuro e Vicente Pinzon, além de incluir bairros como o Cocó e Cidade 2000.

## 4.2 Hipóteses de Estudo

As hipóteses adotadas referentes à configuração do uso do solo em Fortaleza em 2000 foram as seguintes:

- a) A população de alta renda concentrava-se nas regiões centrais;
- b) A população de baixa renda concentrava-se nas periferias da cidade;
- c) As oportunidades de emprego tanto para a população de renda mais baixa como para a população de renda mais alta concentravam-se na região central;
- d) A população de baixa renda residia longe de onde se concentravam as oportunidades de trabalho;
- e) A funcionalidade do uso do solo na região central era adequada para a população de alta renda do ponto de vista de acesso a empregos;
- f) A funcionalidade do uso do solo das regiões periféricas era desfavorável à população de renda mais baixa do ponto de vista de acesso a empregos;

Essas hipóteses buscaram representar a problemática do uso do solo em Fortaleza no ano 2000. Classificando essa problemática de acordo com a tipologia de problemas de Garcia (2018), tem-se que em Fortaleza no ano 2000 havia problema do tipo 2, uma vez que a população de renda mais alta ao residir nas regiões centrais próximo de onde eram concentradas as oportunidades de trabalho tinha uma melhor acessibilidade a essas oportunidades que a população de baixa renda que residia longe das oportunidades de emprego. A distribuição espacial desses grupos sociais também evidencia uma problemática do tipo 1, uma vez que esses grupos sociais se concentravam em regiões distantes uma das outras, sendo que em uma delas havia uma maior concentração de oportunidades de emprego, contribuindo assim com a acessibilidade das pessoas que residissem próximo.

As hipóteses adotadas para as mudanças no uso do solo entre 2000 e 2015 foram as seguintes:

- a) Houve um aumento de residentes de alta renda na região sudeste de Fortaleza;
- b) Ocorreu um aumento de moradores de baixa renda na região sudoeste da cidade;
- c) As oportunidades de emprego permaneceram concentradas na região central;
- d) O uso do solo nas regiões sudeste e sudoeste permaneceu predominantemente monofuncional, concentrando o uso do tipo residencial unifamiliar;
- e) A cidade expandiu-se para as regiões sudeste e sudoeste;
- f) A cidade verticalizou-se na região central;

Essas hipóteses de mudança buscaram representar a evolução da problemática proposta para o ano 2000 em Fortaleza. Portanto, algumas hipóteses de mudanças como o espraiamento em direção às regiões sudeste e sudoeste podem ser categorizadas como problemas do tipo 4 segundo a tipologia proposta por Garcia (2018).

### 4.3 Proposição de Indicadores

Com base nessas hipóteses, adotou-se indicadores, seguindo a tipologia de indicadores apresentada na proposta metodológica: medidas de desempenho e medidas de impacto. Buscou-se adotar indicadores que fossem capazes de representar cada hipótese elaborada para que fosse possível validá-las ou refutá-las com base nos resultados. Como as hipóteses de mudança são referentes às alterações na situação do ano 2000, adotou-se os mesmos indicadores utilizados na análise de caracterização do ano 2000 para a análise comparativa da situação entre os anos 2000 e 2015. Os indicadores adotados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Indicadores adotados

Tipo de Indicador	Indicadores	Descrição	Aplicação	O que será analisado
Medidas de Desempenho do Uso do Solo	Nº de Domicílios de Alta Renda	Número de domicílios de alta renda	Análise das mudanças e do ano 2000	Distribuição espacial da população de alta renda
	Nº de Domicílios de Baixa Renda	Número de domicílios de baixa renda	Análise das mudanças e do ano 2000	Distribuição espacial da população de baixa renda
	Emprego para Alta Renda	Número de oportunidades de emprego para a população de alta renda	Análise das mudanças e do ano 2000	Distribuição espacial de empregos para a população de alta renda
	Emprego para Baixa Renda	Número de oportunidades de emprego para a população de baixa renda	Análise das mudanças e do ano 2000	Distribuição espacial de empregos para a população de baixa renda
	$\Delta$ RBI	Diferença entre as áreas do tipo residencial de baixo índice (RBI) entre um ano e outro	Análise das Mudanças	Caráter residencial unifamiliar da expansão territorial em direção às regiões SO e SE
	Delta % Ac	Diferença no percentual de área construída entre 2000 e 2015	Análise das Mudanças	Expansão territorial em direção às regiões SO e SE.
Medidas de Impacto do Uso do Solo	Mix de Uso para a População de Baixa Renda	Razão oportunidades de emprego por domicílio de baixa renda	Análise das mudanças e do ano 2000	Monofuncionalidade do uso do solo para a baixa renda
	Mix de Uso para a População de Alta Renda	Razão oportunidades de emprego por domicílio de alta renda	Análise das mudanças e do ano 2000	Monofuncionalidade do uso do solo para a baixa renda
Medidas de Desempenho dos Transportes	Acessibilidade Potencial	Ponderação dos tempos de viagens pelas oportunidades de emprego nas zonas	Análise Uso do Solo - Transportes	Potenciais impactos do uso do solo nos transportes

Fonte: elaborado pelo autor.

Como explicado na metodologia, os indicadores foram classificados em medidas de desempenho e medidas de impacto. Os indicadores classificados como medidas de desempenho buscaram representar a distribuição espacial dos grupos sociais e das suas respectivas oportunidades de emprego, além da distribuição de áreas totais construídas e das áreas construídas por tipo de uso do solo por zona. As medidas de impacto buscaram refletir a acessibilidade às oportunidades de emprego desses grupos sociais.

Os indicadores propostos se subdividem em grupos conforme as hipóteses que os fundamentaram. Há medidas que foram pensadas, baseando-se nas hipóteses do uso do solo em 2000 e mudanças no uso do solo entre 2000 e 2015, e há indicadores que foram baseados apenas nas hipóteses de mudanças. As medidas que se basearam nos dois grupos de hipóteses foram pensadas para caracterizar primeiro a situação em 2000 para então poder caracterizar as mudanças, sendo possível realizar uma análise comparativa entre as duas situações, de 2000 e de 2015. Já os indicadores que se fundamentaram apenas nas hipóteses de mudança, foram cogitados para caracterizar o espraiamento urbano, evidenciando as zonas que apresentaram acréscimos significativos de uso do tipo residencial de baixo índice.

Nesse sentido, para as medidas de desempenho propôs-se: o número de domicílios de alta renda, o número de domicílios de baixa renda, oportunidades de emprego para a baixa renda, oportunidades de emprego para a alta renda, densidade domiciliar líquida, a variação entre 2000 e 2015 das áreas construídas totais e de solo do tipo residencial de baixo índice.

O número de domicílios de alta renda foi utilizado para investigar a hipótese de que houve um aumento no número de residentes de alta renda na região sudeste da cidade, já o número de domicílios de baixa renda foi adotado para verificar a hipótese de que houve um aumento na população de baixa renda na zona sudoeste da cidade.

O número de oportunidades de emprego para cada grupo social foi obtido por meio dos coeficientes intersetoriais, resultados da modelagem de atividades do modelo TRANUS, e dos dados de emprego fornecidos pelo ministério do emprego e trabalho. Esse indicador analisado nesse trabalho foi utilizado para verificar as hipóteses relativas a onde se concentravam as vagas de emprego disponíveis para cada grupo social. A formulação desses indicadores se apresenta nas equações 3 e 4. Essas equações são válidas tanto para 2000 como para 2015.

$$Emp_{ARi} = \sum_i [Emp_i^n \times a^{AR-n}] \quad (3)$$

$$Emp_{BRi} = \sum_i [Emp_i^n \times a^{BR-n}] \quad (4)$$

Nas equações 1 e 2,  $Emp_{ARi}$  é o número de oportunidades de trabalho para a população de alta renda em uma determinada zona  $i$ ,  $Emp_i^n$  é o total de oportunidades de emprego do tipo  $n$  na zona  $i$ ,  $a^{AR-n}$  é o coeficiente intersetorial de consumo de domicílios de AR por empregos do tipo  $n$ ,  $Emp_{BRi}$  é o número de oportunidades de emprego para a população de baixa renda na zona  $i$  e  $a^{BR-n}$  é o coeficiente intersetorial de consumo de domicílios de baixa renda por empregos do tipo  $n$ .

As variações observadas nas áreas construídas foram utilizadas para mapear as regiões para onde a cidade espraiou-se, indicando para que região a cidade se espraiou, enquanto as variações nas áreas construídas do tipo residencial de baixo índice foram usadas para mapear onde houveram acréscimos significativos do tipo de uso característico do espraiamento urbano, o uso do tipo domiciliar unifamiliar, como apresentado na contextualização. Esses indicadores foram utilizados para mapear o espraiamento urbano em Fortaleza, tendo sido os únicos do grupo de medidas de desempenho baseados apenas nas hipóteses de mudança. Esses indicadores foram utilizados apenas para a análise de mudanças e a suas respectivas formulações estão dispostas nas equações 5 e 6.

$$\Delta RBI = (\text{Área RBI } i \text{ 15} - \text{Área RBI } i \text{ 00}) \quad (5)$$

$$\Delta \% Ac = \left\{ \frac{Atc \text{ } i \text{ 15} - Atc \text{ } i \text{ 00}}{Azona \text{ } i} \right\} \times 100 \quad (6)$$

A equação 1 expressa a fórmula do indicador de Delta RBI. Nessa fórmula Área RBI  $j$  15 é a área construída de uso do tipo Residencial de Baixo Índice (RBI) em 2015 em uma determinada zona  $i$  e Área RBI  $i$  00 é a área construída de uso do tipo Residencial de Baixo Índice em 2000 em uma determinada zona  $i$ . Já a equação 2 expressa a fórmula do indicador de Delta % Ac que é a variação no percentual de área construída por zona. Nessa fórmula, Atc  $i$  15 é a área total construída em 2015 em uma zona  $i$ , Atc  $i$  00 é a área total construída em uma zona  $i$  em 2000 e Azona  $i$  é a área total da zona  $i$ .

A diversidade de uso em uma zona é um dos principais fatores de impacto do uso do solo no comportamento de viagens da população, uma vez que usos pouco diversificados tendem a gerar viagens mais onerosas ao usuário (VAN WEE, 2009). Portanto, espera-se que nas regiões da cidade cujos usos sejam mais diversificados, haja uma maior acessibilidade às oportunidades de emprego e demais atividades. Sendo assim, esse trabalho trás como medida

de impacto do uso do solo o indicador de Mix de uso utilizado por Lima (2017) com o mesmo propósito. O Mix de uso que consiste na relação oportunidades de emprego por pessoas para cada grupo social os quais concentra-se esse trabalho, baixa e alta renda, de uma zona da cidade. As formulações do mix de uso para a população de baixa renda e para a população de alta renda tanto para 2000, como para 2015 estão dispostas nas equações 7 e 8.

$$Mix_{ARi} = \frac{Emp_{ARi}}{Dom_{ARi}} \quad (7)$$

$$Mix_{BRi} = \frac{Emp_{BRi}}{Dom_{BRi}} \quad (8)$$

Na equação 3,  $Emp_{ARi}$  é o número de oportunidades de emprego disponíveis para a população de alta renda em uma determinada zona  $i$ ,  $Dom_{ARi}$  é o número de domicílios de alta renda em uma determinada zona  $i$ . Na equação 4,  $Emp_{BRi}$  é o número de oportunidades de emprego disponíveis para a população de baixa renda em uma determinada zona  $i$ ,  $Dom_{BRi}$  é o número de domicílios de baixa renda na zona  $i$ .

As variáveis dos indicadores propostos referentes à 2000 e à análise de mudanças entre 2000 e 2015, suas formas de obtenção e por onde foram obtidos apresenta-se na tabela 2. Os dados de domicílios por classe de renda foram obtidos por meio do censo de 2000 e da projeção dos dados do censo de 2010 para 2015. Os dados de empregos para 2000 e 2015 foram obtidos por meio da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Os dados para calibrar o modelo de atividades do TRANUS para 2000 e obter os coeficientes intersetoriais de consumo de domicílios por classe de renda por empregos por setor produtivo,  $a^{AR_n}$  e  $a^{BR_n}$ , foram obtidos por meio da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) referente à RMF em 2003, assumindo que 2003 seja representativo o suficiente para 2000. Esse modelo já havia sido calibrado para 2015, sendo esses parâmetros já disponíveis para esse cenário.

Os tempos médios de viagem por modo individual motorizado e por transporte coletivo em 2015 para cada uma das zonas de tráfego,  $T^{ML_{15}}$  e  $T^{MC_{15}}$  respectivamente, foram obtidos através da modelagem integrada de Transportes e Uso do Solo da plataforma computacional TRANUS. A formulação matemática desse indicador é apresentada nas equações 1 e 2 na metodologia.

Tabela 3 - Forma de obtenção das variáveis de cada indicador

Indicadores	Variáveis	Obtenção	Fonte
Nº Domicílios de Alta Renda	Dom_AR	Coletado	Censo 2000 e projeção do censo 2010- IBGE
Nº Domicílios de Baixa Renda	Dom_BR	Coletado	Censo 2000 e projeção do censo 2010- IBGE
Empregos para Alta Renda	$a^{AR_n}$	Modelado	TRANUS
	$Emp_i^n$	Coletado	RAIS
Empregos para Baixa Renda	$a^{BR_n}$	Modelado	TRANUS
	$Emp_i^n$	Coletado	RAIS
Mix de Uso para a população de Alta renda	$Emp_{ARi}$	Modelado	TRANUS
	Dom_AR	Coletado	Censo 2000 e projeção do censo 2010- IBGE
Mix de Uso para a população de Baixa renda	$Emp_{BRi}$	Modelado	TRANUS
	Dom_BR	Coletado	Censo 2000 e Projeção do censo 2010- IBGE
Acessibilidade Potencial Alta Renda em 2015	$T^{MI}_{15}$	Modelado	TRANUS
	$Emp_{ARi}_{15}$	Modelado	TRANUS
Acessibilidade Potencial Baixa renda em 2015	$T^{MC}_{15}$	Modelado	TRANUS
	$Emp_{BRi}_{15}$	Modelado	TRANUS
Delta % Ac	Atc i 00	Estimado	Base de dados georreferenciada de áreas construídas por tipo de uso do solo por tipo de uso
	Atc i 15	Estimado	
	Azona i	Coletado	
Delta RBI	Área RBI i 00	Estimado	
	Área RBI i 15	Estimado	

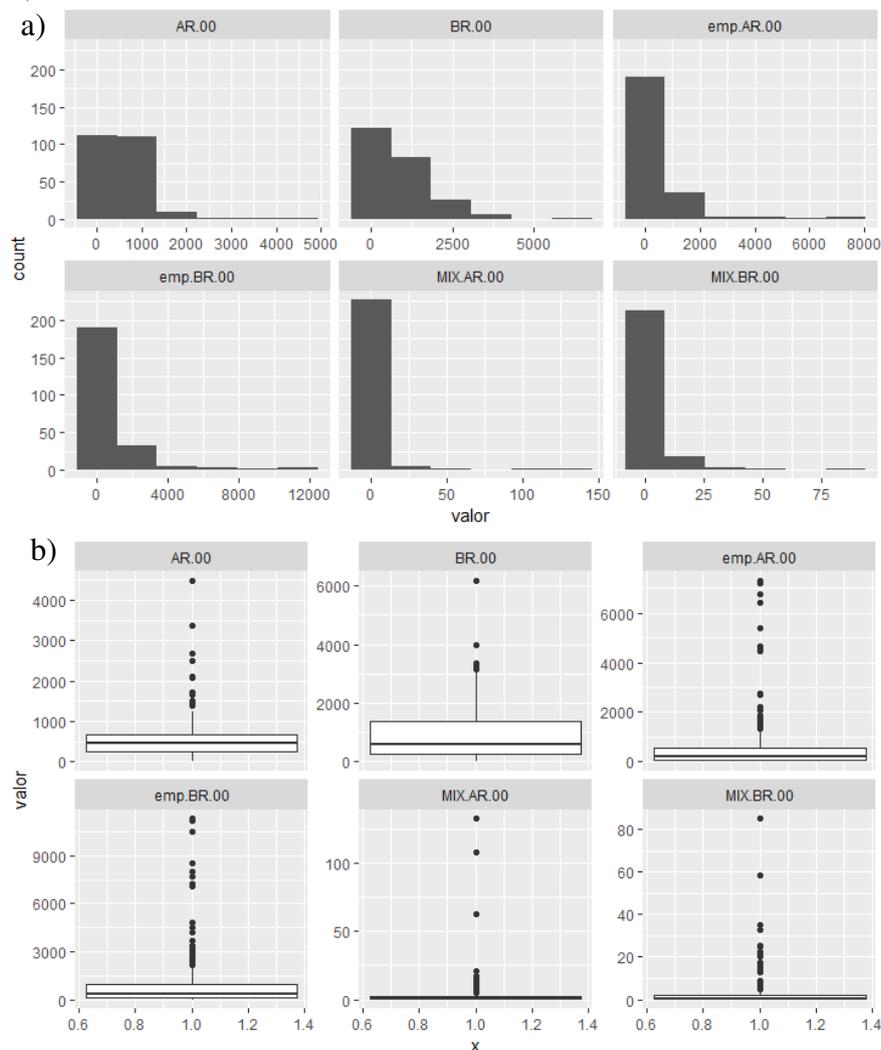
Fonte: elaborado pelo autor.

## 4.4 Caracterização do Uso do Solo

### 4.4.1 Caracterização do Uso do Solo em 2000

O comportamento estatístico dos indicadores adotados para caracterizar a configuração do uso do solo em Fortaleza em 2000, se assemelha muito com a distribuição de probabilidades exponencial, como pode ser observado na Figura 14 que apresenta o histograma e o *Box Plot* dos indicadores referentes à análise de 2000.

Figura 14: Análise descritiva dos indicadores referente a 2000 – a) Histograma, b) *Box Plot*



Fonte: Elaborados pelo Autor.

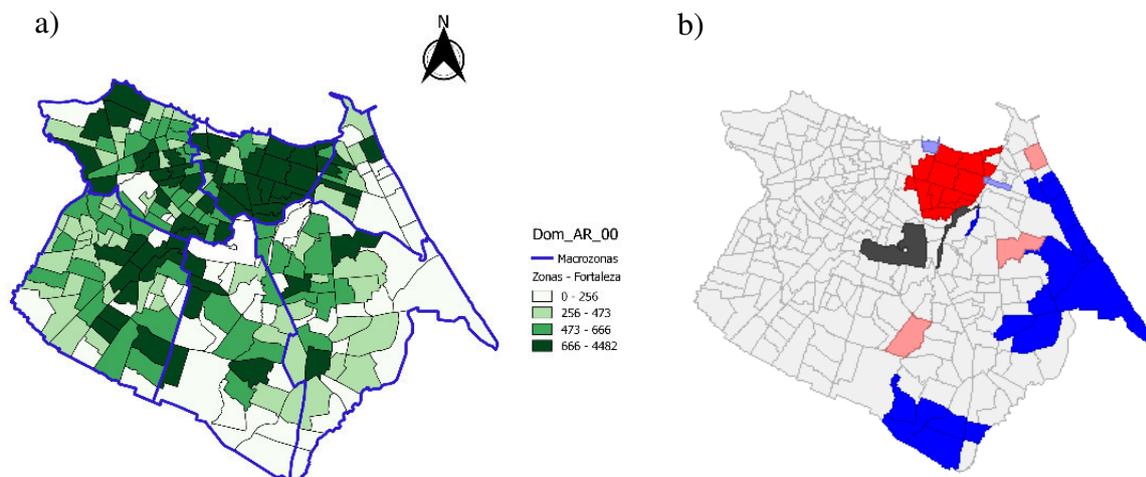
Esse padrão torna mais difícil a escolha do mapa temático para analisar os dados dessas variáveis. O mapa com categorias de intervalos iguais apresentará muitas observações nos intervalos mais baixos, enquanto os maiores intervalos terão um número bem menor de observações.

Já no mapa de quantis, os maiores intervalos serão bem maiores que os demais, indicando o caráter exponencial da variável, no entanto, cada intervalo terá uma quantidade igual de observações. Esse trabalho procura captar padrões espaciais, identificando onde se concentram os domicílios de cada segmento social e suas respectivas oportunidades de trabalho. Nesse sentido, optou-se pelo mapa de quantis para atingir esse propósito.

### *Distribuição Espacial População de Alta Renda*

O mapa de quantis e o *Lisa Cluster Map* do indicador domicílios de alta renda referentes à investigação da hipótese de que a população de alta renda se concentrava na região central em 2000 estão dispostos na Figura 15a e na Figura 15b.

Figura 15 - a) Mapa de Quantis b) *Lisa Cluster Map* – Domicílios de Alta Renda



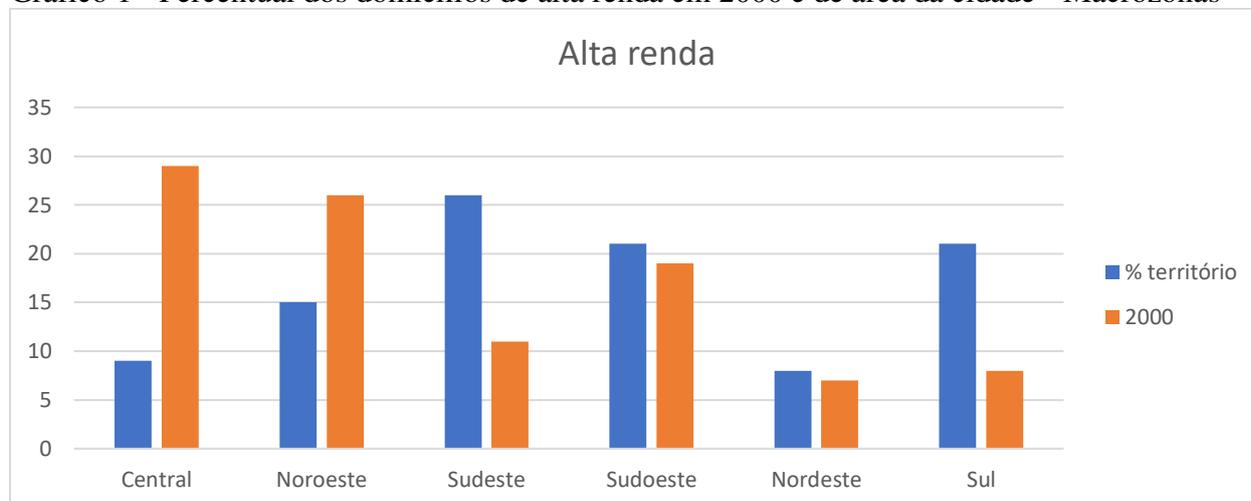
Fonte: elaborados pelo autor.

A configuração do mapa de quantis na Figura 14a mostra que, apesar de estar concentrada também em outras regiões como a Noroeste e parte da Sudoeste, em bairros como Monte Castelo, Montese, Parqueândia, São Gerardo e Maraponga, o número de domicílios de alta renda que a maioria das zonas da região Central possuíam nesse período se apresenta no grupo de percentil mais elevado do mapa de quantis.

O *Lisa Cluster Map* da Figura 14b, por sua vez, apresenta um resultado um pouco diferente com uma área em *High High* (Alto Alto) significativo somente na região central, em bairros como Aldeota e Meireles, e uma área em *Low Low* (Baixo Baixo) significativo em algumas zonas da região sudeste, indicando uma concentração desse segmento social de Fortaleza, na região central e pouca presença de domicílios desse grupo social na região Sudeste. O fato de zonas localizadas em regiões, como a Noroeste e Sudoeste, não terem aparecido em *High High* no mapa de agrupamento de Moran, apesar de terem aparecido no grupo percentil mais elevado do mapa de quantis, pode ser devido a uma questão geométrica ou espacial, uma vez que essas zonas são menores e apresentam menos vizinhos e, portanto, menores chances de apresentar correlação espacial com as vizinhanças.

Esses resultados corroboram com a hipótese de que a população de alta renda se concentrava na região central de Fortaleza no ano 2000. Além disso, foi feito um gráfico de barras com o percentual que cada macrozona considerada concentrava do total de domicílios de alta renda da cidade. Esse gráfico está representado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Percentual dos domicílios de alta renda em 2000 e de área da cidade - Macrozonas



Fonte: elaborados pelo autor.

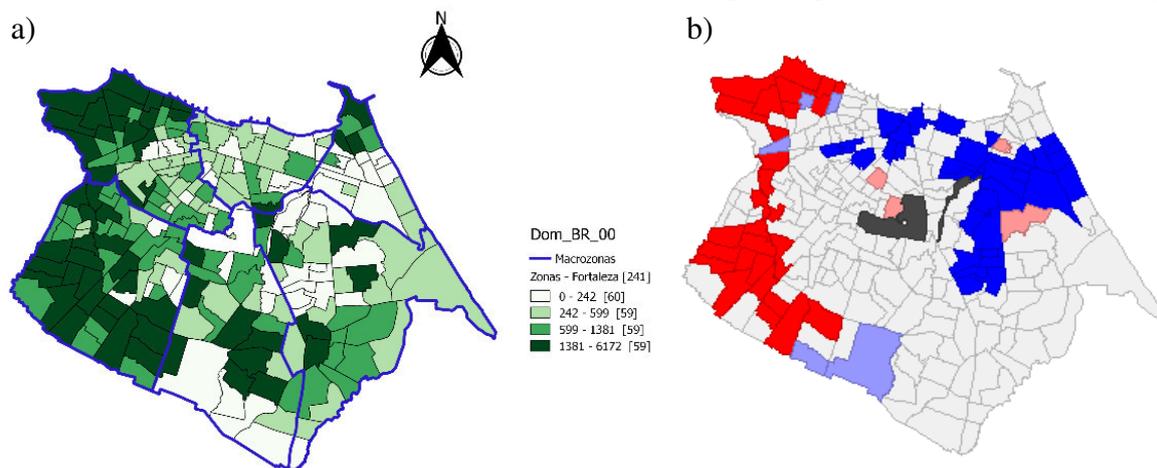
O gráfico 1 mostra que a maior parte da população de renda mais alta se concentrava na região central e noroeste da cidade que possuíam, respectivamente, em torno de 30% e 25% do total de domicílios desse grupo social da cidade. Esse resultado da região noroeste da cidade deve-se ao fato de que alguns bairros nobres tradicionais da cidade se encontram nessa região, como Parquelândia, São Gerardo, Monte Castelo e Montese que concentram e concentravam um número expressivo de habitantes desse segmento social.

Observa-se ainda que regiões que supostamente seriam foco do espraiamento por auto segregação da população de alta renda concentravam um percentual baixo do total de domicílios desse grupo social. É o caso da região sudeste que concentrava pouco mais de 10% do total de domicílios de alta renda da cidade. Portanto, os resultados apresentados no gráfico 1 e nos mapas da Figura 15 corroboram com a hipótese de que a população de alta renda se concentrava na região central da cidade em 2000.

### *Distribuição Espacial da População de Baixa Renda*

Os mapas de quantis e *Lisa Cluster Map* referentes à investigação da hipótese de que a população de baixa renda se concentrava nas regiões periféricas da cidade estão dispostos na Figura 16.

Figura 16 - Domicílios de baixa renda em 2000 - a) Mapa de quantis, b) *Lisa Cluster Map*

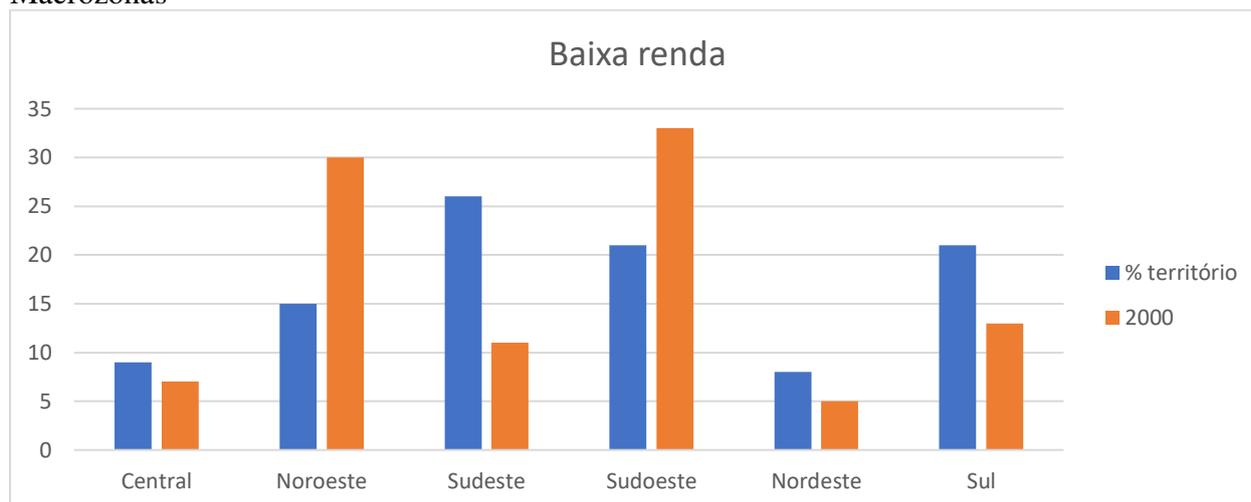


Fonte: elaborados pelo autor.

A partir do mapa de quantis, presente na Figura 15a, observa-se que havia uma maior concentração da população de baixa renda na região sudoeste e em algumas zonas da região noroeste da cidade. O *Lisa Cluster Map* da variável domicílios de baixa renda na Figura 15b confirma essa tendência, com áreas de *High High* (Alto Alto) significativas em zonas das regiões sudoeste e noroeste de Fortaleza. Além disso, no *Lisa Map* há uma área em *Low Low* (Baixo Baixo) significativo em algumas zonas da região central e da região noroeste, indicando que essas eram regiões pouco habitadas pela população de baixa renda.

Além disso, para validar as hipóteses adotadas para a distribuição espacial desse grupo social na cidade em 2000, também foi feito um gráfico com a porcentagem do total de domicílios de baixa renda que cada região da cidade concentrava. Esse gráfico está disponível no gráfico 2.

Gráfico 2 - Percentual dos domicílios de Baixa Renda em 2000 e de área da cidade - Macrozonas



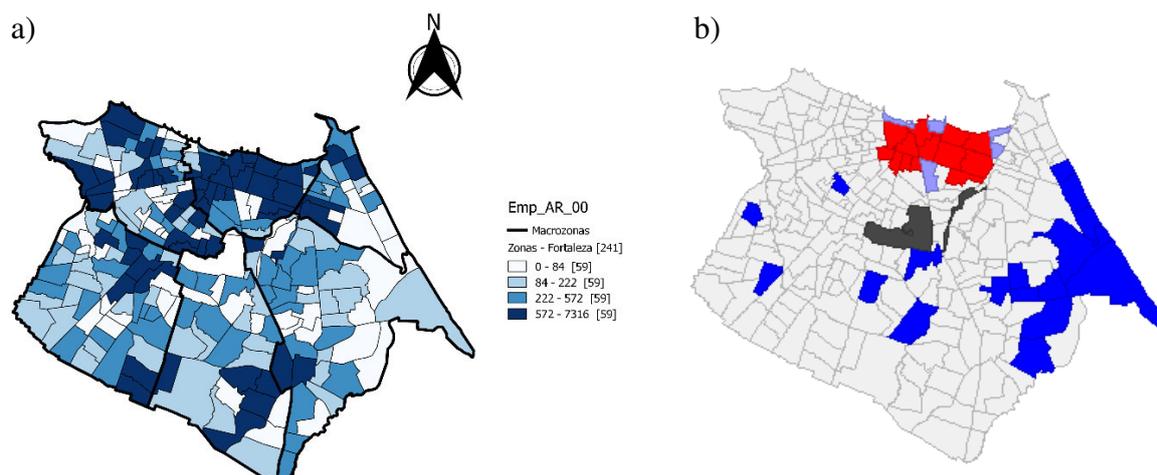
Fonte: elaborados pelo autor.

O gráfico 2 ilustra que as regiões sudoeste e noroeste eram as regiões da cidade que concentravam a maior parcela desse grupo social e que a região central e nordeste concentravam o menor percentual de domicílios de baixa renda de Fortaleza. Portanto, os resultados apresentados no gráfico 2, no mapa de quantis e no *Lisa Cluster Map* corroboram com a hipótese elaborada de que em 2000 a população de baixa renda costumava habitar longe dos centros urbanos.

#### *Distribuição Espacial das Oportunidades de Emprego para a Alta Renda*

A análise para as hipóteses relativas à distribuição espacial das oportunidades de emprego disponíveis para a população de baixa renda baseou-se em um mapa de quantis e em um *Lisa Cluster Map*. Esses mapas estão dispostos na Figura 17.

Figura 17 - Oportunidades de emprego para a alta renda - a) Mapa de quantis b) *Lisa Cluster Map*.



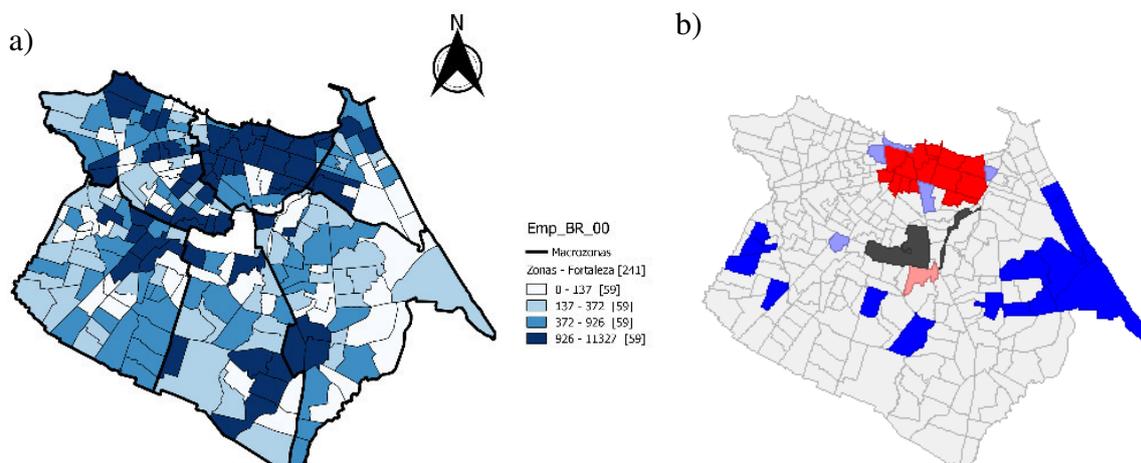
Fonte: elaborados pelo autor.

O mapa de quantis da Figura 15a mostra que as oportunidades de emprego para esse segmento da população em Fortaleza, concentravam-se na região central. O *Lisa Cluster Map* da figure 15b apresenta uma área de *High High* na região central, em bairros como Aldeota, Meireles e Centro e *Low Low* em algumas zonas da região sudeste, em bairros como Lagoa Redonda, Sapiranga Sabiaguaba e Cidade dos Funcionários, ratificando os resultados apresentados no mapa de quantis. Portanto, esses mapas corroboram com a hipótese de que as oportunidades de emprego para esse grupo social se concentravam na região central da cidade. Além disso, nota-se a partir das áreas em *Low Low* na região sudeste que havia poucas oportunidades de trabalho disponíveis para essa parcela da população em 2000.

#### *Distribuição Espacial das Oportunidades de Emprego para a Baixa Renda*

O mapa de quantis e o *Lisa Cluster Map* referentes à verificação da hipótese relativa a distribuição espacial das oportunidades de emprego para a população de baixa renda está disposto na Figura 18.

Figura 18 - Emprego para baixa renda - a) Mapa de quantis, b) *Lisa Cluster Map*.



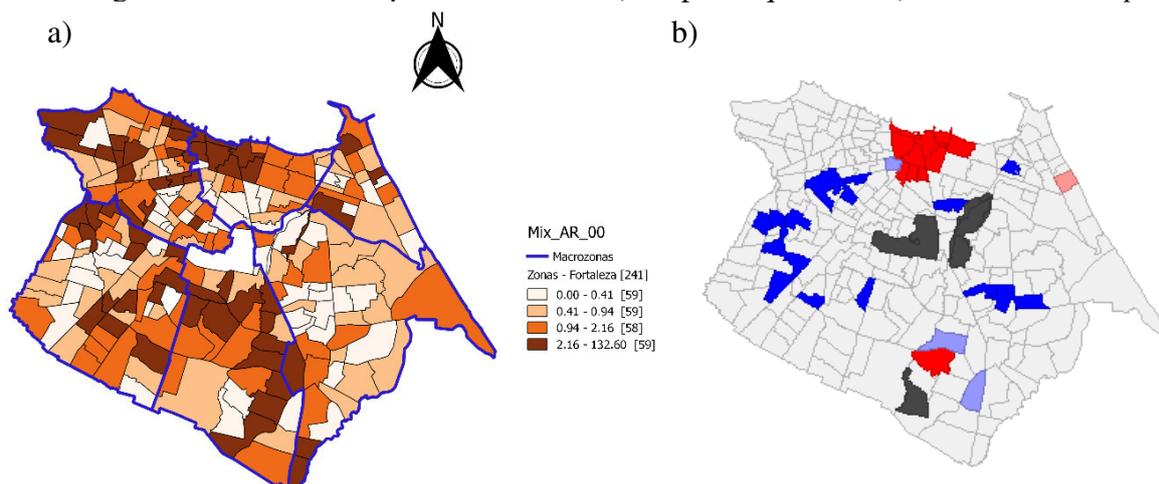
Fonte: elaborados pelo autor.

O mapa de quantis da Figura 16a mostra que da mesma forma que para as oportunidades de emprego disponíveis para a população de alta renda, as oportunidades para a segmento mais carente da sociedade se localizavam em sua maioria na região central. Uma configuração muito semelhante da encontrada referente às oportunidades de trabalho para a alta renda. O *Lisa Cluster Map* ilustra uma configuração bastante semelhante também, com uma região de *High High* na região central e uma região de *Low Low* em algumas zonas da região sudeste, em bairros como Sabiaguaba e Sapiranga. Portanto, esses mapas corroboram com a hipótese de que as oportunidades de trabalho para a população de baixa renda se concentravam na região central.

#### *Mix de Uso para Alta Renda*

O mapa de quantis e o mapa de agrupamento de Moran referentes à verificação das hipóteses de funcionalidade de uso do solo para a população de alta renda em 2000 são apresentados na Figura 19.

Figura 19 - Mix de uso para alta renda - a) Mapa de quantis e b) *Lisa Cluster Map*.



Fonte: elaborados pelo autor.

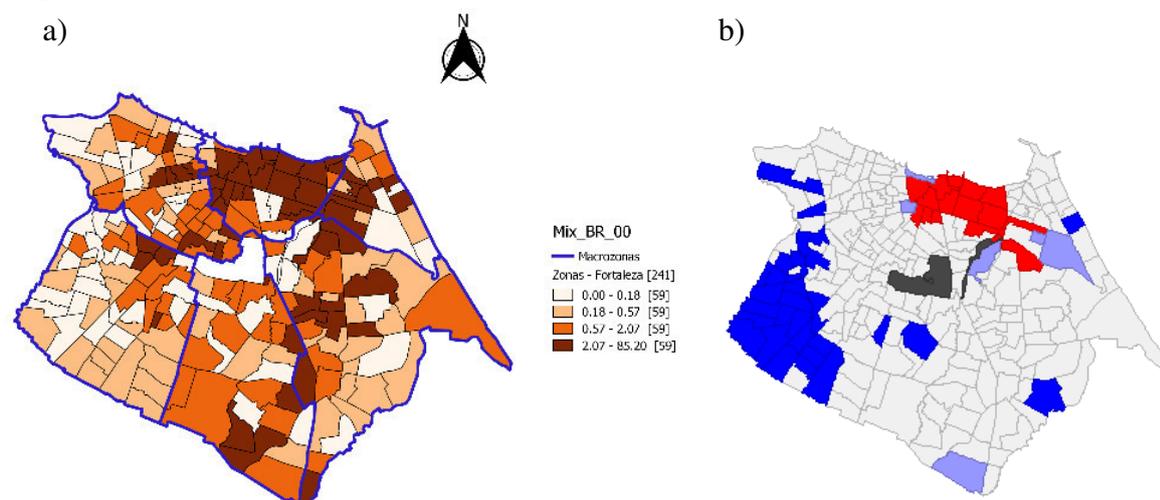
O mapa de quantis na Figura 18a não mostra um padrão específico quanto ao indicador de mix de uso para a alta renda em 2000 na cidade, com zonas presentes no grupo do percentil mais elevado espalhadas pelas regiões central, nordeste, noroeste, sudoeste e sul. Essa tendência não se confirma no mapa de agrupamento de Moran que apresenta algumas zonas em *High High* (Alto Alto) na região central, no Centro da cidade. Além disso, os valores elevados desse indicador em regiões periféricas se explicam pelos poucos domicílios de alta renda que concentram essas zonas, tornando os valores do indicador elevados nessas regiões não por que exista muitas oportunidades de emprego disponíveis para esse segmento social, mas devido ao fato de existir um número bem menor de domicílios de alta renda nessas zonas.

A partir disso, é possível validar a hipótese de que do ponto vista do acesso às oportunidades de emprego, a funcionalidade do uso do solo da região central era adequada à população de renda mais alta em 2000.

### *Mix de Uso para Baixa Renda*

A análise de investigação das hipóteses referentes à monofuncionalidade de uso do solo para a população de renda mais baixa fundamentou-se em um mapa de quantis e um *Lisa Cluster Map* para a variável mix de uso para a baixa renda. Esses mapas estão dispostos na Figura 20.

Figura 20 - Mix de uso para baixa renda em 2000 - a) Mapa de quantis e b) *Lisa Cluster Map*



Fonte: elaborados pelo autor.

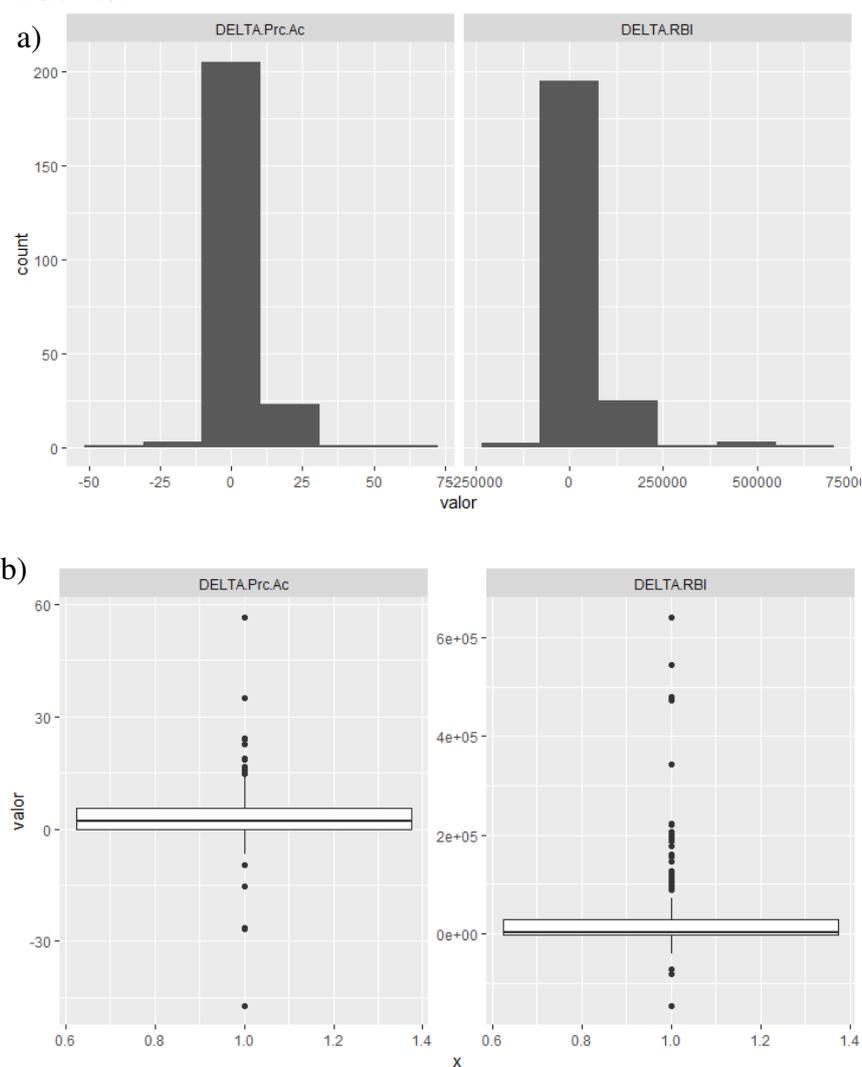
A partir do mapa de quantis na Figura 20a, observa-se que a região com o maior mix de uso para a população de baixa renda em 2000 era a região central. Existem dois motivos que podem explicar esses resultados nessa região: essa era a região menos habitada pela população de baixa renda e era a região que concentra a maior parte das oportunidades de emprego da cidade. Além disso, observa-se que na região que era mais habitada pela a população de baixa renda é que apresenta o menor mix de uso para a baixa renda. O mapa de agrupamento de moram, na Figura 20b, também evidencia essa tendência, com zonas em *Low Low* em sudoeste e *High High* na região central, em bairros como o Centro, Aldeota e Meireles, corroborando com a hipótese de que o uso do solo na região sudoeste era monofuncional e que a população de baixa renda morava longe de onde trabalhava.

#### 4.4.2 Caracterização da Mudanças no Uso do Solo

##### *Categorização dos Mapas Temáticos*

Na caracterização das mudanças, para decidir a categorização do mapa dos indicadores de Delta RBI e Delta de Porcentagem de Área Construída, primeiro foi feita uma análise descritiva. A Figura 21 apresenta o gráfico os histogramas das variáveis Delta RBI e Delta de Porcentagem de Área Construída (Figura 21a) e os gráficos *Box Plot* dessas variáveis (Figura 21b).

Figura 21 - Análise descritiva dos indicadores de área - a) Histogramas e b) *Box Plot*



Fonte: elaborados pelo autor.

Pelos resultados dos gráficos *box plot*, Figura 21b, dos indicadores, observa-se que o indicador de Delta % Área Construída apresentam um padrão simétrico com alguns *outliers* positivos e negativos, enquanto o indicador de Delta RBI apresenta uma grande dispersão de dados com muitos valores acima do terceiro quartil no gráfico *box plot*. Os histogramas desses dois indicadores, na Figura 21a, também apresentaram esse padrão de dispersão, com o indicador Delta % Área construída apresentando um padrão mais simétrico e homogêneo, tendendo à distribuição de probabilidades normal, e o Delta RBI com uma dispersão bem maior.

O que se busca captar com a análise desses indicadores é a localização para onde a cidade supostamente espalhou-se. Nesse sentido, propõe-se um intervalo para os valores

negativos, uma outra categoria para os valores positivos até o limite do terceiro quartis e um outro intervalo com os valores *outliers* do gráfico.

Esses intervalos foram elaborados com base nos quartis dos gráficos *Box Plot* e possibilitaram investigar a hipótese de que houve expansão territorial em direção às regiões sudoeste e sudeste da cidade, mapeando a direção que a cidade cresceu e investigando para qual direção houveram maiores saldos de áreas construídas do tipo Residencial de Baixo Índice (RBI). As categorizações de cada um dos mapas temáticos desses indicadores estão dispostas na Figura 22.

Figura 22- Categorizações propostas para os indicadores de área – a) Delta de % de área construída e b) Variação na área do tipo Residencial de Baixo Índice.

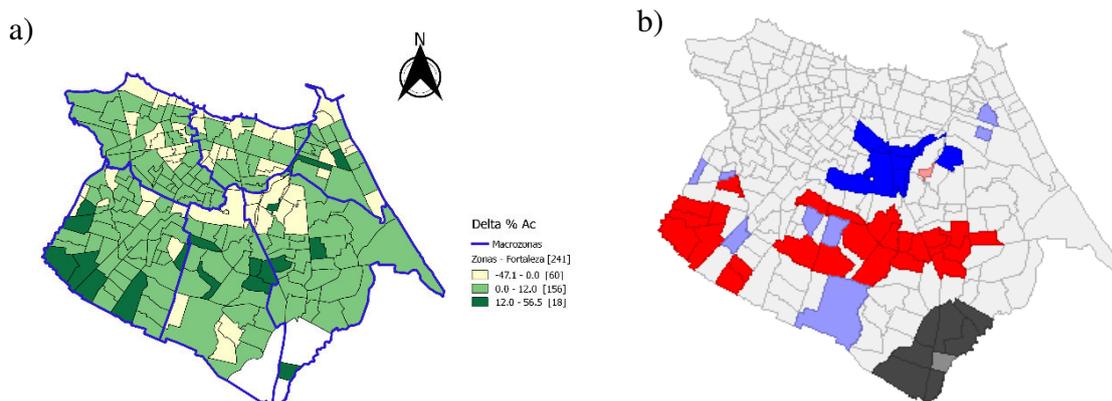
a)	b)
<b>Delta_RBI (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Delta % Ac</b>
— Macrozonas	— Macrozonas
Zonas - Fortaleza [241]	Zonas - Fortaleza [241]
 -145074 - 0 [87]	 -47.1 - 0.0 [60]
 0 - 75000 [110]	 0.0 - 12.0 [156]
 75000 - 640707 [30]	 12.0 - 56.5 [18]

Fonte: elaborado pelo autor

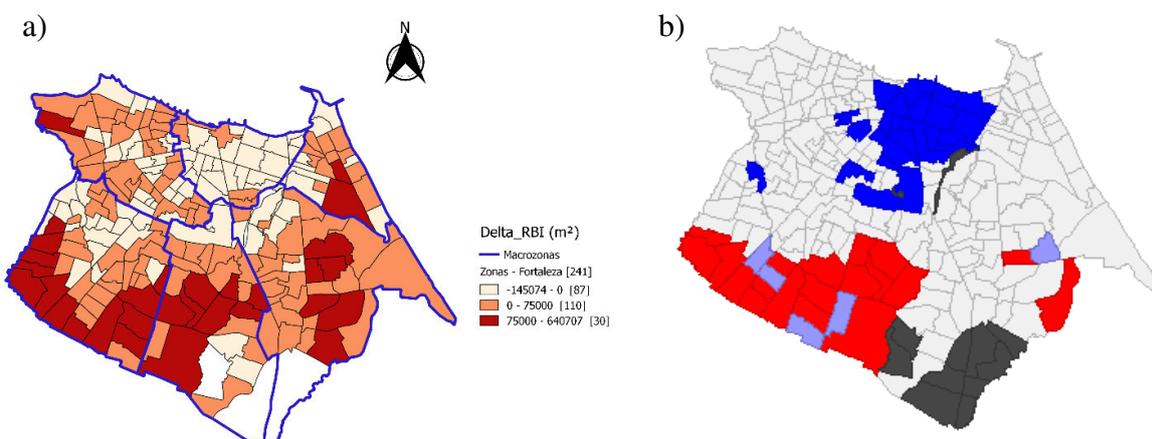
Para os demais indicadores da análise das mudanças que serão utilizados na análise comparativa dos cenários será feito para 2015 um mapa de quantis e para 2000 um mapa temático na mesma escala do mapa de quantis referente à 2015.

### *Expansão Territorial Urbana em Fortaleza e Verticalização*

Os mapas de temáticos e de agrupamento de Moran referentes à investigação das hipóteses relativas ao espraiamento foram dos indicadores de Delta de porcentagem de área construída e de delta de variação de área do tipo residencial de baixo índice (RBI) por zona. Esses mapas estão apresentados nas figuras 23 e 24.

Figura 23 - Delta % Ac - a) Mapa temático e b) *Lisa Cluster Map*

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 24 - Delta Área construída RBI - a) Mapa temático e b) *Lisa Cluster Map*

Fonte: elaborado pelo autor.

Pela configuração apresentada no mapa temático do indicador de Delta % Área Construída, observa-se um padrão bem homogêneo pela cidade. Ainda assim, observa-se que os poucos *outliers* dessa variável encontram-se em sua maioria nas regiões sudoeste, sul e sudeste, indicando uma possível tendência de dispersão urbana em direção a essas regiões. Esse padrão homogêneo com poucos *outliers* no mapa temático dessa variável pode ser explicado pelo seu padrão estatístico pouco disperso com a maioria dos valores próximos à média. Fenomenologicamente, esse padrão pode ser explicado pelo fato de que a diferença temporal analisada nesse trabalho não é tão grande quanto a do estudo de M.Kazanko et al. (2006) que estudou o espalhamento e a densidade urbanas nas cidades europeias entre as décadas de 50 e 90. Além disso, nesse mapa observa-se que as regiões que apresentaram valores negativos desse indicador concentravam-se majoritariamente nas regiões central, noroeste, nordeste e na parte mais ao norte da região sudoeste.

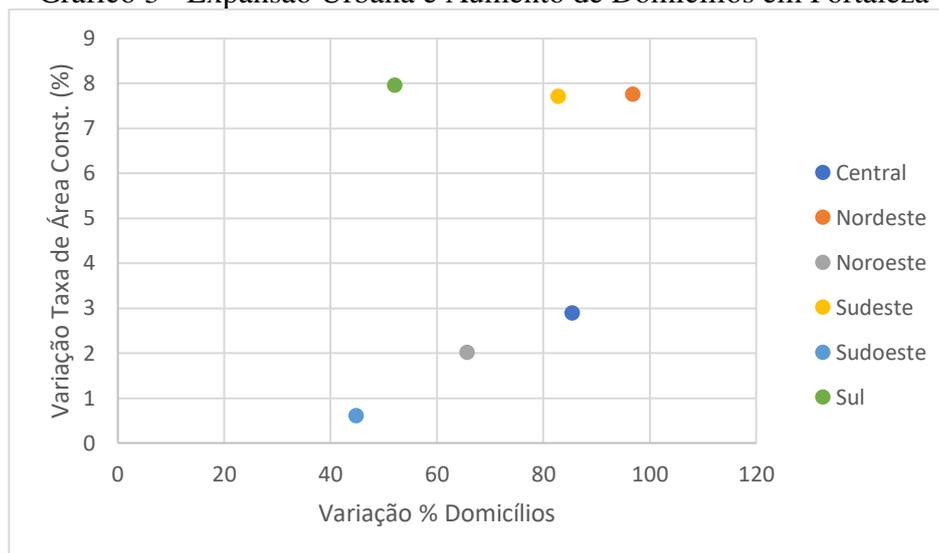
Já o mapa temático do indicador Delta RBI, que é o saldo absoluto de área construída de solo do tipo residencial de baixo índice, mostra que os saldos positivos se concentram em todas as regiões da cidade à exceção da região central. Observa-se ainda que os muitos *outliers* desse indicador concentram-se em sua maioria nas regiões sul, sudeste e sudoeste. Já as zonas da região central apresentaram marjoritariamente um saldo negativo. Esses saldos negativos de área de solo do tipo RBI nas zonas da região central podem ser explicados pela verticalização da região central, uma vez que se observou acréscimos de uso do tipo residencial de alto índice nas regiões que houveram decréscimos residenciais de baixo índice.

O mapa de agrupamento de Moran do indicador de Delta do Percentual de Área Construída demonstra um padrão mais *clusterizado* do que o apresentado no mapa temático desse indicador, apresentando áreas em *High High* em zonas das regiões sudoeste, sul e sudeste enquanto apresenta áreas em *Low Low* em algumas zonas da região central.

Já o *Lisa Cluster Map* do indicador Delta RBI corrobora com o padrão apresentado no mapa temático desse indicador com uma área em *High High* nas zonas das regiões sudoeste, sul e sudeste e em *Low Low* nas zonas da região central. Isso indica uma característica dos tipos de espraiamento urbano estudados nesse trabalho que consistem em acréscimos de baixos índices de ocupação. No entanto, nota-se que esse mapa não incluiu todos os *outliers* da região sudeste. Isso pode ser explicado pelo tamanho menor das zonas dessa região, diminuindo as chances de haver correlação espacial com os vizinhos e, conseqüentemente, a formação de *Clusters*. Isso, não só corrobora com as hipóteses elaboradas de expansão territorial urbana em direção às regiões sudeste e sudoeste, como acrescenta ainda a região sul que apresentou um padrão bem semelhante ao das regiões sudoeste e sudeste.

Além disso, foi feito um gráfico de pontos, sendo no eixo horizontal, as variações percentuais de domicílios no período da análise, e, no eixo vertical, as variações nas taxas de área construída, disposto no gráfico 3. Esse gráfico foi feito para auxiliar a análise de investigação

Gráfico 3 - Expansão Urbana e Aumento de Domicílios em Fortaleza



Fonte: elaborado pelo autor.

A partir dos resultados no gráfico 3, observa-se que não houve nenhuma região em que houve decréscimo, seja na taxa de área construída, seja na variação percentual do número de domicílios. As regiões nordeste, sudeste e sul foram as que tiveram o maior aumento na taxa de área construída entre 2000 e 2015, indicando que essas foram as regiões que mais se expandiram nesse período.

As regiões nordeste, central e sudeste foram as que apresentaram maior acréscimo percentual no número de domicílios. Já as regiões sul e sudoeste foram as que apresentaram o menor acréscimo percentual de domicílios, apesar de a região sul ser uma das que mais expandiu sua área construída.

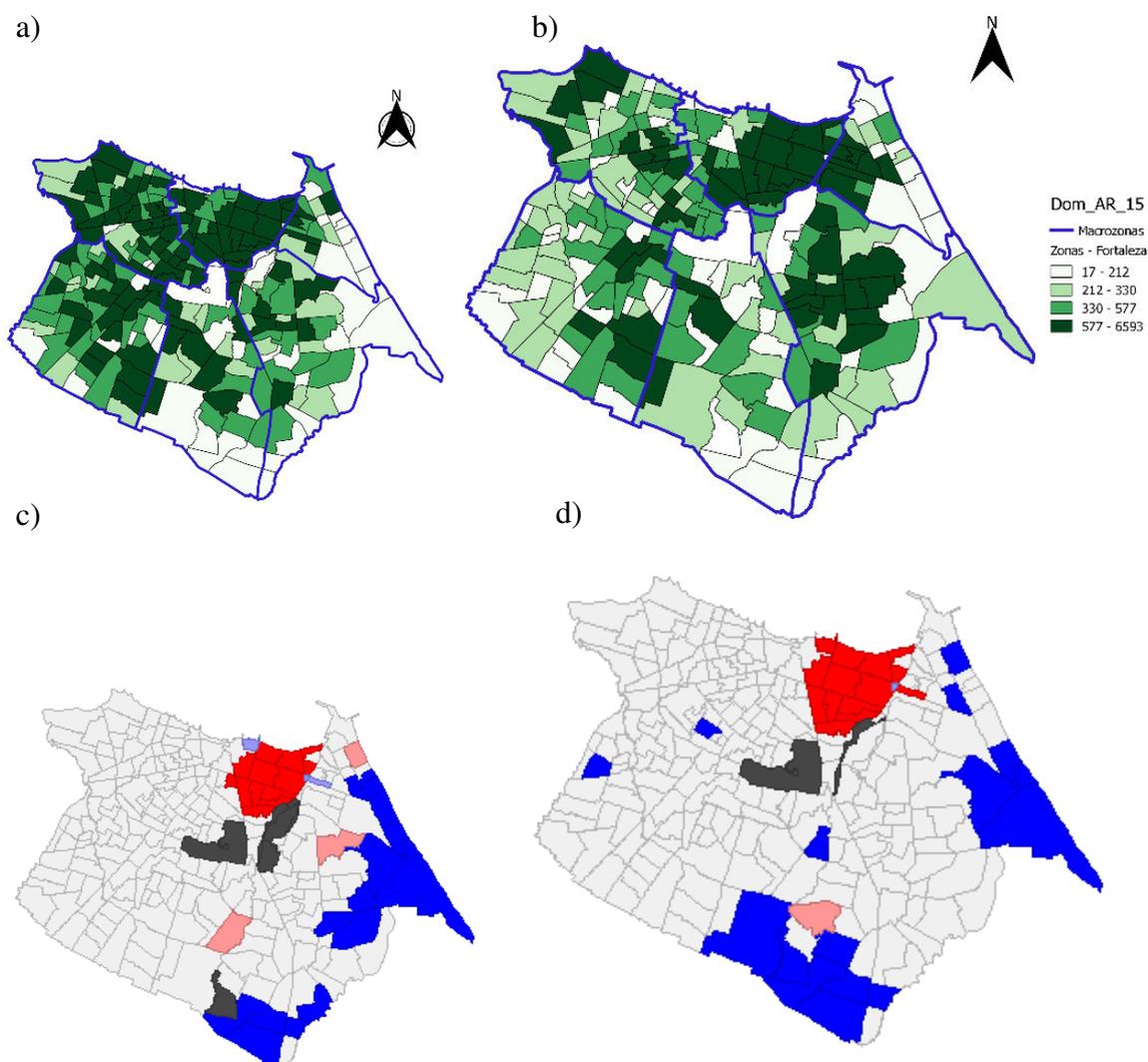
Apesar do acréscimo elevado de domicílios na região central, não houve uma expansão territorial tão significativa quanto a apresentada nas regiões sudeste e nordeste, indicando que essa região se verticalizou, uma vez que houveram acréscimos acentuados de domicílios sem haver acréscimos elevados na taxa de área construída. Já nas regiões sudeste e nordeste esse acréscimo se deu em um padrão mais horizontal resultado do elevado saldo positivo de área construída do tipo Residencial de Baixo Índice (RBI) na região sudeste.

Sendo assim, os resultados apresentados corroboram com as hipóteses referentes à verticalização da cidade e à direção por onde a cidade expandiu o seu território.

### *Distribuição Espacial da Alta Renda*

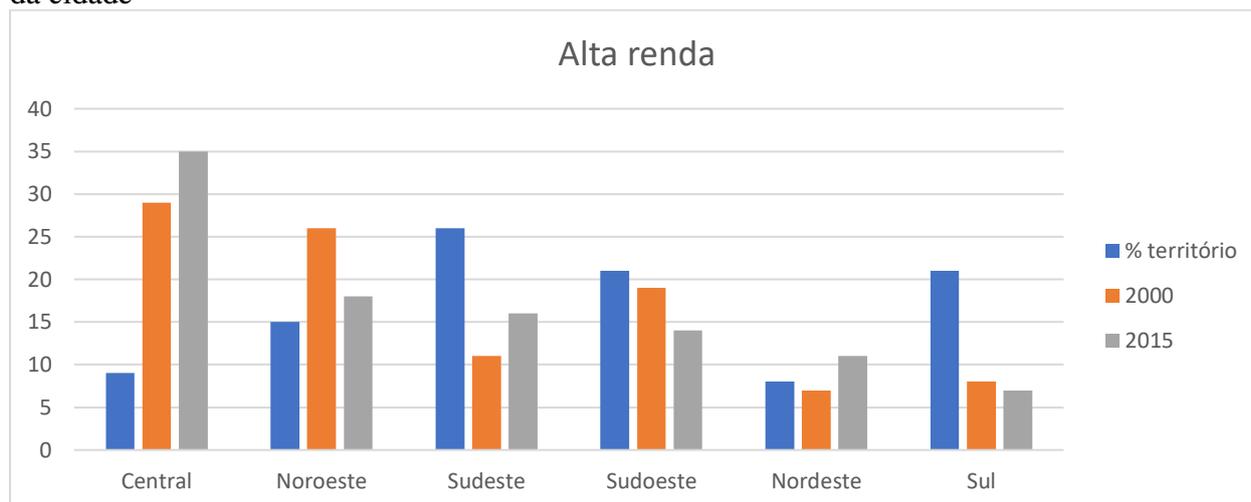
A comparação entre os cenários de 2000 e 2015 quanto à distribuição espacial da população de alta renda baseou-se nos mapas de quantis da variável domicílios de alta renda de 2000 e 2015, bem como nos mapas de agrupamento espacial dos domicílios de renda mais alta nesses anos. Esses mapas estão dispostos na Figura 25. Além disso, construiu-se um gráfico de barras com a porcentagem do total de domicílios de alta renda da cidade que cada macrozona considerada concentrava em 2000 e em 2015, além do percentual do território que abrangem essas regiões da cidade, gráfico 4.

Figura 25 - Domicílios de alta renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) *Lisa Cluster Map* 2000 e d) *Lisa Cluster Map* 2015



Fonte: elaborados pelo autor.

Gráfico 4 - Macrozonas - Percentual dos domicílios de alta renda em 2000 e em 2015 e de área da cidade



Fonte: elaborado pelo autor.

Através do mapa temático do indicador domicílios de alta renda, observa-se que em 2000 a população de alta renda se distribuía melhor pelas regiões da cidade do que em 2015, como pode ser observado no mapa de quantis do indicador domicílios de alta renda. As regiões noroestes, sudoeste e sul concentravam mais domicílios de alta renda que em 2015. A região sudeste, por sua vez, recebeu mais domicílios de alta renda nesse período, uma vez que em 2000 essa região era uma das que menos concentrava domicílios desse grupo social.

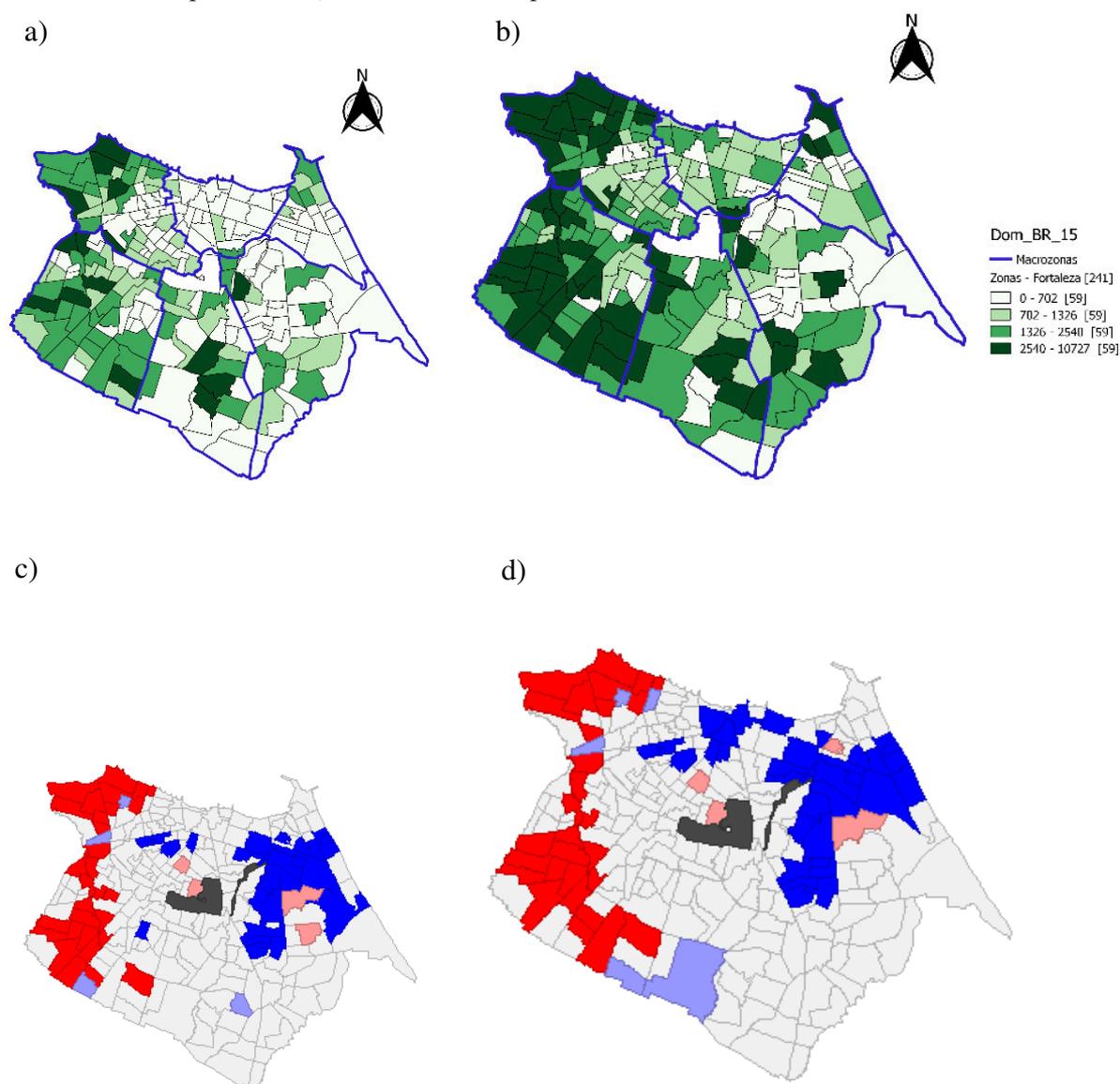
Os mapas de agrupamento de Moran confirmam em parte essa tendência. Em 2000, observa-se zonas *Low Low* na região sudeste e nordeste. As áreas em *High High* significativo concentravam-se na região central em 2000. Em 2015, esse padrão de concentração dos domicílios de alta renda na região central permaneceu o mesmo, no entanto, parte das regiões sudeste e nordeste deixa de ser *Low Low* significativo, indicando que nessas regiões houveram acréscimos no número de domicílios de alta renda. Além disso, algumas zonas nas regiões sudoeste e sul passaram a ser *Low Low* significativo, indicando que houve decréscimo de domicílios desse grupo social nessas regiões da cidade.

Os resultados do gráfico de barras apresentaram um padrão semelhante, sendo a região que mais concentrava domicílios de renda mais alta a região central, seguida pela região noroeste e depois pela região sudeste, que, por sua vez, aumentou significativamente a sua porcentagem de domicílios de alta renda que concentrava na cidade. Portanto, há evidências suficientes, para que se possa validar a hipótese de que houve um acréscimo de domicílios desse grupo social na região sudeste.

### *Distribuição Espacial da Baixa Renda*

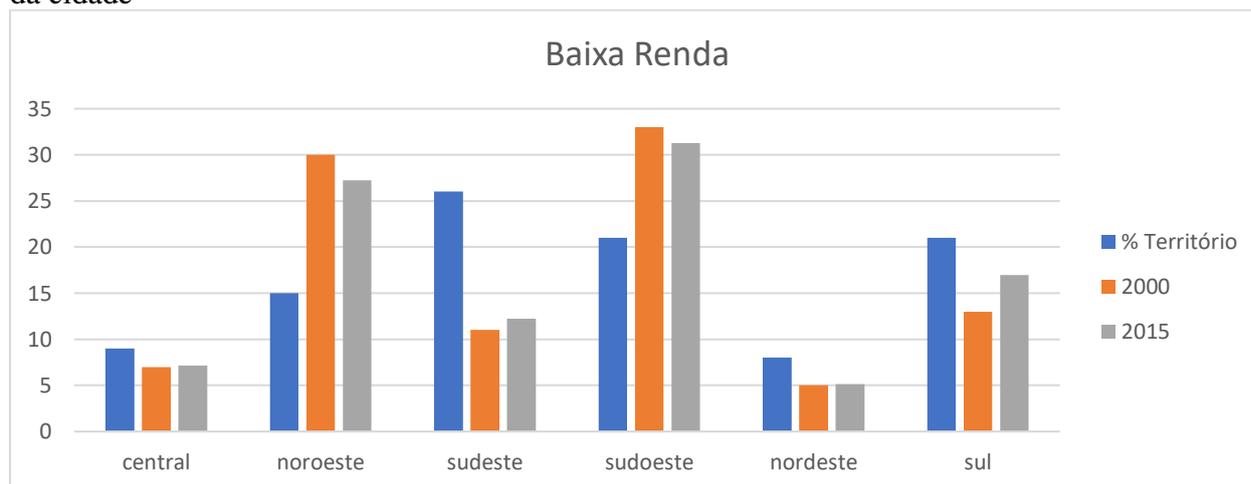
A análise comparativa entre os cenários de 2000 e 2015 referentes à distribuição espacial da população de baixa renda fundamentou-se em mapas de quantis e de agrupamento de Moran com o indicador de domicílios de baixa renda por zona. Esses mapas se apresentam na Figura 26.

Figura 26 - Domicílios de baixa renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) *Lisa Cluster Map* 2000 e d) *Lisa Cluster Map* 2015



Fonte: elaborados pelo autor.

Gráfico 5 - Macrozonas - Percentual dos domicílios de alta renda em 2000 e em 2015 e de área da cidade



Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da configuração apresentada no mapa temático de 2000 e no mapa de quantis de 2015, nota-se que as zonas onde se concentravam mais domicílios de baixa renda tanto em 2000, como em 2015, localizavam-se nas regiões sudoeste, noroeste e sul, da Barra do Ceará passando pelo Genibaú e indo até os limites com a região sul. No entanto, observa-se ainda que em 2015 o número de domicílios de baixa renda na cidade aumentou de uma maneira geral. Apesar disso, esses aumentos concentraram-se principalmente na região sudoeste, noroeste e sul.

Os mapas de agrupamento de Moran apresentam um padrão coincidente com o apresentado no mapa temático de 2000 e no mapa de quantis de 2015, sendo importante notar que algumas zonas da região sudoeste que são *High High* significativo em 2015 não eram em 2000, indicando que, apesar de ter havido um acréscimo nos domicílios de renda mais carente em toda a cidade, houve ou um acréscimo mais acentuado nas zonas dessas regiões ou um acréscimo significativo o suficiente a ponto de fazer com que essas zonas passassem a ser *High High*. Já as zonas *Low Low* concentram-se a maioria nas regiões nordeste, sudeste e central e não há diferenças significativas entre 2000 e 2015 na localização dessas zonas.

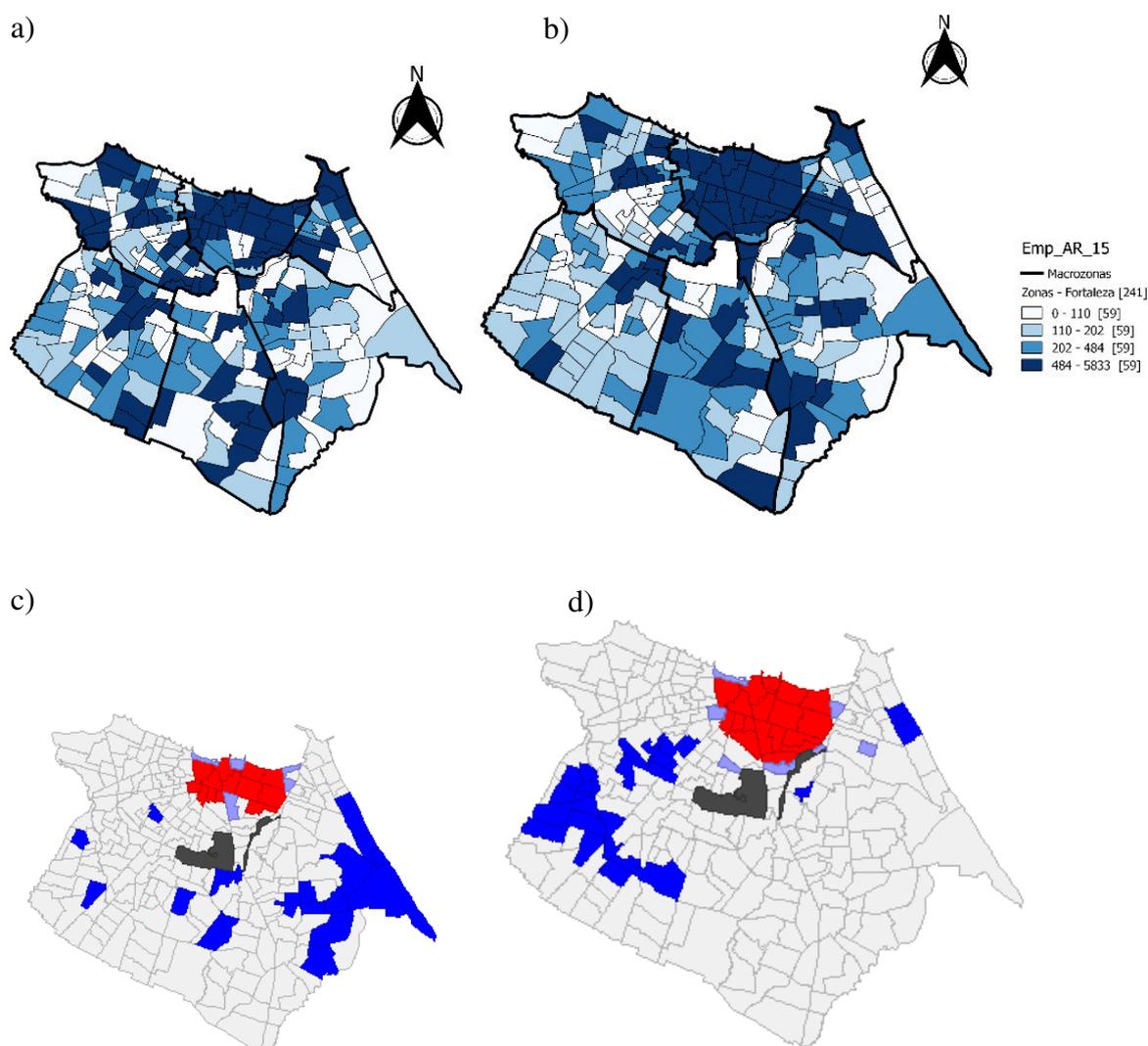
Os resultados do gráfico de barras apontam um resultado semelhante aos apresentados nos mapas. No entanto, observa-se que a porcentagem de domicílios de baixa renda que se concentravam nas regiões sudoeste e noroeste não mudaram muito, já a região sul apresentou acréscimo nesse percentual. Isso demonstra que não houve um acréscimo de domicílios de baixa renda nas regiões noroeste e sudoeste grande o suficiente para elevar o percentual de domicílios de baixa que se localizam nessas regiões, mas essas regiões permaneceram hegemônicas quanto a concentração de domicílios desse grupo social em relação às demais na

cidade. Sendo assim, apesar de não ter havido uma elevação no percentual de domicílios de renda mais baixa concentrados na região sudoeste, através dos resultados do mapa de quantis se pode dizer que houve um aumento na população de baixa renda na região sudoeste da cidade.

#### *Distribuição Espacial das Oportunidades de Emprego para a Alta Renda*

A análise referente à mudança na distribuição espacial das oportunidades de emprego disponíveis para a população de alta renda fundamentou-se nos seguintes mapas: mapa de quantis do número de oportunidades de emprego para alta renda por zona em 2015, mapa temático desse indicador para 2000 com a mesma escala dos mapas de 2015, e um *Lisa Cluster Map* dessa variável. Esses mapas estão disponíveis na Figura 27.

Figura 27 - Emprego alta renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) *Lisa Cluster Map* 2000 e d) *Lisa Cluster Map* 2015



Fonte: elaborados pelo autor.

O mapa temático do indicador de domicílios de baixa renda em 2000 e o mapa de quantis desse indicador para 2015, disponíveis nas figuras 25a e 25b respectivamente, mostram que as oportunidades de emprego para a população de alta renda aumentaram na região central e diminuiu nas regiões periféricas, indicando que em 2000 as oportunidades de emprego estavam melhores distribuídas pelas regiões da cidade.

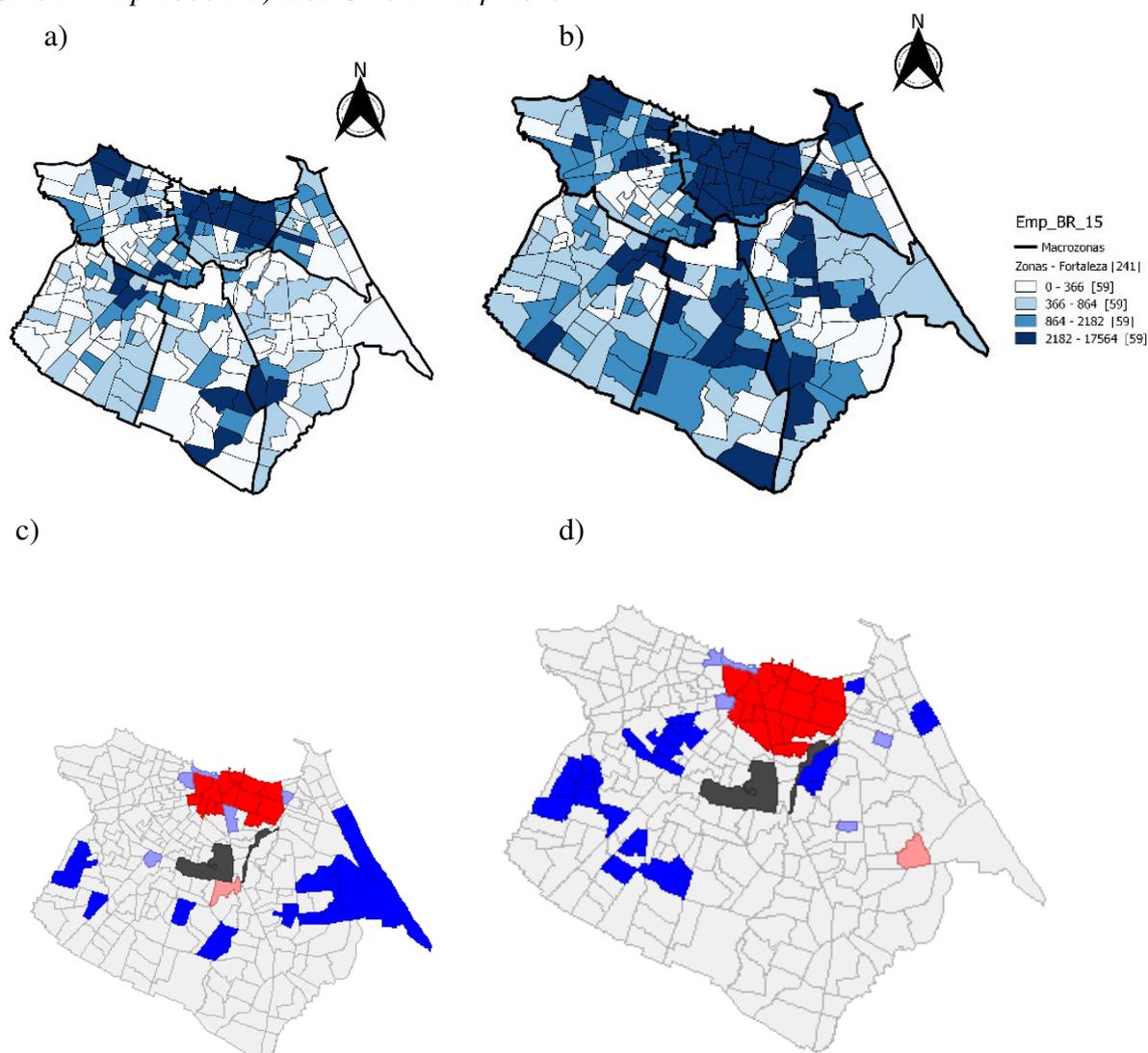
Os mapas de agrupamento de Moran confirmam o aumento dessas oportunidades de emprego na região central, com quase todas as zonas da região central em *High High*, sendo que em 2000 menos zonas estavam nessa configuração na região. Isso indica que as oportunidades de emprego para esse grupo de renda se concentraram ainda mais na região

central. Além disso, observa-se que as zonas da região sudeste que estavam *Low Low* em 2000 deixaram de ser *Low Low* em 2015.

#### *Distribuição Espacial das Oportunidades de Emprego para a Baixa Renda*

A investigação das hipóteses referentes às mudanças na distribuição espacial das oportunidades de emprego para a população de baixa renda consistiu nos seguintes mapas: mapa de quantis das oportunidades de emprego disponíveis para a população de baixa renda por zona no ano 2015, mapa temático das oportunidades de emprego disponíveis para a população de baixa renda por zona no ano 2000 com a mesma categorização do mapa de quantis de 2015 e os mapas de agrupamento de Moran desses dois indicadores. Esses mapas estão dispostos na Figura 28.

Figura 28 - Emprego Baixa Renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) *Lisa Cluster Map* 2000 e d) *Lisa Cluster Map* 2015.



Fonte: elaborados pelo autor.

Como se pode observar no mapa temático das oportunidades de emprego para a população de baixa renda em 2000 e no mapa de quantis dessa variável em 2015, as oportunidades de emprego para esse segmento social permaneceram concentrados na região central, uma vez que tanto em 2000 como em 2015 a maior parte das zonas dessa região apresentaram resultados na categoria mais elevada de ambos os mapas. Apesar disso, observa-se ainda que houveram aumentos nas demais regiões nesse período.

Os mapas de agrupamento de Moran, corroboram com esses resultados, uma vez que as áreas em *High High* na região central em 2000 permaneceram assim em 2015, Observa-se ainda que as zonas da região sudeste que estavam em *Low Low* significativo em 2000 deixaram de ser e as áreas em *Low Low* passaram a ser algumas poucas regiões espalhadas pela cidade,

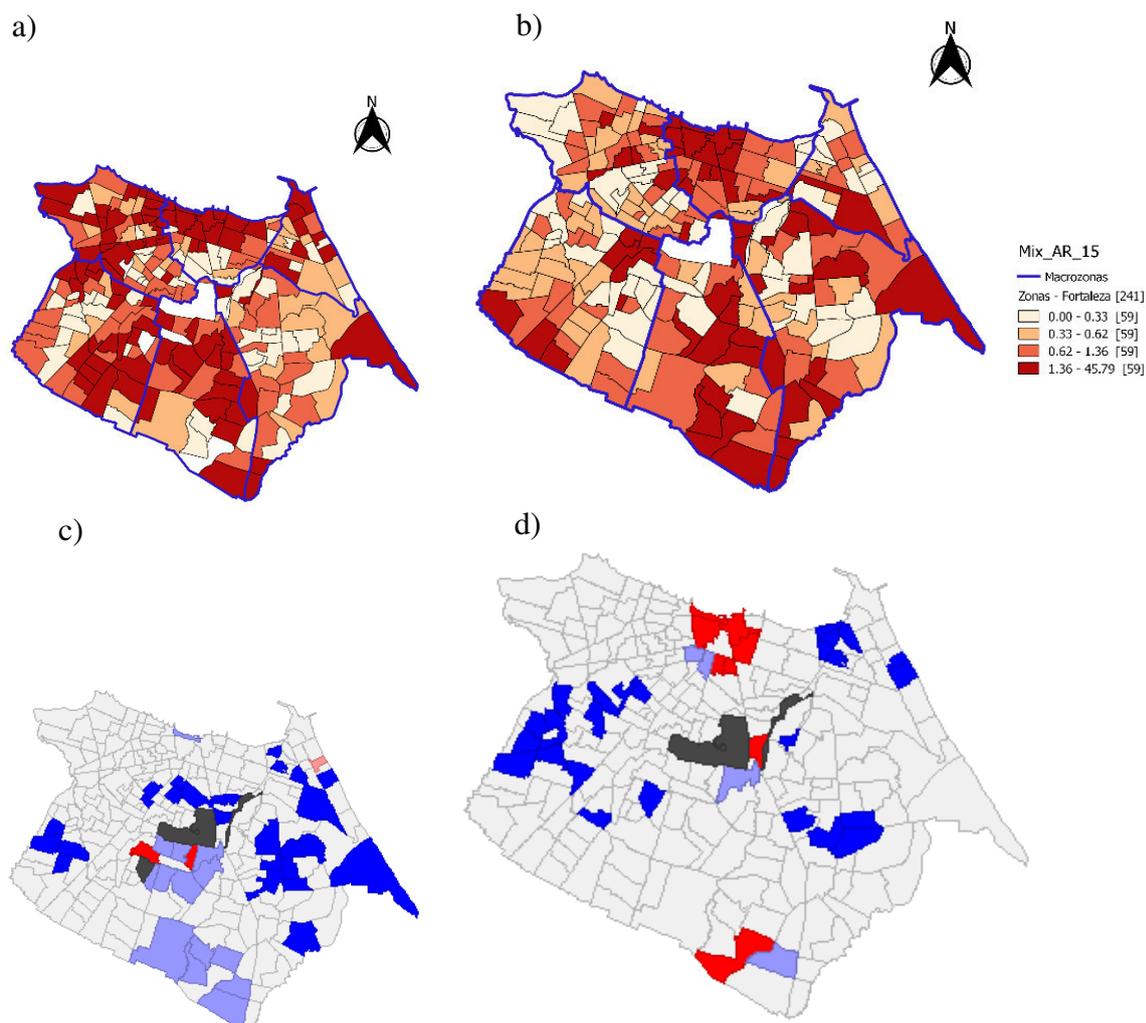
coincidindo com os resultados obtidos nos mapas temático e de quantis de 2000 e de 2015, respectivamente.

No entanto, ainda que tenha havido esse acréscimo nas oportunidades de trabalho para os grupos de baixa renda em outras regiões da cidade, ainda se nota que essas oportunidades em grande parte permaneceram concentradas na região central.

#### *Mix de Uso para Alta Renda*

Os mapas referentes à análise das mudanças quanto ao mix de uso para a população de alta renda consistiu em quatro mapas: mapa de quantis dessa variável em 2015, mapa temático desse indicador para 2000 com a mesma escala de classificação do mapa de 2015 e os *Lisa Cluster Maps* desse indicador para ambos os anos. Esses mapas são apresentados na Figura 29.

Figura 29 - Mix de uso Alta renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) *Lisa Cluster Map* 2000 e d) *Lisa Cluster Map* 2015



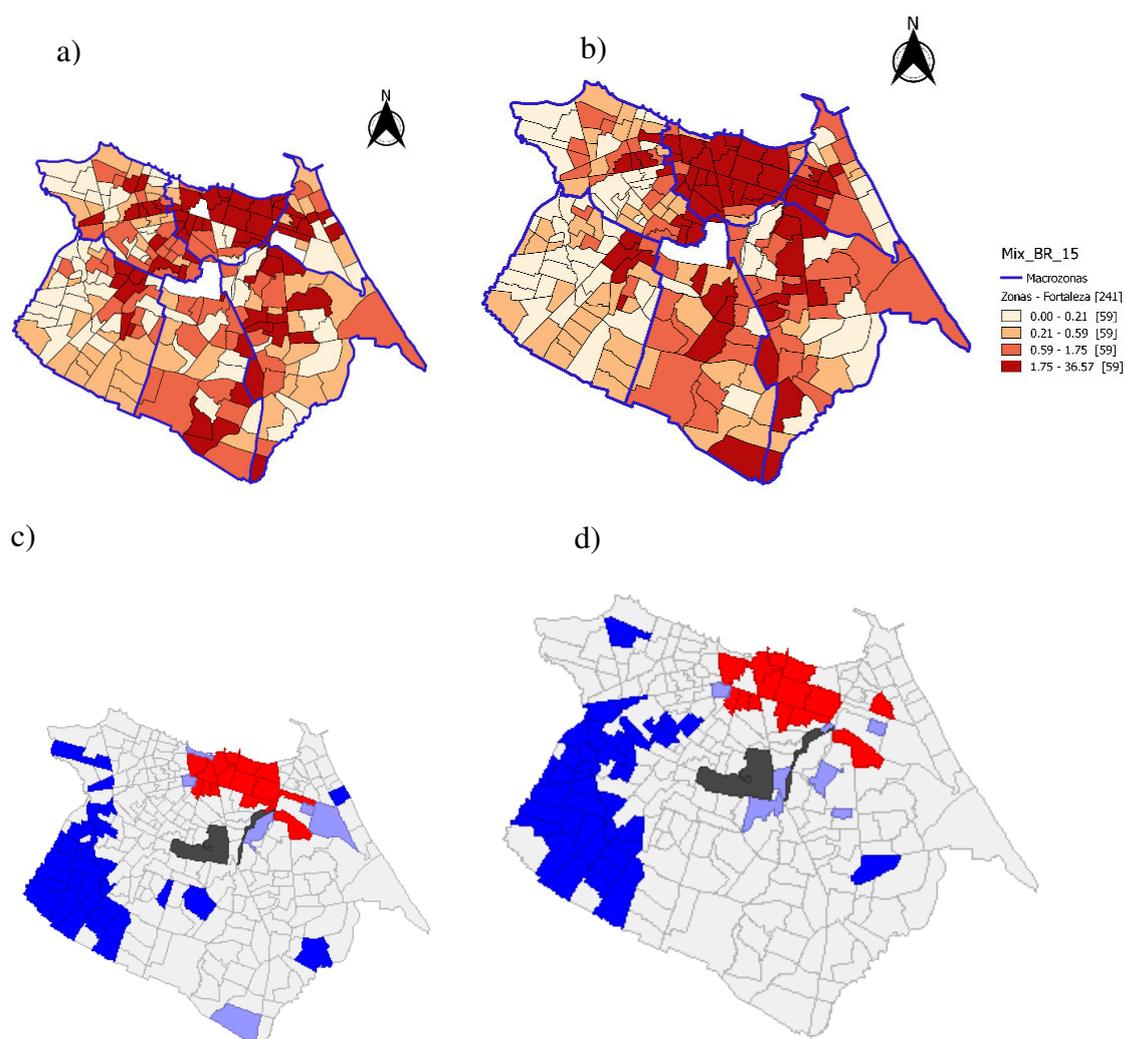
Fonte: elaborados pelo autor.

Através da comparação entre o mapa temático de 2000 e o mapa de quantis de 2015, nota-se que as regiões sul, sudoeste e noroeste tinha uma mix de uso mais alto em 2000 se comparado com os resultados de 2015. Na região sudeste, nota-se um efeito contrário, de aumento de mix de uso entre 2000 e 2015. No entanto, esse indicador apresentou aumento apenas em algumas zonas dessa região, as demais permaneceram com valores baixos desse indicador se comparadas com as zonas de outras regiões. Apesar disso, os mapas de agrupamento de Moran não indicam clusterização desse indicador em nenhum dos anos estudados. Ainda assim, é possível afirmar que o uso do solo na região sudeste permaneceu monofuncional, uma vez que vez que muitas zonas dessa região apresentaram faixas de valores baixos no mapa temático de 2000 e no mapa de quantis de 2015.

### Mix de Uso para Baixa Renda

A análise comparativa entre o mix de uso para a população de baixa renda em 2015 e em 2000 consistiram nos seguintes mapas: mapa de quantis desse indicador para 2015, mapa temático desse indicador para o ano 2000 com a mesma categorização do mapa de quantis de 2015 e os mapas de agrupamento de Moran para ambos os anos. Esses mapas estão dispostos na Figura 30.

Figura 30 - Mix de uso Baixa renda - a) Mapa temático 2000, b) Mapa de quantis 2015, c) Lisa Cluster Map 2000 e d) Lisa Cluster Map 2015



Fonte: elaborados pelo autor.

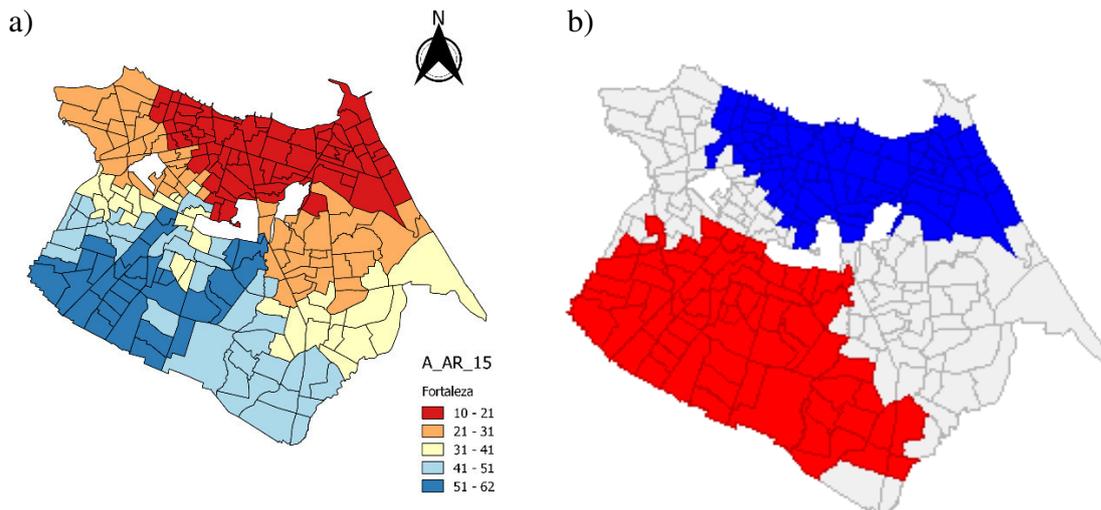
Ao comparar o mapa temático desse indicador para 2000, na Figura 30a, e o mapa de quantis referente a 2015, na Figura 30b, não se percebe uma diferença significativa nesses padrões. Em ambos os senários a maior parte das zonas da macrozona Sudoeste apresentaram

valores desse indicador nas categorias mais inferiores. As zonas da região Central, por sua vez apresentaram valores, significativamente, mais elevados em ambos os anos. Isso pode ser devido ao fato de essas zonas concentrarem poucos domicílios de baixa renda e grande parte das oportunidades de trabalho para esse segmento social. Os resultados de ambos os mapas de agrupamento de Moran coincidem com esses resultados, com uma área em *Low Low* (Baixo, Baixo) na maioria das zonas da região Sudoeste, e uma área em *High High* (Alto, Alto) em quase todas as zonas da região Central.

#### 4.4.3 Possíveis Impactos na Acessibilidade das Mudanças no Uso do Solo

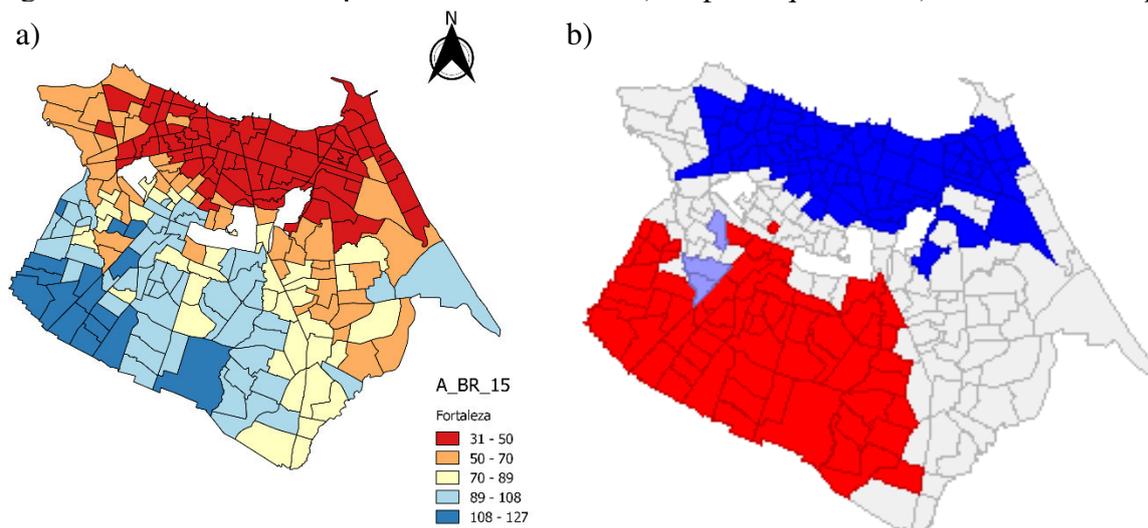
A análise pertinente à essa etapa fundamentou-se nos mapas de quantis e no mapa de agrupamento de Moran do indicador de acessibilidade potencial para a população de baixa renda e para a população de renda mais alta em Fortaleza em 2015. Esses mapas estão dispostos na Figura 31, acessibilidade potencial para alta renda em 2015, e Figura 32, acessibilidade potencial para baixa renda em 2015, abaixo.

Figura 31 - Acessibilidade para alta renda 2015 - a) mapa de quantis e b) *Lisa Cluster Map*



Fonte: adaptado de Lima (2017).

Figura 32 - Acessibilidade para alta renda 2015 - a) mapa de quantis e b) *Lisa Cluster Map*



Fonte: adaptado de Lima (2017).

Pelo mapa de quantis da Figura 30a referente ao indicador de acessibilidade potencial para a alta renda, nota-se que as regiões central, nordeste e parte da noroeste apresentam valores mais baixos, indicando uma melhor acessibilidade. Isso se deve ao fato de essas regiões concentrarem um número elevado de oportunidades de emprego. As mudanças na distribuição espacial dos postos de trabalho não mudaram significativamente entre 2000 e 2015, permanecendo uma distribuição desigual dessas oportunidades concentradas em sua maioria em torno do centro. No entanto, nesse período, também houve aumento das oportunidades de trabalho em outras regiões da cidade, principalmente na região sudeste, onde houve também um acréscimo significativo de domicílios de renda mais elevada. Nesse sentido, espera-se que a acessibilidade para a população de alta renda melhore ligeiramente na região sudeste, tendo em vista o aumento no número de oportunidades de trabalho.

O *Lisa Cluster Map*, Figura 30b, desse indicador corrobora com essa tendência de desigualdade espacial da acessibilidade, com uma área em *High High* significativo nas periferias da cidade, especificamente, nas regiões sul e sudoeste, enquanto apresenta uma área em *Low Low* significativo nas zonas noroeste, central e nordeste. Observa-se ainda que as zonas da região sudeste da cidade não estão em *High High* significativo. Isso pode ser explicado pelos acréscimos nas oportunidades de emprego para esse grupo nessa região entre 2000 e 2015, melhorando assim a sua acessibilidade.

Ao observar o mapa de quantis do mesmo indicador para a população de baixa renda, Figura 31a, nota-se o mesmo padrão de acessibilidade elevada nas regiões noroeste, central e nordeste e uma acessibilidade inferior nas zonas sudoeste e sul. É importante ressaltar

que entre 2000 e 2015 houveram acréscimos elevados de domicílios de baixa renda em direção às regiões sul, sudoeste e parte da noroeste. Nota-se ainda que a exceção da região noroeste, essas foram as regiões que ficaram em *High High* no mapa de agrupamento de Moran, Figura 31b. Isso se explica pelas poucas oportunidades de emprego para esse segmento social nessas regiões da cidade. Espera-se que essa situação tenha piorado ligeiramente entre 2000 e 2015, uma vez que se observou que nesse período as oportunidades de emprego tornaram-se ainda mais concentradas na região central do que nas demais regiões. No entanto, nesse período houve a construção da Linha Sul do metrô de Fortaleza e talvez isso tenha amenizado o impacto concentração mais desigual de oportunidades de trabalho na acessibilidade da população de renda mais baixa nessas regiões.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esse trabalho buscou compreender a configuração do uso do solo em Fortaleza em 2000, bem como as mudanças ocorridas entre 2000 e 2015 com vistas ao fenômeno do espraiamento urbano na cidade. Nesse sentido, obteve-se uma compreensão de como a problemática da distribuição espacial dos empregos e da população de cada grupo social evoluiu.

Os resultados da análise de caracterização do uso do solo em 2000 apontaram uma concentração dos grupos de renda mais elevada na região central da cidade apesar de haver zonas de outras regiões da cidade que também possuíam números dentro do percentil mais elevado. Observou-se ainda que nas zonas dessas regiões também se localizavam um número elevado de oportunidades de emprego tanto para os grupos de renda mais alta como para os de renda mais baixa. No entanto, notou-se ainda que a população mais carente habitava as franjas urbanas nessa época em algumas zonas da região noroeste e na região sudoeste da cidade. Essas regiões, nesse período, caracterizavam-se por serem monofuncionais para ambos os grupos sociais analisados, possuindo poucas oportunidades de emprego por domicílio. Portanto, observou-se problemáticas dos tipos 1 e 2 em 2000, desigualdade social e espacial.

Já os resultados da análise de caracterização das mudanças proporcionaram a validação das hipóteses propostas no começo desse estudo. Diante disso, é possível realizar algumas observações. Observou-se que de 2000 para 2015, a cidade expandiu-se em direção às regiões ao sul da cidade e verticalizou-se na região central.

Além disso, nota-se que houve espraiamento urbano por auto segregação da população de alta renda em direção à região sudeste, tendo em vista o acréscimo expressivo de domicílios desse grupo social nessa região. Já quanto à distribuição espacial dos domicílios de baixa renda, conclui-se que houve espraiamento por segregação imposta da população de baixa renda em direção às periferias a sul e a oeste na cidade.

No entanto, os empregos para ambos os grupos sociais permaneceram localizados majoritariamente na região central, apesar de ter havido acréscimo das oportunidades de emprego para a população de alta renda em algumas zonas da região sudeste. Com isso, a região sudoeste permaneceu com uso monofuncional do solo, enquanto o da região sudeste não. Diante desse cenário de evolução da problemática tem-se um problema do tipo 4 de agravamento das desigualdades existentes antes.

Já diante da análise de possíveis impactos das mudanças de uso do solo na acessibilidade, conclui-se que uma vez que há uma possibilidade de melhora da acessibilidade

às oportunidades de emprego para a população de alta renda na região sudeste, para se deu o espraiamento por autosegregação desse segmento social, além de uma possibilidade de piora no quadro da acessibilidade às oportunidades de trabalho da população de renda mais baixa nas regiões sul e sudoeste, tem-se o agravamento das desigualdades espaciais e sociais. Portanto, nesse cenário de aumento das desigualdades na acessibilidade, tem-se uma problemática do tipo 4 em que há uma piora na problemática urbana.

Esse agravamento das desigualdades sócio espaciais contribui com a piora de problemas sociais, como a pobreza e a crescente violência urbana. Talvez, uma das explicações para a crescente pobreza e para a dificuldade que parte da população mais carente tem de se inserir no mercado de trabalho seja devido ao fato de ter uma acessibilidade tão precária aos postos de trabalho se comparada com outros grupos sociais. Além disso, um dos motivos da atual situação de insegurança da cidade, classificada como uma das mais violentas no país, em parte seja devido a essa piora no cenário das desigualdades existentes na acessibilidade às oportunidades de trabalho entre a população de alta renda e a de renda mais baixa.

É importante ressaltar que esse cenário possa ter se agravado mesmo diante das intervenções do governo nos transportes, com iniciativas como a implementação da linha Sul do metrô de Fortaleza, e no uso do solo, com a ZEIS (Zonas Especiais de Interesse Social) que reservou uma parte do território urbano nas regiões centrais para a população mais carente. Mesmo assim, essas intervenções não foram suficientes para tornar esse quadro menos caótico. Pelo contrário, apesar dessas intervenções públicas, pode ter havido uma piora nesse cenário.

Esse trabalho surge com uma contribuição muito significativa para com a sociedade, uma vez que identifica essa evolução da problemática da acessibilidade para pior na cidade. Isso é um exemplo real do ciclo vicioso do planejamento tradicional que considera os fenômenos existentes nos contextos do uso do solo e do sistema de transportes como exógeno entre si e sem nenhuma relação. Isso é mais um alerta ao poder público e à sociedade para mudar a maneira como a cidade é planejada e abandonarem paradigmas antigos e que se mostram pouco eficientes como o do planejamento da mobilidade que é um dos responsáveis pela piora no quadro da acessibilidade.

No entanto, os resultados obtidos nessa última etapa são hipóteses do que pode ter acontecido na acessibilidade às oportunidades de trabalho. Para uma análise mais profunda e precisa desse quadro é necessário conhecer o cenário referente ao ano 2000 e comparar com a situação em 2015, investigando de fato as interrelações entre uso do solo e transportes. Isso não ocorreu nesse trabalho, pois ainda não se tem o modelo integrado de transportes e uso do solo TRANUS calibrado para o ano 2000.

Além disso, esse trabalho adota o indicador de mix de uso para caracterizar a monofuncionalidade do uso do solo, partindo de uma abordagem de acessibilidade às oportunidades de emprego. No entanto, observou-se que em zonas com poucos domicílios de um determinado grupo social, esse indicador apresentou valores elevados, indicando que nessas zonas haveria supostamente um uso mais adequado para esses segmentos sociais quando na verdade isso não acontecia.

Portanto, fica a recomendação para trabalhos futuros, para que cubram a principal limitação desse projeto e não só investiguem de maneira mais precisa a evolução da problemática da acessibilidade, considerando tanto o cenário de 2000 como de 2015, mas também diagnostiquem essa problemática, estudando e validando as interrelações existentes entre o subsistema de uso do solo e o subsistema de transportes. Além disso, que busquem caracterizar de maneira mais exata a monofuncionalidade do uso do solo na cidade.

## 5 REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. R. **Compreensão da problemática da periferização por segregação involuntária no planejamento da acessibilidade e mobilidade em fortaleza.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes Universidade Federal do Ceará Mestrado em Engenharia de Transportes. Fortaleza, 2016.

BERTOLINI, Luca; LE CLERCQ, Frank; KAPOEN, Loek. Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the netherlands and a reflection on the way forward. **Transport policy**, v. 12, n. 3, p. 207-220, 2005.

CASCETTA, E. **Transportation systems analysis: Models and applications.** New York: Springer Science & Business Media, v. 29, 2009.

DE LA BARRA, T. **Integrated land use and transport modelling: decision chains and hierarchies.** Cambridge University Press, Cambridge, 1989.

GARCIA, Camila Soares Henrique Fontenele et al. Strategic assessment of lisbon's accessibility and mobility problems from an equity perspective. **Networks and Spatial Economics**, p. 1-25, 2018.

LIMA, L. S. **Espraiamento urbano por autossegregação e seus impactos na acessibilidade urbana de fortaleza.** Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes Universidade Federal do Ceará Mestrado em Engenharia de Transportes. Fortaleza, 2017.

LOPES, A. S. **Transportes, uso do solo e atividades-modelagem conceitual para o planejamento da acessibilidade urbana.** Tese de doutorado. Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes-UFC. Fortaleza, 2015.

RUEDA-CANTUCHE, J. M. The construction of input–output coefficients matrices in an axiomatic context: some further considerations. [S.l.]: [s.n.], 2002.

SOARES, F. D. P. **Proposta metodológica de compreensão da problemática das relações entre uso do solo e transportes no planejamento urbano integrado.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

SOUSA, F. F. L. M. **Metodologia de calibração para modelos integrados dos transportes e uso do solo.** Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes Universidade Federal do Ceará Mestrado em Engenharia de Transportes. Fortaleza, 2016.

VAN WEE, B; ANNEMA, J. A.; BANISTER, D. (Ed.). **The transport system and transport policy: An introduction.** Edward Elgar Publishing, 2013.

VILLAÇA, F. **O espaço Intra-urbano no Brasil.** São Paulo: Studio Nobel: FAPESP: Lincoln Institute, 2001.x

WEGENER, Michael. **Overview of land use transport models.** In: Handbook of transport geography and spatial systems. Emerald Group Publishing Limited, 2004. p. 127-146.