

1. Introdução

A modelagem é uma etapa importante para o processo de tomada de decisão; desde modelos físicos (de barro ou isopor) que foram usados por séculos, até os mais modernos modelos matemáticos das engenharias. Ferramenta muito usual na arquitetura e urbanismo, os modelos físicos, tais como as citados acima ou mesmo mapas podem também ser entendidos como os primeiros modelos de transporte. A evolução da complexidade dos problemas a serem enfrentados exigiu que os modelos fossem sendo aprimorados com o tempo (HENSHER & BUTTON, 2000).

Nos anos oitenta, no mundo desenvolvido, observou-se uma expressiva evolução dos modelos propostos, tanto para as disciplinas da engenharia quanto para a arquitetura e urbanismo. Um ponto em comum possibilitou esta revolução em duas áreas paralelas, a capacidade computacional; além de ter-se entendido que os problemas que eram enfrentados nos 20 anos anteriores não eram suscetíveis a pífios métodos de planejamento, investimentos limitados, ênfase no curto prazo e desconfiança dos processos de modelagem da realidade (ORTÚZAR & WILLUMSEN, 1994)

A solução para a engenharia foi a conquista da confiança nas soluções técnicas aliada às capacidades crescentes do processamento computacional. No nosso caso, a revolução que surgiu na arquitetura, conjuntamente com este ganho de capacidade de processamento, foi batizada de lógica social do espaço, por Bill Hillier e Julienne Hanson em seu livro homônimo, *"The social logic of space"* (HILLIER & HANSON, 1984). A partir daí pudemos modelar matematicamente aquilo que é o objeto principal do estudo da arquitetura, o espaço e suas relações com os fenômenos sociais e humanos, objeto de estudo mais próprio do urbanismo e planejamento urbano.

As metodologias de planejamento urbano, atualmente empregadas no Brasil, funcionam dissociadas de outras áreas do conhecimento, como as engenharias; em especial da engenharia de transportes (SILVA R. M., 2008, p. 10) que deveria ser tão próxima. Esta dicotomia disciplinar como Mascaró (1989, p.17) aponta pode ser contribuinte *"para que o conjunto urbano se apresente como fragmentos de um catálogo incoerente de elementos"*. Aponta-se com isto a necessidade de se abordar sistemicamente e multidisciplinarmente os problemas urbanos.

Segundo Hillier & Hanson (1984), o espaço público ou de movimento, em dualidade com o espaço privado, que funciona como barreiras dentro do ambiente urbano – e não só no urbano, diga-se de passagem – é entendido como palco das relações sociais e por isso

deve ser encarado tanto como causa quanto como efeito dos fenômenos humanos. Estas relações de causa e efeito são possíveis de se modelar com a ferramenta da sintaxe espacial, construída no livro já citado “The social Lógico of Space” (1984), e evoluída desde então por vários grupos de pesquisa em todo o mundo.

No Brasil, pesquisadores da DIMPU/UnB, Dimensões Morfológicas dos Processos de Urbanização, desenvolvem pesquisas que utilizam a teoria da lógica social do espaço e seu ferramental e o fazem em diversos ‘aspectos’. A bifurcação de pesquisa defendida pelo grupo é compartilhada por pesquisadores do PETRAN/UFC, em maioria arquitetos e urbanistas, na busca das relações entre o espaço e: 1) meio ambiente, e; 2) sociedade.

A linha investigativa *espaço – sociedade*, ou seja, quais os efeitos da configuração do espaço (natural e/ou construído) nas pessoas, é, neste trabalho, relativa a qualidade da mobilidade destas pessoas em cidades. Tal qualidade é medida tradicionalmente pela engenharia de tráfego, sob outro aspecto, o da demanda de transportes.

Aqui, neste trabalho, busca-se uma contribuição em outro aspecto, na relação *espaço – sociedade* mas em relação a dispersão da ocupação do solo, na espacialização das moradias, serviços, de onde as pessoas moram e para onde trabalham e como se deslocam na malha viária específica do transporte público e da cidade como um todo.

1.1. Mobilidade Urbana

Segundo Tagore & Skidar (1995) apud Loureiro, Henrique, & Cavalcante (2004), mobilidade é a capacidade que o usuário tem de se mover de um local para outro; e deve ser entendida como função da performance do sistema. Focando no movimento e no espaço propício para tal, deve-se entender que o transporte e a mobilidade são funções vitais para a existência humana, e direito este constitucionalmente garantido e regulamentado por lei federal de número 10.257, em 2001. Segundo esta lei, o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2002), qualquer cidade acima de 500 mil habitantes está obrigada a elaborar um plano de transporte urbano integrado (posteriormente rebatizado de Plano Diretor de Mobilidade, ou PlanMob), que começou a tomar forma com a publicação do caderno de referência do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007). Esta iniciativa tem como objetivos principais quatro grandes políticas nacionais; (a) Inclusão social; (b) Sustentabilidade ambiental; (c) Gestão participativa; e (d) Democratização do espaço público.

A mobilidade dos usuários do transporte público tem ainda suas peculiaridades. O usuário do sistema público de transporte pode ser entendido como predominantemente pertencente

às classes B, C, D e E (SEDU/PR, 2002 apud Loureiro, Henrique, & Cavalcante, 2004). Este mesmo estudo aponta a predominância nas metrópoles brasileiras de usuários pertencentes às classes B e C. Estudo de pesquisa de opinião com usuários do sistema público desenvolvido para a cidade de Fortaleza aponta um predomínio (cerca de 80% de usuários) das classes D e E; divergindo fortemente da tendência nacional (IBGE, 2000) & (FERREIRA, 2001).

Muitos são os aspectos relativos ao sistema de transporte coletivo que funcionam como impedâncias ao seu uso, e, portanto limitam a mobilidade daqueles que dependem deste tipo de transporte para seus deslocamentos diários. Podemos citar (Loureiro, Henrique, & Cavalcante, 2004) a inadequação do serviço, violência urbana ou ainda usuários com necessidades especiais como características de restrição de mobilidade. Esta diminuição de mobilidade também está associada aos congestionamentos crescentes em todo o mundo; e que ainda segundo o autor, são devidos, dentre outros, a 04 fatores principais; **(a)** Aumento da taxa de motorização da população; **(b)** Oferta insuficiente da infraestrutura de transporte; **(c)** Estrutura urbana incompatível com o aumento da motorização; e **(d)** Manutenção inadequada das vias. Percebe-se que destes 04 fatores apenas o item (a) refere-se a características de *demanda*, sendo os outros relativos à *oferta* do sistema.

1.2. Do objeto de estudo

Define-se aqui um recorte metodológico dentro do quadro exposto acima, enquadrando a caracterização da mobilidade urbana, através de métodos quantitativos. Esta medida foi tomada para aprofundarmos o estudo das interações entre o transporte e o espaço, sob a ótica da democratização do espaço, política pública de inclusão social e cidadania, materializada no PlanMob (BRASIL, 2007). Os termos inclusão e democratização aparecem novamente quando se trata das diretrizes para os planos diretores e o papel dos transportes e também como um dos maiores desafios a serem enfrentados no tocante do acesso ao transporte e, portanto à mobilidade e ao espaço.

Entende-se por democratização a qualificação da sociedade e do espaço urbano que dá direitos iguais a todos os cidadãos, prezando pelo “princípio da equidade no uso do espaço público” (PlanMob, 2007). Em estudo sobre a exclusão social, personificado na pobreza Silva (2008) aponta que há relação direta entre a pobreza e a “insuficiência de renda, (*mas também*) à privação do acesso a serviços essenciais e aos direitos sociais básicos”, (grifo nosso). Sua conclusão preliminar é que os transportes – ou a insuficiência destes - podem apresentar-se como potencializadores deste processo de exclusão social. Estudos apontam as famílias com renda mensal entre 5 e 6 salários mínimos como sendo os principais

atingidos pela exclusão através dos transportes (LOUREIRO, HENRIQUE, & CAVALCANTE, 2004); (SILVA, PORTUGAL, & SANTOS, 2004).

Em estudos fenomenológicos comparativos da renda média do trabalhador e número de passageiros transportados por ônibus urbano no Brasil (SILVA R. M., 2008, p. 12), apontou-se para o desequilíbrio entre oferta e demanda do próprio sistema de transporte como causa da apresentada diminuição da mobilidade. Entende-se na literatura que esta mobilidade é fator de suma importância para a configuração da ocupação da cidade pelas diversas faixas de renda (Lima & Vasconcelos, 1998; Abramo, 2001; Sanjad, 2003) e que as políticas públicas de planejamento e habitação potencializavam o que se chamava de externalidades - tempos excessivos de viagem, poluição, acidentes e congestionamentos – com as iniciativas de erradicação de favelas e construção de habitação nas periferias; culminando com a diminuição da acessibilidade a transporte e mobilidade.

Nas palavras de Silva (2008), *“a variável transporte pode ser um instrumento de desenvolvimento nos meios urbanos, desde que ocorra uma interatividade entre o sistema de transporte e o uso do solo, visando um equilíbrio entre a necessidade de transporte e acessibilidade”* e, apesar de concordar com a conclusão de que é preciso se rever o processo de ocupação do espaço da cidade, visando a diminuição da necessidade de deslocamentos longos, deve-se entender que a realidade atual dos grandes centros urbanos brasileiros mostra a necessidade de uma otimização dos modelos de oferta de transporte, principalmente os coletivos e alternativos; o que, por conseguinte, exigem também ferramentas de caracterização e diagnóstico dos transportes em conjunto com o fenômeno urbano e suas variáveis intrínsecas.

2. Problema

A proposta de democratização do espaço urbano, apresentada pelo Ministério das Cidades como referência de metas para os municípios, exige um plano de mobilidade; mas também necessita garantir acesso irrestrito aos equipamentos e facilidades a serem implantadas. O engessamento dos sistemas de mobilidade, que se utilizam do subsistema de infra-estrutura viária, diminui a capacidade do administrador/gestor de adaptar tal sistema a funções específicas e exige ferramentas mais precisas para diagnóstico e auxílio a tomada de decisão. Em outras palavras, por conta do grande custo necessário para a adaptação do sistema viário devido à contínua evolução das cidades (MASCARÓ, 1989), deve-se buscar métodos eficientes de se medir a realidade e explicar as causas e efeitos dos diversos fenômenos referentes ao sistema sob estudo antes de se tomar qualquer decisão, seja ela gerencial ou de planejamento. Portanto o problema apontado aqui

é que, em primeiro lugar, o subsistema de infraestrutura viária, dentre todos os subsistemas urbanos, é o de maior dificuldade de adaptação ao longo do tempo, devido a custos altos e a transtornos que são causados no ambiente urbano devido a sua alteração;

segundo, os métodos tradicionais, unidisciplinares, de mensuração da mobilidade são limitados a uma abordagem sob a ótica da demanda; enquanto a mensuração da oferta fica tradicionalmente por modelos 'não abstratos' por conta de ferramentas de pouco poder explicativo.

3. Hipótese

Utilizando-se uma abordagem quantitativa de análise do fenômeno urbano do acesso à mobilidade e a democratização do espaço da cidade, poderíamos definir modelos de entendimento e previsão destes fenômenos; que em conjunto com a abordagem qualitativa tradicional de análise urbana permitiria melhor embasamento para as tomadas de decisão de gestores, administradores e agentes públicos.

Esta hipótese aponta para um escopo maior, de criação de modelos de previsão do comportamento urbano. O elemento central deste artigo vem para contribuir para o entendimento destas ferramentas e ajudar a consolidar a prática multidisciplinar do estudo urbano, sendo mais bem explicadas nos objetivos.

4. Objetivo

Abordar o fenômeno da mobilidade urbana, em função de sua democratização e da inclusão social através do direito ao transporte, utilizando-se de estudos morfológicas do espaço urbano como variáveis independentes para caracterizar o fenômeno do acesso à mobilidade.

4.1. Objetivo específico

- Caracterizar a oferta de acesso do sistema de transporte público urbano de Fortaleza utilizando-se variáveis espaciais e socioeconômicas;
- Entender o papel do espaço ofertado pelo sistema no acesso à mobilidade urbana;
- Traçar paralelos entre as duas abordagens e sugerir maneiras de relacionamento mais próximo destas em uma proposta metodológica.

5. Objeto de estudo

Definiu-se como objeto principal do estudo o sistema de transporte coletivo, por razões simples; primeiro que segundo o ITRANS (Mobilidade e Pobreza, 2003) apud Silva et. al (2004) as maiores deficiências de mobilidade se encontram com a parcela de mais baixa renda da população, que constituem as classes C, D e E; uma segunda razão é que estudos recentes (IBGE, 2000) & (FERREIRA, 2001) apontam que estas são as classes que mais se beneficiariam com a melhoria dos transportes coletivos uma vez que são a grande maioria dos usuários;

Para o processo de caracterização foram utilizados os traçados das linhas de ônibus da cidade de Fortaleza (Figura 01), cedidos pela Autarquia Municipal da Cidadania (AMC), órgão responsável pela gestão do trânsito na capital cearense. Esta representação vetorial da malha de transporte coletivo da cidade apresentava-se formada por o que se chama na engenharia de transportes de “*links*”, ou trechos de vias entre cada quarteirão, constituídos por suas “*road center lines*”, ou linhas centrais (vide Turner, 2005;2007; Cavalcante, 2009). Isto significa que na malha computacional do sistema de ônibus utilizada para o estudo cada via era representada apenas por um eixo central, subdividido em vários segmentos tão longos quanto os quarteirões reais a que se referem.



FIGURA 01. Mapa axial do sistema de transporte público da cidade de Fortaleza - CE

Os dados a serem analisados foram organizados segundo a divisão do espaço da cidade em bairros, sendo assim, todas as variáveis coletadas utilizaram este nível de agregação de dados. A divisão da cidade por bairros pode ser vista na figura 02.



FIGURA 02. Mapa de bairros da cidade de Fortaleza. (SEINF, 2010)

6. Variáveis utilizadas

6.1. Variáveis socioeconômicas e espaciais

A primeira variável disponível para o estudo das unidades de agregação de dados foi a população total dos bairros. Os dados são referentes aos censos de 1991 e 2000, fornecidos pelo IBGE (IBGE, 2000) e Prefeitura municipal de Fortaleza (SEINF, 2010). Pode-se observar na Figura 03 os dados referentes à população total.

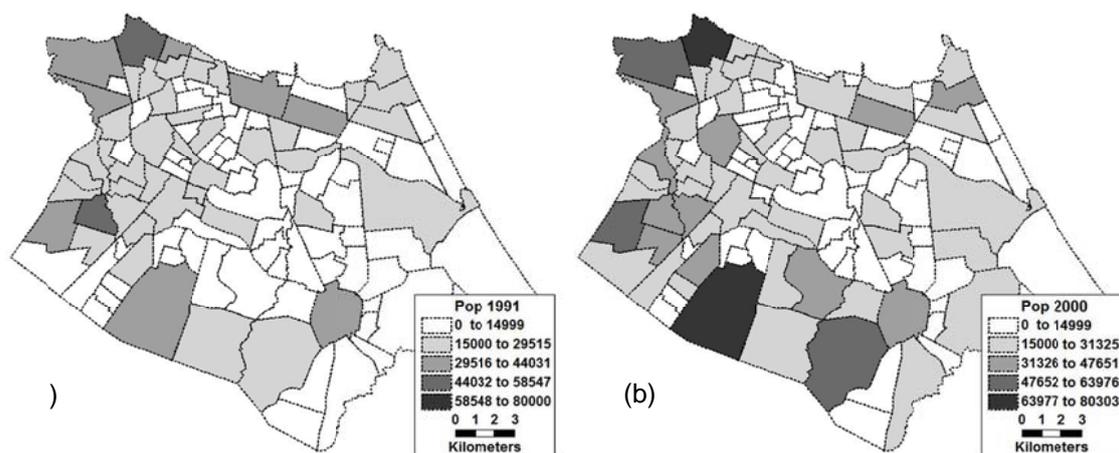


FIGURA 03. Total da população dos bairros de Fortaleza em dois períodos, (a) 1991; e (b) 2000.

Para o estudo da democratização da mobilidade, como já explicitado na contextualização, precisa-se objetivar a análise dos dados socioeconômicos segundo a faixa da população que é diretamente dependente do sistema de transporte coletivo. As duas variáveis escolhidas para esta tarefa foram a faixa de renda, que segundo Loureiro et. al (2004) pode ser limitada às classes C e D, as maiores utilizadoras do sistema de ônibus na capital

cearense. Os dados de renda apresentados a seguir (Figura 04) são relativos a média salarial para a população que ganha até 5 salários mínimos (SM), e o total de domicílios, em cada bairro, pertencente a esta faixa de renda.

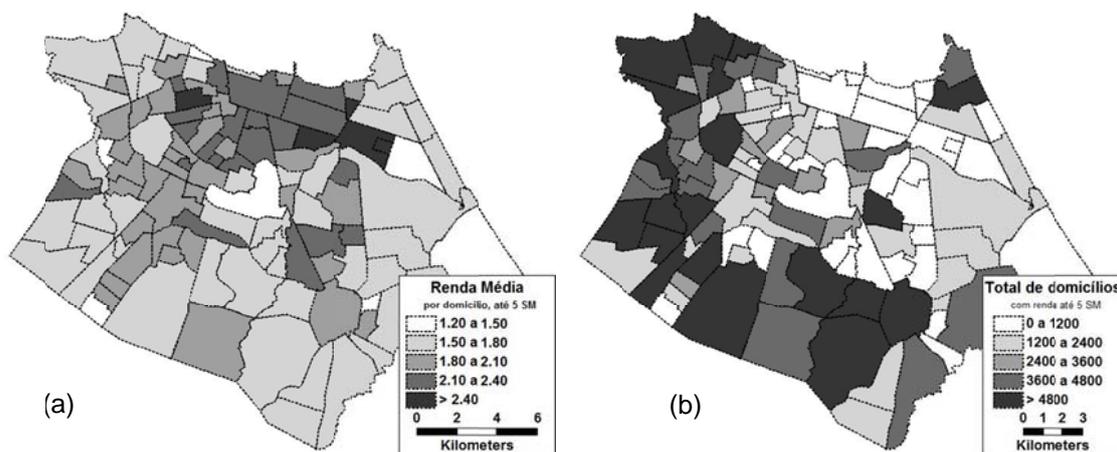


FIGURA 04. (a) Renda média por bairro até 5 SM; (b) Número de domicílios com renda até 5 SM.

6.2. Variáveis do sistema de transporte

Outro conjunto de dados se refere à própria malha viária, em especial a malha do sistema de transporte coletivo, já apresentado. Além das linhas de ônibus disponíveis para a população devemos salientar a importância da existência e localização dos pontos ou paradas de embarque e desembarque (E/D), que funcionam como ponto de entrada e saída do sistema. O mapa dos pontos de E/D pode ser observado na figura 05. Eles totalizam 4400 pontos em toda a cidade, posicionados ao longo de todo o subsistema de ônibus, com certa regularidade, apresentada na tabela 01.

Intervalo (m)	Número de Paradas	Percentual	% Acumulado
0 - 100	473	3,6%	3,6%
100 - 200	2.344	18,0%	21,6%
200 - 300	4.591	35,2%	56,8%
300 - 400	2.785	21,3%	78,1%
400 - 500	1.317	10,1%	88,2%
500 - 600	633	4,9%	93,1%
600 - 700	323	2,5%	95,6%
700 - 800	156	1,2%	96,7%
800 - 900	151	1,2%	97,9%
900 - 1.000	83	0,6%	98,5%
1.000 ou mais	190	1,5%	100,0%

TABELA 01. Distância entre paradas e seus percentuais dentro do sistema. (fonte: ETUFOR)

A própria malha viária, observável na figura 01 apresenta várias características quantitativas que serão levadas em consideração na análise seguinte. Os dados, montados em

plataforma SIG – software *TransCad 4.5*, produzido pela “*Caliper Corporation*” - são relativos às seguintes características, agregados por bairro: (a) Número de linhas servidas; (b); Comprimento da malha em Km; e (c) valores morfológicos da malha, vistos a seguir.



FIGURA 05. Pontos E/D do sistema viário, e a divisão política do município. (fonte: ETUFOR)

7. Variável sintática do espaço

O primeiro passo, definido já no objetivo principal deste artigo, é buscar modelar o espaço ofertado pelo sistema de transporte público. Para tal valeu-se de método de modelagem abstrato quantitativo. Uma proposta deste artigo é a aplicação do método da sintaxe espacial (SE), utilizando-se a variável de integração axial do sistema. Para tal será utilizado o “software” UCL *DepthMap 7.12*, desenvolvido por Alasdair Turner (2007). A variável integração, derivada das primeiras teorias da SE (HILLIER & HANSON, 1984), em resumo, mede quantas conversões, dentro do sistema de eixos pré-definido, o sistema exige para se acessar todos os outros pontos do sistema; sempre utilizando os caminhos mais curtos possíveis. Eixos que precisem de menos conversões para acessar todos os outros são considerados mais integrados ao sistema e, portanto mais fáceis de serem acessados.

Os estudos sintáticos desta malha foram feitos utilizando-se 3 métodos diferenciados, todos eles relacionados à variável integração, já explicada. O primeiro método utiliza um número ilimitado de conversões a serem contadas, o segundo limita o número de conversões a 12, que é considerado o valor de profundidade média da malha urbana de Fortaleza (CAVALCANTE, 2009); e por último foi utilizado o limite de 3 conversões, entendido como sendo a melhor representação para movimentos de pedestres. Resultados na Fig. 06.

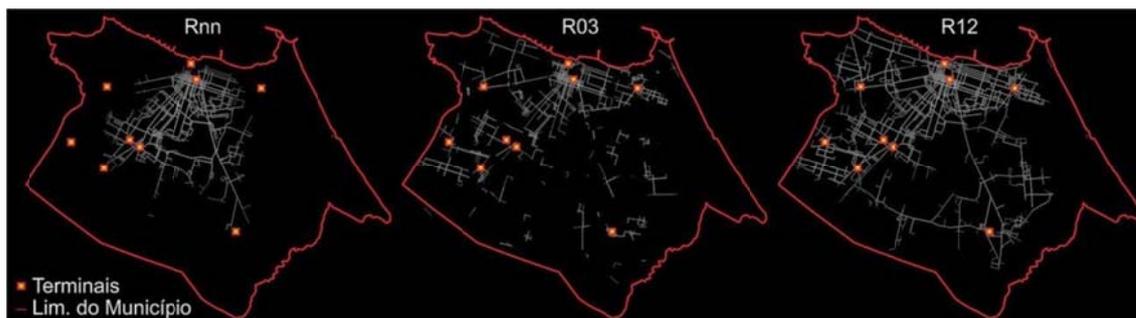


FIGURA 06. Mapa axial de integração para número de conversões (R) nn, 03 e 12 (fonte: o autor).

O que está representado graficamente na figura 06, advém de uma lista de valores de integração referentes a cada um dos “links” que formam a malha dentro do modelo computacional. Valores mais integrados aparecem em cores mais claras, enquanto “links” menos integrados aparecem em cores mais escuras, até o ponto de tornarem-se invisíveis devido ao fundo preto. Esta lista de valores alimenta o banco de dados da plataforma SIG utilizada para as análises subsequentes.

8. Análises dos dados

Na fase de análises os dados socioeconômicos são relacionados com dados da infraestrutura e morfológicos. Os resultados obtidos nos permitirão reconhecer padrões na oferta do sistema existente. Dados de renda são definidos segundo os padrões de demanda, como vinha sendo explicado na contextualização deste trabalho. A seguir observa-se os resultados das análises qualitativas e quantitativas destes dados..

8.1. Relações infraestruturais

8.1.1. Quantidade de Km de linhas

Os dados de infraestrutura são os dados relativos ao sistema de transporte instalado. Deste sistema extraíram-se conjuntos de dados referentes à quantidade de Km de linhas, número de linhas e número de paradas de embarque e desembarque (E/D), sempre no nível de agregação de bairro, nível este necessário de se adotar pela limitação da fonte de dados referentes às variáveis socioeconômicas, apresentadas na fonte por bairro.

Relativo à quantidade linhas de ônibus existentes na cidade. Observa-se na fig. 07(a), em uma representação de densidade de linhas por bairro, uma concentração na porção grifada da imagem. Importante notar que esta região concentra 07 dos 09 terminais municipais de transbordo. Em outra representação, a razão entre este número de linhas e a população de cada bairro. Os valores variam entre 04 e 229 para cada mil habitantes, e tem comportamento pouco diferente do anterior. Apesar de ainda apresentar concentração no eixo grifado da primeira imagem, áreas mais espalhadas pelo centro da mancha urbana

apresentam concentração também alta. Os dois bairros circutados na imagem 07(b) – Aeroporto e Salinas – são pouco habitados, o que gera valor de concentração mais alto.

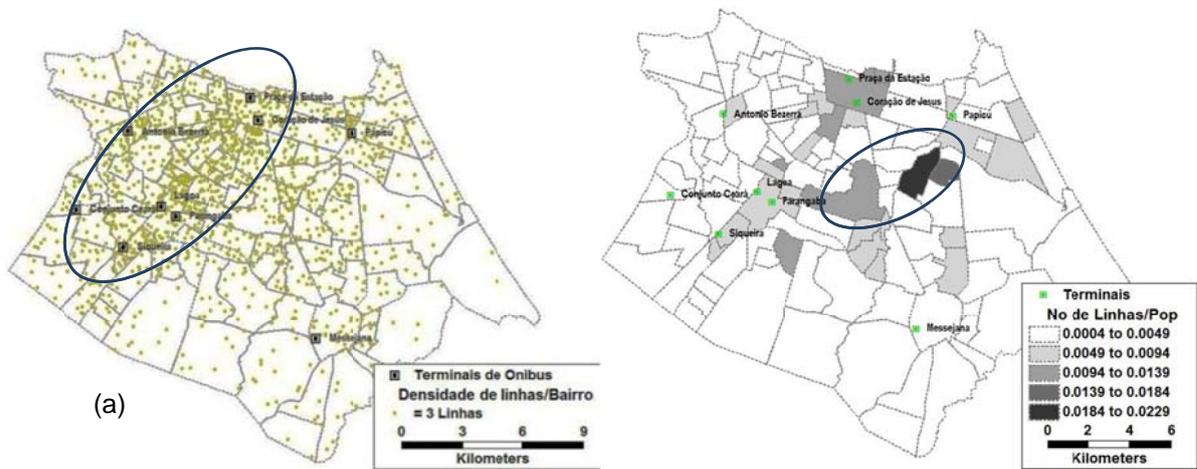


FIGURA 07. Em (a) densidade de linhas de ônibus por bairro, com relação ao posicionamento dos terminais; e (b) relação do n° de linhas e a população dos bairros. (fonte: os autores)

Relativo à quilometragem de vias pertencentes ao sistema (fig. 08a), deve-se observar que dos grupos de bairros, divididos em classes por número de domicílios pertencentes à faixas de renda até 5 salários mínimos, foram descartados os bairros que se apresentaram como “outliers” estatísticos, ou seja, aqueles bairros que por características especiais não podem ser contatos igualmente aos outros; como é o caso do bairro Centro. Por ser ponto de destino prioritário da maioria das linhas - 175 das 278 linhas da cidade têm o bairro Centro como destino ou origem (ETUFOR, 2010) - sua participação na análise foi descartada.

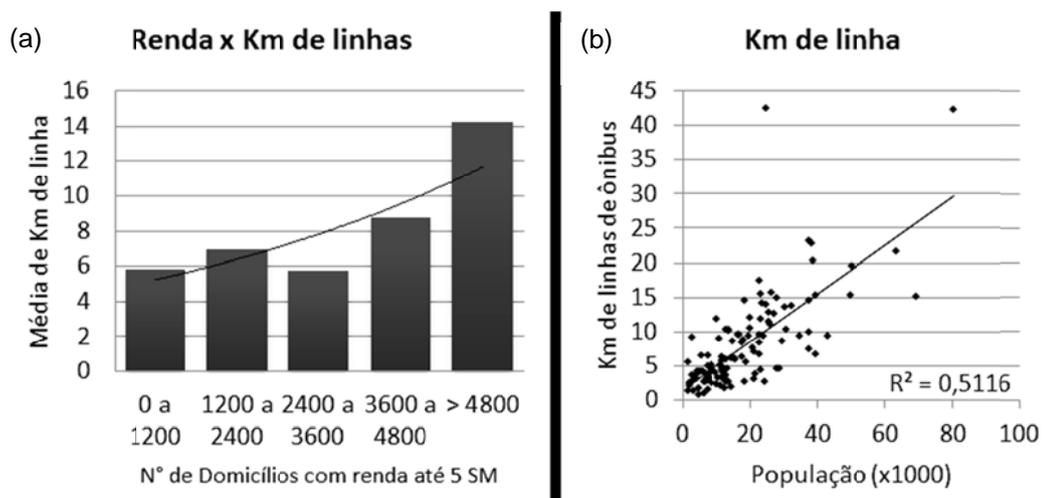


FIGURA 08. (a) Representação da média de Km de linhas dos bairros pertencentes a cada classe, definidas pelo número de domicílios com renda menor que 5 salários mínimos.; já em (b) diagrama de dispersão dos valores de Km de linhas de ônibus, (fonte: os autores)

O que se observa na figura 08(a), em níveis agregados, é uma tendência dos bairros que apresentam maior contingente de usuários potenciais, ou aqueles pertencentes às classes D e E – com renda até 05 salários mínimos - serem dotados de maior infraestrutura viária para fins de transporte coletivo. Em análise de regressão entre as variáveis “Km de linhas/Bairro” e “Total da população/Bairro” verifica-se um índice de correlação relativamente alta ($R^2=0,51$, ou índice de correlação de 0,72; ver fig. 08(b)); informação esta que corrobora com o demonstrado na figura anterior. Já era esperada uma multicolinearidade estatística entre população total e população dentro da faixa de renda esperada; entretanto o que se demonstrou referente às faixas de renda até 5 SM foi a relação entre a quantidade de infraestrutura de transporte coletivo e a quantidade de usuários *potenciais*.

8.1.2. Paradas de embarque e desembarque

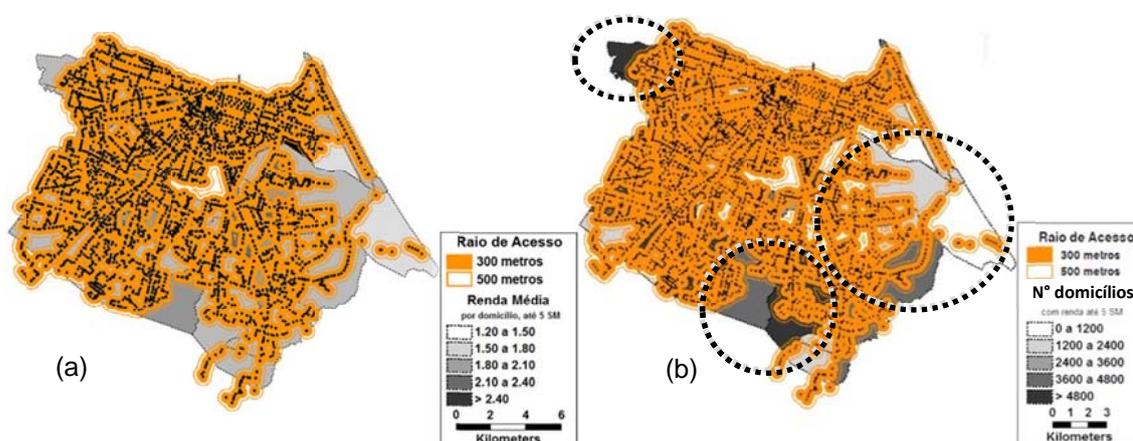


FIGURA 09. Distribuição das paradas com raios de acesso (fonte: ETUFOR); (a) relação com a renda média dos bairros; e (b) relação com o total de domicílios na faixa de renda até 5 SM. (fonte: o autor)

Baseado em dados fornecidos pela própria ETUFOR (empresa responsável pela gerencia do sistema de transporte público de Fortaleza), percebe-se que a maior parte da cidade está coberta pelos raios de acesso dos pontos de E/D, o que significa que, dentro do raio de 500m – equivalente a uma caminhada de 08 min em marcha média – estas áreas têm fácil alcance dos pontos de entrada e saída, ou origem e destino (embarque e desembarque) dentro do sistema de transporte público. A figura 09(a) mostra que as áreas que não estão cobertas (os cinzas mais claros) pertencem, em sua quase totalidade, a bairros cuja média de renda domiciliar está abaixo de 2.10 salários mínimos, bairros mais abastados – com média de renda mensal da população que ganha até 5 SM, maior que 2.10 SM (cinzas mais escuros – vide figura 4a) estão cobertas dentro de distâncias “caminháveis”. Já na figura 09(b) a mesma mancha de acesso aos pontos E/D deixam descobertos, principalmente, nas porções sul e leste do mapa (grifadas), áreas de bairros que contam com grande número de domicílios dentro da faixa das classes D e E } (vide figura 4b), que são os maiores usuários de ônibus, e em sua grande maioria dependentes deste sistema.

As áreas destacadas na figura 09(b) apontam para os espaços descobertos pelo sistema e que apresentam grande número de potenciais usuários de transporte coletivo. Importante notar o fato de que estas áreas estarem todas na porção periférica da mancha urbana, o que se explica pelo custo de implantação da infraestrutura. Estes bairros periféricos tendem a distorcer as análises quantitativas que relacionem qualquer variável com as áreas destes bairros (seja de infraestrutura, como paradas ou Km de linhas; ou de variáveis socioeconômicas como população, renda etc...), uma vez que muitas destas variáveis contam com vastas porções não urbanizadas e desocupadas, o que resulta em baixa densidade demográfica. Quando utilizada como variável explicativa a área destes bairros acaba por superestimar os resultados das demais variáveis. Em muitos casos trata-los como “outliers” estatísticos acaba por aprimorar o poder de previsão dos modelos de regressão. Na maioria dos casos estudados aqui os bairros Sabiaguaba, Lagoa Redonda e Edson Queiroz, Prefeito José Walter e Jangurussu, todos destacados na Figura 09(b), foram descartados da análise estatística. Os gráficos de regressão podem ser vistos na fig. 10.

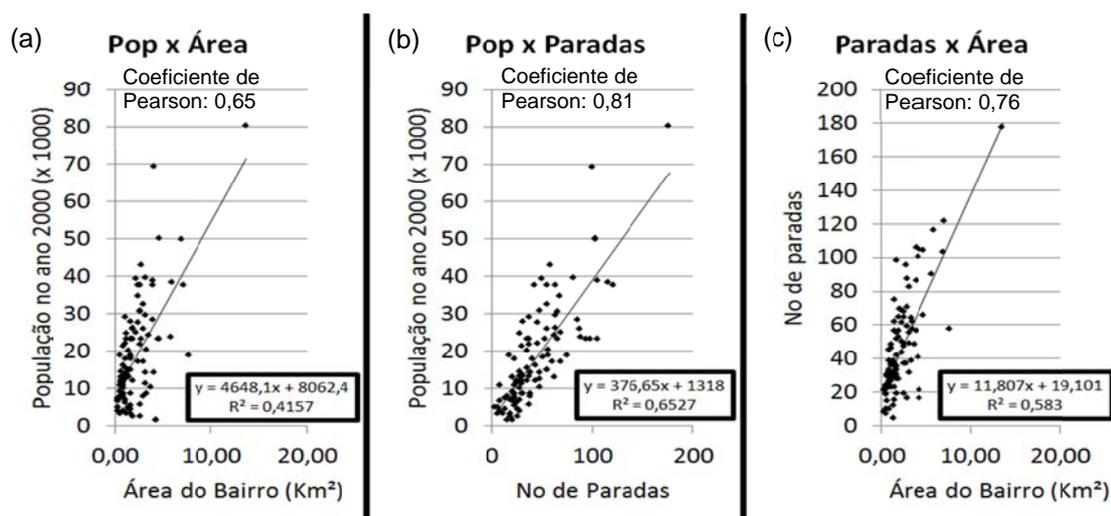


FIGURA 10. Diagramas de dispersão entre as variáveis, (a) população; (b) número de paradas e (c) área de cada bairro. (fonte: os autores)

Estes últimos dados estatísticos apontam para uma forte correlação (coeficiente de Pearson) entre o total da população e o número de paradas existentes no bairro. Podemos atribuir esta relação forte à constante busca pelo equilíbrio entre demanda e oferta, princípio fundamental da engenharia de transportes, anunciado por autores clássicos como Manheim (1979) e Sussman (2000). Complementarmente a estas relações, pode-se evidenciar, a partir da análise de dados agregados de renda da população usuária potencial (até 5 SM), a relação linear crescente, ilustrada na fig. 11, deste número e o de paradas de embarque e desembarque, que representa fisicamente a possibilidade de acessar o sistema de transportes; ou ainda ser entendido como um indicador de oferta de acessibilidade.

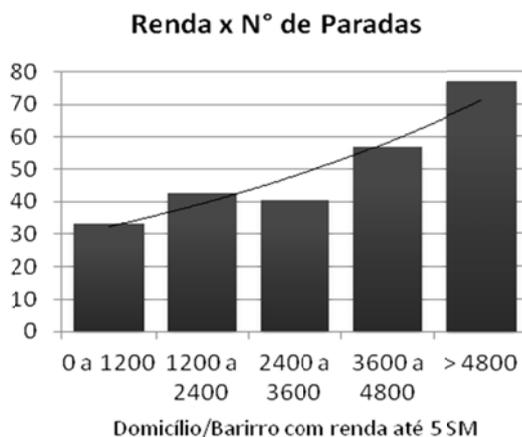


FIGURA 11. Relação entre as classes de n° de domicílios/ bairro com renda até 5 SM e o n° de paradas (fonte: os autores)

8.2. Relações morfológicas

8.2.1. Integração

Os resultados obtidos a partir das relações entre as diversas variáveis sociais e físicas e a variável morfológica, que pode ser definida também como sendo abstrata, são apresentados, a princípio, de maneira visual. A figura 12 apresenta a coincidência das manchas referentes a duas variáveis já apresentadas; (a) a representação da densidade de Km de malha de transporte público por bairro; (b) a mancha referente aos valores de integração, pelo método HH R12; e (c) integração pelo método HH R03, sendo estas duas últimas variáveis que quantificam abstratamente as relações entre os vários eixos de movimentação dentro do sistema em estudo. Podemos perceber que existe coincidência do posicionamento das manchas mais marcantes nos três gráficos, entretanto mais acentuada entre as duas primeiras imagens, (a) e (b).

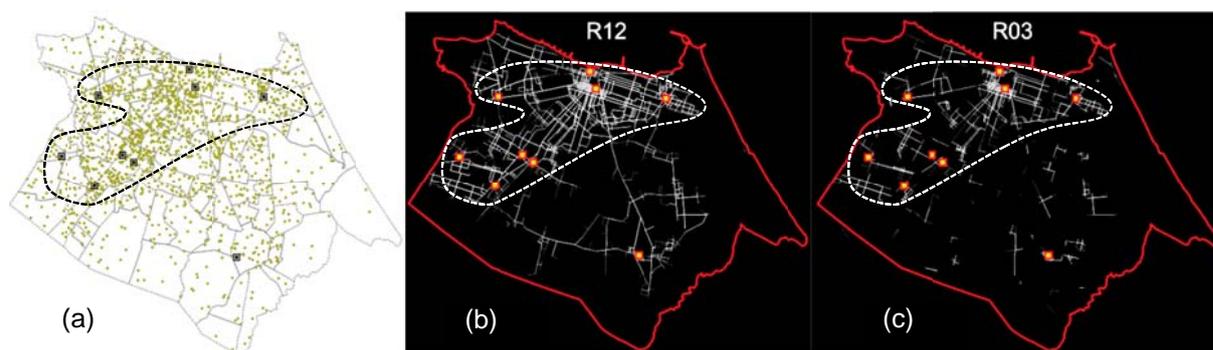


FIGURA 12. (a) densidade de linhas de ônibus (n° de linhas / bairro); e (b) Valores da variável Integração (obtidas a partir do software UCL *DepthMap* 7.12); ambas em relação aos terminais.

Interessante notar que ambas as medições apresentam-se relacionadas às localizações dos terminais de transbordo. As manchas (principalmente (a) e (b)) mostram características muito semelhantes no que diz respeito ao padrão de cobertura da área do município, desenvolvendo-se prioritariamente ao longo das conexões diretas entre terminais. Relações

estatísticas mais representativas não puderam ser obtidas devido à dificuldade de se relacionar os valores de integração, que são inerentes dos eixos de deslocamento, com variáveis agregadas por bairros e que também serviram de nível de agregação para as demais variáveis.

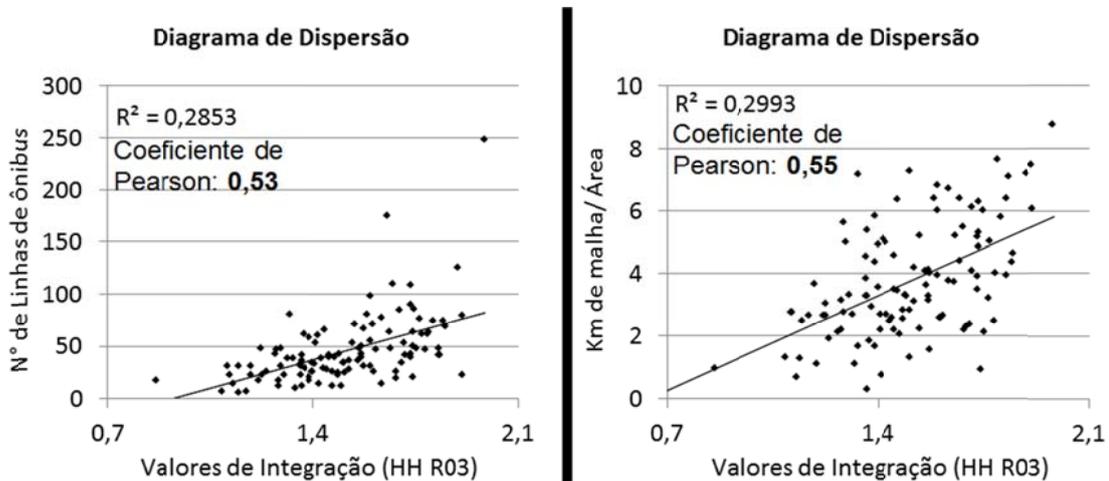


FIGURA 13. Diagramas de dispersão relacionando os valores de Integração e (a) nº de linhas de ônibus disponíveis; e (b) Km de linhas; ambas agregadas por bairro.

Na figura 13 são apresentados diagramas de dispersão contendo as correlações entre os valores de integração (método HH R03, agregados por bairro) e outras duas variáveis: (a) número de linhas de ônibus; e (b) Km de malha/Km² dos bairros. Os valores de correlação alcançados são entendidos, segundo a interpretação clássica do coeficiente de Pearson, como moderada, para ambos os casos.

8.2.2 Integração Ponderada pelo tamanho do link

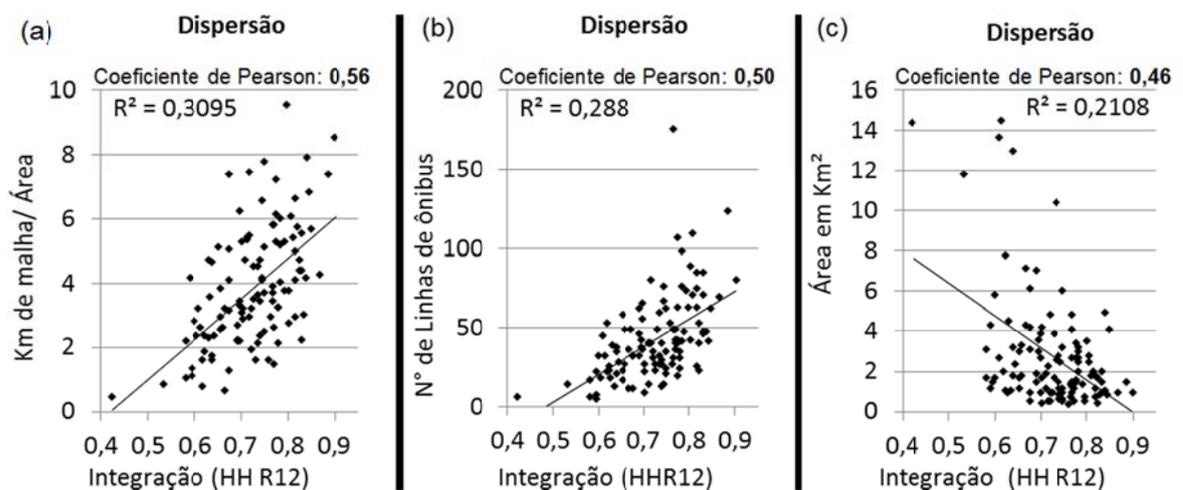


FIGURA 14. Diagramas de dispersão relacionando Integração (HH R12) e: (a) Km de malha por Área (b) Nº de linhas de ônibus disponíveis; e (c) Área dos bairros em Km²; agregadas por bairro.

Uma nova tentativa de análise foi feita a partir da ponderação dos valores de integração de cada link pelo seu tamanho, em Km. Esperava-se, com esta medida, uma maior relação de

dependência entre as variáveis estudadas, um vez que o índice de correlação se deu a partir da análise visual (vide fig. 12) dos padrões de dispersão espacial das variáveis integração (pelo método HH R12) e a Km de linhas por bairro. O que observou-se (fig. 14) foi um ganho marginal no índice de correlação, que continuou na faixa entendida como moderada.

A análise de correlação para raio 3 (R03), que diz respeito à medição morfologia mais próxima do comportamento de pedestres, ainda em relação às mesmas variáveis físicas do sistema ((a) densidade da malha, (b) N° de linhas por bairro; e (c) a área de cada bairro). Os resultados obtidos diferenciam-se muito pouco se comparados aos relativos ao raio 12. As correlações encontradas, apesar de apenas moderadas, mostram consistência com relação ao entendimento das variáveis em questão; os valores de integração, que representam a relação de conectividade com o coletivo dos eixos de deslocamento existentes, não pode ser totalmente explicado pelos outros fenômenos medidos, mas é afetado por estes.

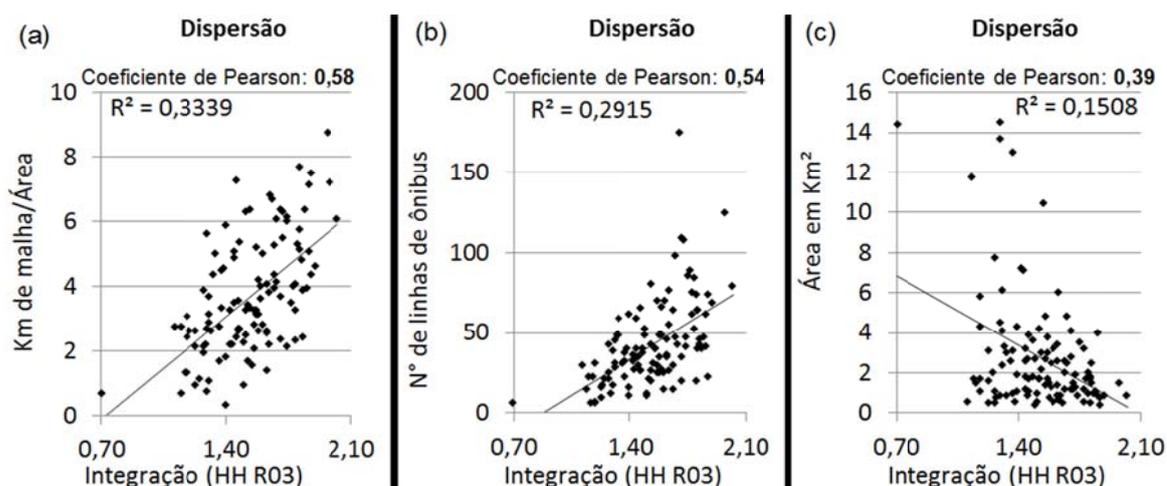


FIGURA 15. Diagramas de dispersão relacionando Integração (HH R03) e: (a) Km de malha por Área (b) N° de linhas de ônibus disponíveis; e (c) Área dos bairros em Km²; agregadas por bairro.

A última análise proposta para a variável abstrata da sintaxe espacial é uma tentativa de relação direta, mesmo que agregada, com as faixas de renda. As classes, referentes ao número de domicílios em cada bairro que pertence à faixa de renda potencialmente usuária do sistema apresentam, em (a) os valores médios de integração ponderada dos bairros, enquanto que em (b) temos a representação dos desvios padrão em “boxplot”, onde temos a nítida confirmação da curva de tendência decendente, apresentada no primeiro gráfico. Pode-se entender que há uma tendência do sistema oferecer mais integração com a malha para os bairros que apresentam menor número de domicílios dentro da faixa de renda pretendida. Pode-se perceber a partir da fig. 04(a) que os bairros com maior número de usuários potenciais encontram-se na periferia da mancha urbana, corroborando então com o entendimento de que estas áreas mais externas são menos dotadas de infraestrutura, que

desenvolveu-se conjuntamente com a evolução da cidade, de forma concentrica, a partir do centro histórico.

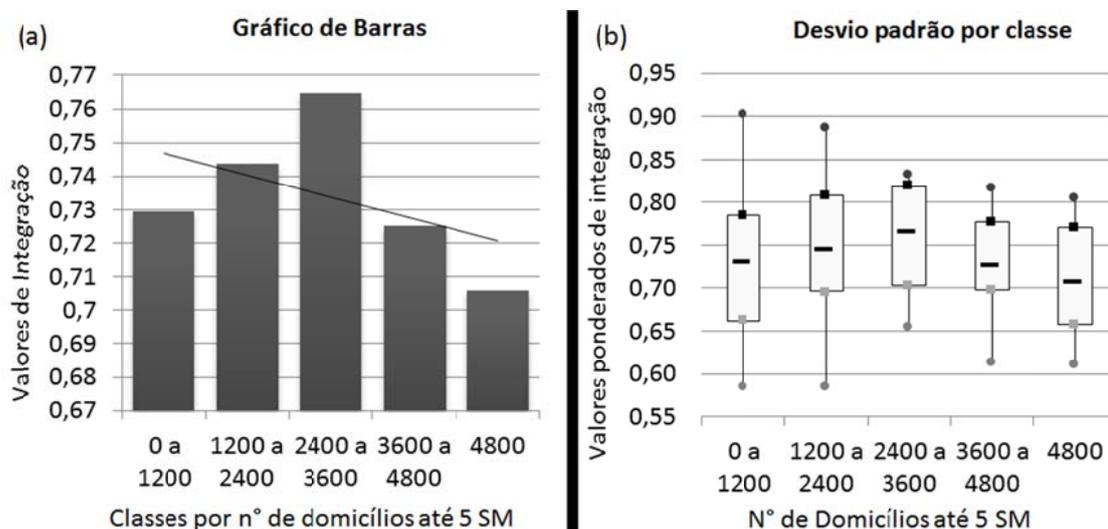


FIGURA 16. (a) Gráfico de barras com as médias de integração dos bairros que se apresentam dentro das classes, definidas pelo número de domicílios com renda até 5 SM. Já em (b) temos a representação dos mesmos dados em forma de “boxplot, evidenciando o desvio padrão dos dados.

9. Conclusões

Pelos resultados obtidos a partir das análises de correlação e regressão das diversas variáveis estudadas observa-se padrões semelhantes de organização espacial, inclusive relacionadas à variáveis abstratas propostas como medida plausível do fenómeno da acessibilidade à mobilidade. Tais análises, referentes à capacidade de oferta do sistema, tornam-se ainda mais ricos quando refletidos nas medidas de demanda, pautados pelo estudo de Loureiro et al (2004), componente da base teórica deste artigo, que constatou alta correlação entre as baixas taxas de viagens produzidas dentro do espaço da cidade de fortaleza com os reduzidos padrões de renda, para uma região 01 e aos baixos níveis de acessibilidade para uma região 02 (fig 17). A região 03, mais abastada, apresenta-se com poucas conclusões no citado trabalho, mas é caracterizada pela maior facilidade de integração da malha nos bairros com menor número de domicílios dentro da faixa de usuários potenciais (fig. 16), apesar de apresentarem maior número de paradas E/D nestes bairros (Fig. 11). Tais conclusões corroboram com o que se observou nos estudos comparativos (fig. 14), que mostram regiões pouco atendidas pelo sistema (coincidentes com a região 02), e outra com muita oferta, inclusive servida dos terminais de transbordo intramunicipais (equivalente às regiões 01 e 03 da fig. 17).

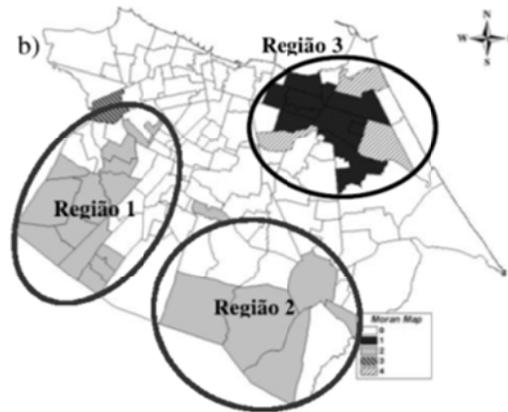


FIGURA 17. Imagem do trabalho de Loureiro et al, 2004; onde vemos as regiões estudadas.

Percebe-se, desde o início que não é possível explicar completamente o fenômeno estudado utilizando-se apenas as variáveis sintáticas (morfológicas). A maior contribuição deste trabalho é adicionar à bibliografia existente relações quantitativas entre diversas variáveis físicas contribuintes para o processo de mobilidade urbana em conjunto com a variável abstrata fornecida pela sintaxe espacial. Entende-se a limitação das variáveis estudadas, que dizem respeito a apenas um modelo de mobilidade urbana (o sistema de transporte público de Fortaleza) e a faixa específica da população. Para o desenvolvimento de um modelo mais abrangente de medição do acesso à mobilidade várias realidades urbanas deveriam ser medidas para que pudessemos ter um melhor entendimento de como tal fenômeno e variáveis se comportam no dia a dia das cidades.

Desenvolvimento de metodologias de coleta e análise de dados relativos ao fenômeno comportamental de acessibilidade à mobilidade é objetivo importante dos próximos trabalhos a serem desenvolvidos nesta temática. Esta medição da realidade é necessária para funcionar como variável dependente de um modelo quantitativo a ser desenvolvido heurísticamente. Uma proposta plausível para o melhor entendimento da democratização à mobilidade é a busca de desenvolvimento de modelo multinomial onde as diversas variáveis estudadas aqui, em conjunto com outras apresentadas em outros estudos, como viagens geradas/domicílio, ou ainda acessibilidade por zona (medidas de demanda apresentadas por Loureiro et al, 2004), entrem como variáveis independentes no modelo e possam explicar a democratização à mobilidade.

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da UFC pelo apoio.

Referências bibliográficas

ABRAMO, P.(2001) Quadro notas preliminares sobre a teoria econômica da favela: Localização residencial e mercado de trabalho. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de pós-graduação e pesquisa em Planejamento Urbano e Regional: ANPUR, Anais. Rio de Janeiro.

- BRASIL. (2002). *Estatuto da cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos*. Brasília: Câmara dos Deputados.
- BRASIL. (2007). *PlanMob - Construindo a cidade sustentável*. Brasília: Ministério das Cidades.
- CAVALCANTE, A. P. (2009). *A arquitetura da cidade e os transportes: o caos dos congestionamentos em Fortaleza - Ceará*. 2009, Tese - Universidade de Brasília, PPG/FAU. Brasília.
- ETUFOR. (2010). *Anuário de transportes públicos de Fortaleza*. Fortaleza - CE: Prefeitura de Fortaleza.
- FERREIRA, A. S. (2001). *Uma análise da satisfação dos usuários em relação ao Sistema Integrado de Transportes Coletivo no município de Fortaleza*. 2001. Monografia de Especialização: UFC.
- HENSHER, D. A., & BUTTON, K. J. (2000). *Handbook of Transportation Modelling*. Elsevier Science, New York.
- HILLIER, B., & HANSON, J. (1984). *The social logic of space*. Cambridge: The University Press.
- IBGE. (2000). *Fortaleza - Base de informações por setor censitário da área urbana dos distritos-sede - Censo demográfico 2000*. Em CD-Rom: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- LIMA, I. M., & VASCONCELOS, E. (1998). *Quantificação das deseconomias do transporte urbano: Uma resenha das experiências internacionais*. Brasília: IPEA.
- LOUREIRO, C. F., HENRIQUE, C. S., & CAVALCANTE, R. A. (2004). *Caracterização espacial da mobilidade dos usuários cativos do sistema integrado de transporte de Fortaleza*. In: XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes: ANPET. Florianópolis.
- MANHEIM, M. L. (1967). Principles of Transport System Analysis. Highway research Record, No 180, pp 11-20, 2 FIG, Washington DC.
- MASCARÓ, J. L. (1989). *Desenho Urbano e o custo da urbanização*. Ed. D.C. Luzzatto.
- ORTÚZAR, J. D., & WILLUMSEN, L. G. (1994). *Modelling Transport* (2nd Edition ed.). New York: John Wiley & Sons Ltd.
- SEINF. (2010). *Site da Prefeitura*. Acesso em 03 de Nov de 2010, disponível em <http://www.fortaleza.ce.gov.br/>
- SILVA, D. S., PORTUGAL, L. S., & SANTOS, M. P. (2004). *O sistema de transporte e a exclusão urbana*. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e pesquisa em planejamento urbano e regional: ANPUR, Anais. Florianópolis.
- SILVA, R. M. (2008). *Pobreza e Transporte: A Acessibilidade compromete as condições de vida da população pobre?* In: XVI Encontro Nacional de Estudos Populacionais. Caxambu. Anais
- SUSSMAN, J. (2000) Introduction to transportation systems. Artech House, Boston, MA.
- SANJAD, M. R. *Localização de grandes empreendimentos urbanos e impactos na dinâmica imobiliária: o caso do Shopping Center Rio Sul*. Dissertação de Mestrado. COPPE – PET / UFRJ. Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- TURNER, Alasdair (2007). Software gratuito UCL Deptmap 7.12.00d, desenvolvido pela "University College of London". Encontrado em <http://www.vr.ucl.ac.uk/depthmap/>