Faculdade de Arquitetura

Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR)

Grupo Sistemas Configuracionais Urbanos

Análise do Privilégio Locacional de Residências Frente a Serviços de Educação Infantil Utilizando Redes Espaciais Urbanas: Estudo de Caso *L.*

Resumo

O trabalho baseia-se na discussão a respeito da carência e distribuição ineficiente de equipamentos de educação infantil nas cidades brasileiras que acaba levando a altos índices de evasão escolar, atraso no aprendizado e falta de vagas em certas escolas (em detrimento da sobra em outras), entre outros fatores associados a má gestão da coisa pública.

Assim, o objetivo desse trabalho é propor um procedimento metodológico que consiste, inicialmente, na conversão do sistema viário de uma cidade numa rede e, posteriomente, aplicar um modelo configuracional urbano capaz de hierarquizar espaços em função de suas maiores ou menores facilidades de acesso a tais serviços (Krafta, 1996). Depois de hierarquizar os espaços dessa rede com maior e menor privilégio locacional considerando o acesso de residências a equipamentos de educação infantil, a metodologia apresentada traça um perfil de renda e etário dos residentes nas áreas mais e menos privilegiadas espacialmente através de uma média ponderada dada em função dos vértices da rede e dos setores censitários do IBGE (2011) numa cidade do interior do estado de SP.

Os resultados obtidos, comparando-se as áreas mais e menos privilegiadas espacialmente para se alcançar esses equipamentos, sugerem que as quantidades de população em idade escolar infantil são claramente menores do que a média municipal nos espaços mais privilegiados, além de possuírem um perfil de renda que sugere melhores condições do que a média do município. Em contrapartida, as áreas menos privilegiadas parecem ser aquelas que concentram crianças na faixa etária de 0 a 7 anos incompletos e adultos com perfis de renda sensivelmente mais baixos do que aqueles residentes nas áreas mais privilegiadas.

Faculdade de Arquitetura

Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR)

Grupo Sistemas Configuracionais Urbanos

Análise do Privilégio Locacional de Residências Frente a Serviços de Educação Infantil Utilizando Redes Espaciais Urbanas: Estudo de Caso *L.*

Lima, Leonardo (leonardo.lima@ufrgs.br)[1]

1 – Introdução

O ensino infantil (a primeira etapa da educação básica) é, atualmente, atribuição exclusiva das administrações municipais. Assim, é pertinente imaginar que essas cidades deveriam possuir critérios para a definição da localização de creches e escolas infantis de maneira a se otimizar o acesso de país e responsáveis a esses espaços. No entanto, os critérios para a localização de tais equipamentos parecem carecer de definições espaciais precisas, sugerindo que a decisão locacional é dada em função, quase que exclusivamente, da disponibilidade de imóveis pertencentes a prefeitura do município que posteriormente são convertidos em espaços para educação infantil.

O objetivo desse trabalho é discutir a tomada de decisão locacional de gestores públicos, de maneira a ser possível traçar um perfil etário e de renda dos residentes dos espaços que possuem maior privilégio espacial frente a estabelecimentos de ensino infantil, tanto da rede de ensino pública quanto da rede de ensino privado. Portanto, com o auxílio de modelos configuracionais urbanos, esse trabalho irá avaliar o perfil de renda dos espaços com com crianças residentes aptas a utilizar esses equipamentos desde o ponto de vista do maior e menor privilégio locacional frente a tais estabelecimentos. Aqui, entende-se por estabelecimentos de educação infantil aquelas escolas destinadas a educação de crianças de 0 a 7 anos (incompletos). Assim, após discutir o déficit de vagas na educação infantil do país, esse trabalho irá fazer uma breve revisão de

[1] Leonardo Lima é arquiteto e urbanista graduado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, 2012), Mestre em Planejamento Urbano e Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR, 2015) e aluno especial da disciplina de Introdução ao Geoprocessamento do programa de Doutorado em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2016).

definições e conceitos relacionados aos estudos configuracionais urbanos (que formam sua base metodológica) e propor uma metodologia para posteriormente gerar e discutir resultados que sugerirão os perfis etários e de renda da população com mais e menos privilégio locacional frente a rede de ensino infantil numa cidade. Esse estudo analisará a situação espacial da população em 2 cenários distintos a fim de se traçar um perfil de renda e etário dos espaços mais e menos privilegiados espacialmente frente aos equipamentos de ensino infantil na cidade. Portanto, o primeiro cenário consiste em analisar quais são os espaços residenciais que mais favorecem espacialmente o acesso de crianças em idade escolar infantil (ensino básico) às instituições de ensino básico da cidade (tanto particulares quanto públicas). Já o segundo cenário irá se basear numa análise dos espaços residenciais com menor privilégio locacional de crianças em idade escolar infantil (ensino básico) frente aos mesmos estabelecimentos.

O estudo de caso será realizado com uma cidade localizada no interior do estado de São Paulo (*L*), definida em função da maior disponibilidade de dados e conveniência do autor.

2 – Justificativa

Atualmente, existe um déficit na educação infantil do Brasil de 1,157 mi vagas (REVISTA ESCOLA PÚBLICA, 2016). Para especialistas da área de educação, parece que esse aparente descaso com a educação infantil é reflexo de que, nos últimos anos, foi dispensada grande atenção para o ensino fundamental, tornando a discussão da educação infantil recente e incipiente (REVISTA ESCOLA PÚBLICA, 2016). A educação é um direito básico, garantido constitucionalmente no Brasil. A constituição de 1988 afirma que o ensino infantil (primeira etapa do ensino fundamental) é responsabilidade das administrações municipais sendo, portanto, natural esperar que as prefeituras atendam a demanda por vagas. Além disso, é obrigação dos pais ou responsáveis a matrícula de crianças a partir dos 4 anos de idade em estabelecimentos de ensino infantil (LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO, 2016).

Evidentemente, existem políticas que prevem a universalização do acesso ao ensino infantil como o ProInfância (programa do Governo Federal que prevê recursos para a construção de creches no país) que, por causa de pré-requisitos burocráticos como a exigência de um terreno plano, regularizado e com dimensões adequadas, além de um estudo comprovando a demanda por vagas, acabam obstruindo o acesso das

administrações municipais aos recursos federais que tornariam tais políticas factíveis (REVISTA ESCOLA PÚBLICA, 2016).

No aspecto urbano, parece que a proliferação de programas habitacionais tem deslocado núcleos habitacionais para as periferias das cidades, acarretando um aumento considerável da demanda por vagas na rede infantil em zonas que carecem de infraestrutura. Segundo a secretaria de educação de Cuiabá/MT, que ao lado de Belo Horizonte/MG se destaca como uma das cidades que colocou a universalização do ensino infantil como prioridade, "às vezes, existem as vagas, mas um grande contingente populacional acaba mudando para outro local que não estava preparado para recebê-lo. Atendemos a população no geral, mas não geograficamente, porque fica distante das escolas" (ESCOLA PÚBLICA, 2016). Segundo a professora do Departamento de Educação da UFSM Debora Mello, "alguns municípios escolhem apenas regiões centrais para construir, sem levar em conta a periferia, e quem mora mais afastado tem de deslocar o filho até o centro". Cuiabá/MT, que atualmente cobre a demanda por de cerca de 80% das vagas na rede de ensino infantil, executa um Plano Municipal de Educação que prevê um diagnóstico que demonstra onde existe demanda por vagas, o perfil das crianças e disponibilidade de terrenos que atendam aos pré-requisitos do ProInfância. No entanto, tal estratégia implica numa equipe técnica qualificada, que seja capaz de perceber oportunidades que facilitem a parceria da prefeitura com o governo federal. Infelizmente, esses ainda são exemplos pontuais de gestão pública que parecem contar com análises com algum rigor espacial. Portanto, parece que o problema do déficit de vagas na rede de ensino infantil está fortemente relacionado a uma questão de ordem espacial.

Assim, este trabalho procurará avaliar quais são os perfis de renda e de faixa etária daqueles espaços urbanos com maior e menor privilégio locacional frente aos equipamentos de educação infantil a fim de indicar se, de fato, aquelas pessoas mais carentes e com maior quantidade de dependentes são as que dispõem de maior possibilidade espacial para alcançar estabelecimentos de educação infantil numa cidade.

3 - Problema de Pesquisa

O trabalho fundamenta-se na busca por perfis etários e de renda das pessoas residentes na cidade do estudo de caso (*L*) com maior e menor privilégio locacional desde o ponto

de vista do alcance a estabelecimentos de ensino infantil. Dessa forma, pretende-se conluir:

1) Qual o perfil etário e de renda das pessoas residentes nos espaços com **maior** privilégio locacional frente a rede de ensino infantil da cidade?

2) Qual o perfil etário e de renda das pessoas residentes nos espaços com **menor** privilégio locacional frente a rede de ensino infantil da cidade?

4 - Objetivo

Gerar histogramas de perfil etário e renda dos espaços mais e menos privilegiados para o alcance de serviços de educação infantil em função da configuração da rede de ruas da cidade *L* através da aplicação do modelo de centralidade por oportunidade espacial (KRAFTA, 1996) e dos valores de variáveis dos setores censitários do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2011).

5 - Referencial Teórico

Esse trabalho se apoia, majoritariamente, em técnicas de análise espacial de base configuracional. A abordagem configuracional parece ter origem nos anos 60, especialmente após o trabalho seminal de Hagget & Chorley (1969) que lançou as bases da chamada *Nova Geografia* ou *Geografia Quantitativa* (CÂMARA, MONTEIRO & DE MEDEIROS, 2003). A *Geografia Quantitativa* está associada, originalmente, a conceitos oriundos das ciências naturais e exatas (biologia, química, física e matemática) aplicados a compreensão de fenômenos de caráter espacial. Ela faz uso de métodos lógico/dedutivos, de forma a se associar a inteligência espacial a áreas como física, matemática e estatística, recorrendo frequentemente a análises de caráter quantitativo. Com o avanço da computação e a proximidade com a matemática, especialmente com o advento dos computadores pessoais na década de 1970, a *Geografia Quantitativa* buscou reproduzir, de forma minimamente aceitável, aspectos espaciais complexos através de modelos que procuram descrever a dinâmica do espaço (fenômenos temporais), suas interações – modelos gravitacionais[2] (BROWN, 1992) – e a influência da forma urbana sobre os processos sociais – modelos configuracionais (KRAFTA, 2014).

[2] BROWN (1992) faz uma revisão robusta acerca de modelos gravitacionais urbanos.

5.1 - Abordagem Configuracional Urbana

A abordagem configuracional urbana é caracterizada por compreender a cidade de maneira a considerá-la como um sistema de relações existentes entre unidades espaciais irregularmente distribuídas, social e economicamente interativas e que são intermediadas por uma **rede** de caminhos que apresentam diversos níveis de acessibilidade interna (KRAFTA; NETTO, 2009). Ela utiliza modelos de **centralidade**[3] que são capazes de extrair dessa rede informações quantitativas capazes de sustentar a tomada de decisão locacional.

Inicialmente, estudos configuracionais convertem a cidade numa série de unidades espaciais discretas e relacionadas que podem ser representadas na forma de uma rede. Assim, conforme a morfologia de cada cidade, gera-se uma rede com características particulares (rede espacial urbana). Na sequência, utilizando rotinas matemáticas oriundas da teoria dos grafos (HARARY, 1969; BLANCHARD & VOLCHENKOV, 2009), são extraídas propriedades que hierarquizam cada vértice da rede (centralidades). Finalmente, os estudos configuracionais correlacionam propriedades matemáticas oriundas da teoria dos grafos (obtidas pela aplicação de modelos de centralidade) a aspectos espaciais do cotidiano urbano como "espaços com maiores quantidades de movimento de pedestres" – modelo de integração (HILLIER ET AL, 1993) –, "espaços com maior tendência a valorização do solo urbano" – modelo de intermediação (KRAFTA, 1994) –, "sistemas urbanos com maior eficiência de transporte" – modelo de excentricidade (PORTA ET AL, 2006), entre outros.

5.2 – Teoria dos Grafos

Grafos é um campo de estudo da matemática discreta e podem ser entendidos como a representação de um conjunto de objetos onde pares são conectados por arestas. A esses objetos (representados por nós ou por pontos) chamamos vértices e as relações entre eles são chamadas de conexões (representadas por linhas ou arcos). Segundo Freeman (1979):

[3] **Centralidade** refere-se a hierarquias espaciais, distribuição desequilibrada de recursos no espaço e dinâmicas associadas a esse desequilíbrio (KRAFTA, 2014). Portanto, pode-se afirmar que modelos urbanos que são capazes de descrever centralidades são fundamentais para a compreensão da ordem estrutural de redes espaciais urbanas, além de serem relevantes para compreender vários fatores que afetam a vida das pessoas e seu comportamento em cidades (CRUCITTI et al., 2006).

A graph consists of a set of *points* and a set of lines or edges connecting pairs of points. A graph consisting of five points and five edges is shown in Figure 10. When two points are directly connected by an edge they are *adjacent.* The number of other points to which a given point is adjacent is called the *degree* of that point. In the illustration of Figure 10, point p 1, has a degree of I and point p2 has a degree of 3 (FREEMAN, 1979, p. 218)[4].

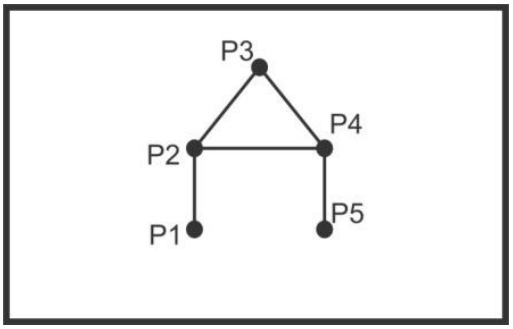

Figura 1 - Um grafo com 5 vértices e 5 arestas (Fonte: extraído de Freeman, 1979, p. 218).

Grafos podem ser dirigidos ou não, i.e: as relações dentro do grafo podem ser mútuas (existem tanto do objeto A para o objeto B quanto do objeto B para o objeto A – como no caso de pessoas que se conhecem numa rede social) ou só existirem num sentido, ou seja: são dirigidas (a relação é verdadeira do objeto A para o objeto B mas **não** do objeto B para o objeto A, como no caso de um show onde o cantor é conhecido por todos seus fãs mas ele não conhece todas as pessoas da platéia)[5].

A teoria dos grafos oferece um robusto arcabouço instrumental para a análise de redes espaciais urbanas e portanto é fundamental para o desenvolvimento da abordagem configuracional.

[4] "Grafos consistem num conjunto de pontos e num conjunto de linhas conectando pares desses pontos. Um grafo formado por cinco pontos e cinco arestas é mostrado na figura. Quando dois pontos estão conectados diretamente por uma aresta eles são adjacentes. O número de conexões que um dado ponto possui é chamado de grau do ponto. Na figura o ponto 1 tem grau 1, enquanto o ponto 2 tem grau 3" (FREEMAN, 1979, p. 218 – Tradução Nossa).

[5] Nessa pesquisa, a rede espacial urbana considerará grafos não dirigidos, assim, as relações entre os vértices A e B serão tão verdadeiras quanto as relações do vértice B para A.

5.3 – Redes Espaciais Urbanas

Redes estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, especialmente após o advento do computador pessoal após a metade do século XX e, mais do que nunca, nos dias de hoje em que redes sociais tem tido um papel fundamental para a compreensão do munto contemporâneo (WASSERMAN; FAUST, 1994). De acordo com STROGATZ (2001), as redes ocupam um lugar de destaque nas mais variadas áreas do conhecimento como nos estudos de cadeias alimentares, na infraestrutura (transporte, eletricidade, esgoto, água), nas telecomunicações e até mesmo na compreensão das relações de autoria e co-autoria do mundo acadêmico.

Segundo ECHENIQUE (1975), por volta dos anos 1970, cientistas passaram a aplicar ciência de redes em problemas de ordem espacial eminentemente urbanas. Desde lá, parece existir um claro esforço em se representar a cidade na forma de uma rede e também em se tentar associar propriedades de redes a fenômenos espaciais urbanos utilizando-se a teoria dos grafos (HILLIER ET AL, 1993; BLANCHARD & VOLCHENKOV, 2009).

Ao estudar redes espaciais urbanas percebe-se que existem certos conceitos que são fundamentais para sua compreensão. E, para se montar uma rede espacial urbana, é necessário compreender as relações existentes entre as unidades espaciais que constituem a cidade. Conforme NYSTUEN (1968), o espaço possui três propriedades fundamentais: a orientação, a distância e a conectividade. Dessas, a conectividade é básica para a construção de uma rede espacial urbana pois elas são formadas por **vértices** e **arestas** que representam, respectivamente, porções discretas de espaço urbano (ou unidades espaciais) e suas relações espaciais de **adjacência** e **justaposição**. Assim, se dois espaços estão conectados na rede significa que eles são adjacentes. Por outro lado, se dois espaços não estão conectados na rede, significa que eles são justapostos. Finalmente, é necessário saber que a menor distância entre um par de vértices numa rede espacial urbana é chamada de **caminho mínimo**. Ele é definido como o menor trajeto, formado apenas por elementos adjacentes dentro de uma rede, ligando dois pontos não conectados diretamente (KRAFTA, 2014). Além disso, a distância dentro de uma rede espacial urbana pode considerar, apenas, sua **topologia** (ou seja, entre dois vértices a distância é dada pela quantidade de arestas no seu caminho mínimo) ou por sua **geometria** (i.e: entre dois vértices a distância é dada pelo somatório do comprimento das arestas no seu caminho mínimo).

5.4 - Privilégio Locacional

Privilégio locacional refere-se, em última instância, a uma variação de uma propriedade espacial conhecida como acessibilidade. **Acessibilidade** trata do grau de **distância** entre um dado espaço e todos os outros que com ele compõem um sistema espacial (KRAFTA, 1994). Segundo INGRAM (1971) os espaços podem ser hierarquizados conforme a distância média que apresentam entre si parencendo, portanto, que os espaços mais próximos em média de todos os outros são os mais importantes no tocante a concentração de atividades econômicas e movimento de pedestres (HILLIER ET AL, 1993), valor do solo e densidades (BARRA, 1979).

A cidade pode ser entendida como uma série de espaços articulados que abrigam funções distintas e complementares de ofertas e demandas intermedidas por um sistema de vias que os conectam. Assim, existem espaços de demanda que possuem maior facilidade de alcance a certas ofertas em detrimento de outros. Portanto, pode-se hierarquizar os espaços de demanda em função de sua distância relativa frente as ofertas. Assim, o privilégio locacional pode ser entendido como uma propriedade espacial capaz de diferenciar os espaços de demanda com maior ou menor facilidade de alcançar determinados pontos de ofertas num sistema espacial (BREHENY, 1978) indicando quais são as melhores posições de demandas frente as ofertas. O enunciado téorico afirma que[6]:

> The urban area is seen as a resource or opportunity pool in which resources are unevenly distributed and to which people are likely to have differing degree of access. Such resources represent 'income' to those who benefit from them. Differing degrees of access to these spatial opportunities will thus affect the real income of different groups. (Breheny; 1978, p. 463).

[6] "A área urbana é vista como uma fonte de oportunidades em que os recursos são distribuídos de forma desigual e onde as pessoas tendem a ter diferentes graus de **acesso**. Esses recursos representam "rendimentos" para aqueles que se beneficiam deles. Portanto, diferentes graus de **acesso** a estas oportunidades espaciais afetam a renda real de diferentes grupos" (Breheny, 1978, p. 463, tradução nossa).

Assim, o fundamento dessa propriedade espacial está numa discussão a respeito das diferenças de condição que diversos grupos de pessoas possuem para conseguir acessar serviços urbanos em função de sua localização na cidade. Podemos considerar que na cidade as diferenças sócio-econômicas podem ser refletidas através de diferenças de localização, onde algumas pessoas são mais privilegiadas do que outras não só em função de sua renda, escolaridade, faixa etária, etc; mas também em função do lugar que ocupam no sistema espacial. Portanto, o privilégio locacional é uma propriedade espacial crucial para o entendimento das diferenças que marcam a vida das pessoas nas cidades.

O privilégio locacional é capaz de indentificar espaços que são melhor ou pior servidos em função da distribuição de serviços urbanos. Supõe-se que "certas localizações e graus de mobilidade potencializam grupos socialmente diferenciados, o que torna a relação agente–estrutura urbana um item relevante de equidade social" (Harvey, 1973 apud Krafta & Netto, 2009) e, em decorrência disso, é possível diferenciar grupos de pessoas socialmente distintos através de suas localizações e suas facilidades para alcançar serviços no espaço urbano. Assim, Krafta e Netto (2009) argumenta que essa característica espacial está, de alguma forma, relacionada a equidade urbana[7]. Nesse contexto, equidade urbana pode ser entendida como a distribuição uniforme de serviços entre os mais diversos espaços de demandas e de ofertas que formam a cidade e os diversos perfis sociais que neles se localizam. Um exemplo claro da aplicação de modelos baseados nessa propriedade espacial para a quantificação de igualdade na distribuição de serviços urbanos pode ser visto em RIBEIRO et al. (2013) que relaciona a população em idade escolar com as escolas da rede de ensino de Novo Hamburgo/RS, indicando os locais com maior privilégio locacional para acessar esse serviço na cidade.

5.5 - Modelos Configuracionais Urbanos

A necessidade de tornar a realidade urbana, de alguma forma, experimentável está associada ao surgimento dos modelos configuracionais urbanos. Portanto, parece que eles surgem com os primeiros estudos de *Geografia Quantitativa*, durante a segunda metáde do século XX.

[7] "[...] quando uma classe tem mais privilégios locacionais que outra, o indicador deve apontar queda da equidade" (Krafta; Netto, 2009, p. 165).

Segundo ECHENIQUE (1975), modelos configuracionais urbanos podem ser considerados representações simplificadas da realidade. Esses modelos consideram, inicialmente, que na cidade todos os espaços são alcançáveis e, através de rotinas matemáticas específicas, eles podem ser diferenciados e hierarquizados[8] em função de propriedades como distância, posição relativa (como intermediador de deslocamentos), conectividade, entre outros (KRAFTA, 2014). Tais modelos procuram descrever matematicamente aspectos da realidade urbana como, no exemplo desse trabalho, o maior ou menor privilégio locacional de demandas (residências de crianças) frente a ofertas (escolas de educação infantil).

5.5.1 –Centralidade por Oportunidade Espacial

Oportunidade Espacial (KRAFTA, 1996) é um modelo relacionado a noção de distância ou proximidade entre espaços urbanos de demandas e de ofertas. Admite-se que num sistema espacial onde estão alocadas demandas (por exemplo residências) e certas ofertas/serviços (por exemplo escolas), é possível obter uma hierarquia de locais de demandas de acordo com seu grau de facilidade de acesso a essas ofertas/serviços. Basicamente, o modelo de oportunidade espacial[9] computa a distância mais curta na interação entre cada entidade espacial com demandas (exemplo, residências) e as entidades espaciais carregadas com ofertas dos serviços pesquisados (exemplo, escolas). Na sequência, o modelo extrai um valor médio de distância entre cada par demanda – oferta. Finalmente, é feita uma hierarquia de espaços de demanda em função de sua menor distância (ou maior facilidade de acesso) aos espaços de oferta. Dessa forma, a medida pode indicar quais são os elementos de demanda do sistema espacial mais privilegiados no quesito facilidade de alcance as ofertas (KRAFTA, 1996).

Na pesquisa admite-se que cada espaço de demanda possui um perfil de acordo com dados sócio-econômicos, especificamente renda mensal média e faixa etária (IBGE, 2011). O modelo será aplicado na rede espacial urbana da cidade analisada (*L*) num cenário que simula as demandas como pontos de residência de crianças com idades até 7

---

[8] Modelos configuracionais urbanos são fortemente associados a modelos de centralidade (ex.: centralidade por proximidade, centralidade por intermediação, centralidade por informação, entre uma série de outros) que nada mais são do que a aplicação de rotinas matemáticas pré-estabelecidas sobre redes espaciais urbanas. Ou seja, extraem-se diferentes centralidades da rede espacial urbana a depender do procedimento de diferenciação e hierarquização de espaços utilizado.

[9] O modelo é capaz de "To rank the demand points in relation to their spatial opportunities, that is, their relative accessibility to facilities located at supply points." (Krafta, 1996, p.40) – "Classificar os pontos de demanda em relação a suas oportunidades espaciais, isto é, sua acessibilidade relativa a facilidades localizadas nos pontos de oferta." (Krafta, 1996, p. 40, tradução nossa).

anos incompletos e as ofertas como as escolas infantis da rede pública e particular. O modelo hierarquizará cada unidade espacial de residência, conforme seu privilégio.

Matematicamente, define-se a oportunidade espacial por:

$$Opt_{Ii} = Q_o.\left\{\lfloor min \rfloor d_{pq}\right\}^{-1} \forall \wr \subset D \quad (1)$$

Onde: oportunidade da entidade *i* na interação *I* é igual ao carregamento das ofertas da entidade *q* multiplicado pelo inverso da distância entre as entidades *p* e *q*, para toda entidade *i* que contém demandas;

Opt_{Ii} : oportunidade da entidade *i* na interação *I*;

Q_O : carregamento das ofertas da entidade *q*;

$[mín]\ d_{t\,pq}$: distância mínima entre as entidades *p* e *q*;

i : para toda entidade *i*;

D : que contém demandas.

Assim, cada ponto de demanda, passa a ter um valor, descrito por:

$$Opt_{Ai} = \sum_{i=1}^{ij} Opt_{Ii} \quad (2)$$

onde a oportunidade espacial absoluta da entidade *i* é igual ao somatório das oportunidades da entidade *i* em todas as interações *I*, de *i* a *j*, sendo o primeiro *i* igual a 1;

Opt_{Ai} : oportunidade absoluta da entidade *i*;

Opt_{Ii} : oportunidade da entidade *i* na interação *I*.

Como cada entidade espacial que possui residências será hierarquizada conforme seu privilégio frente às escolas analisadas, supõe-se que haverá um padrão de pessoas que residem nessas localizações, capaz de refletir um perfil etário e de renda dos mais e menos privilegiados no quesito acesso a essas escolas.

5.5.2 – Representação Espacial (Mapa de Trechos de Ruas)

Existe um grande leque de possibilidades de se representar o espaço urbano de forma sistêmica e como uma rede espacial (KRUGER, 1979; KRUGER, 1990; BATTY, 2004; KRAFTA, 2014; SEVTSUK & MEKKONEN, 2010). Geralmente, essa decisão é tomada levando-se em consideração as necessidades e as possibilidades de processamento que o analista dispõe ao se deparar com um problema espacial. Cada representação espacial possui potencialidades e fragilidades como grau de desagregação, quantidade de entidades, discretização do espaço urbano, inteligibilidade, tempo de processamento, entre outras que não são objetivo desse trabalho discutir.

Por facilidades operacionais e disponibilidade de dados, nessa pesquisa optou-se pela utilização de uma representação espacial conhecida como mapa de trechos de ruas. Formalmente, define-se uma representação por trechos de rua como um conjunto de linhas retas localizadas entre cada par de esquinas ou intersecção viária da cidade. A figura 2 exibe o procedimento de confecção de uma representação espacial por trechos de rua.

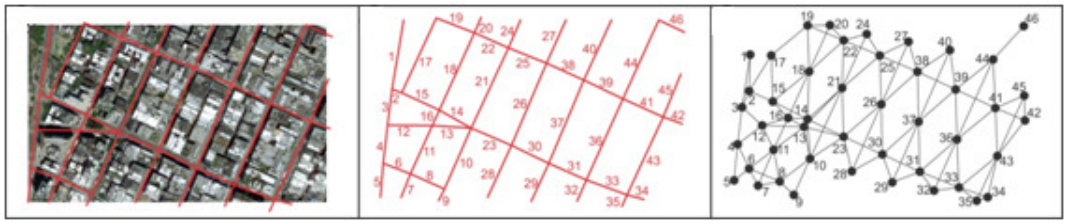

Figura 2 - Representação espacial por trechos de rua. A esquerda fragmento de cidade com os trechos de rua. No centro, tem-se um mapa de trechos de rua (cada unidade espacial está numerada). À direita, o grafo equivalente (Fonte: Elaboração Própria).

À esquerda da figura 2 pode-se observar um fragmento urbano e a configuração de algumas quadras. Considerando cada par de esquina e intersecções viárias foram desenhados segmentos de reta (trechos de rua) que estão numerados na porção central da figura 2. Em função das relações de adjacência e justaposição de cada trecho de rua é gerado um grafo equivalente (na direita da figura 2). Nele, cada vértice está numerado e equivale a um trecho de rua. É sobre essa rede que os modelos configuracionais são aplicados, diferenciando-se e hierarquizando-se cada vértice ou unidade espacial.

6 - Metodologia

6.1 – A cidade *L*

L é uma cidade do extremo leste paulista com cerca de 80.000 habitantes e 400Km^2 de área municipal (IBGE, 2014). A cidade está no entroncamento dos três principais centros econômicos do Brasil (Belo Horizonte/MG, Rio de Janeiro/RJ e São Paulo/SP), além de se localizar as margens de uma das rodovias mais importantes do país (BR-116). *L* é um centro universitário de relevância para a região onde se insere e, segundo IBGE (2014), 63,5% da participação do PIB vem do setor terciário (comércios e serviços). Atualmente, a cidade apresenta Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) igual a 0,766 (IBGE, 2014).

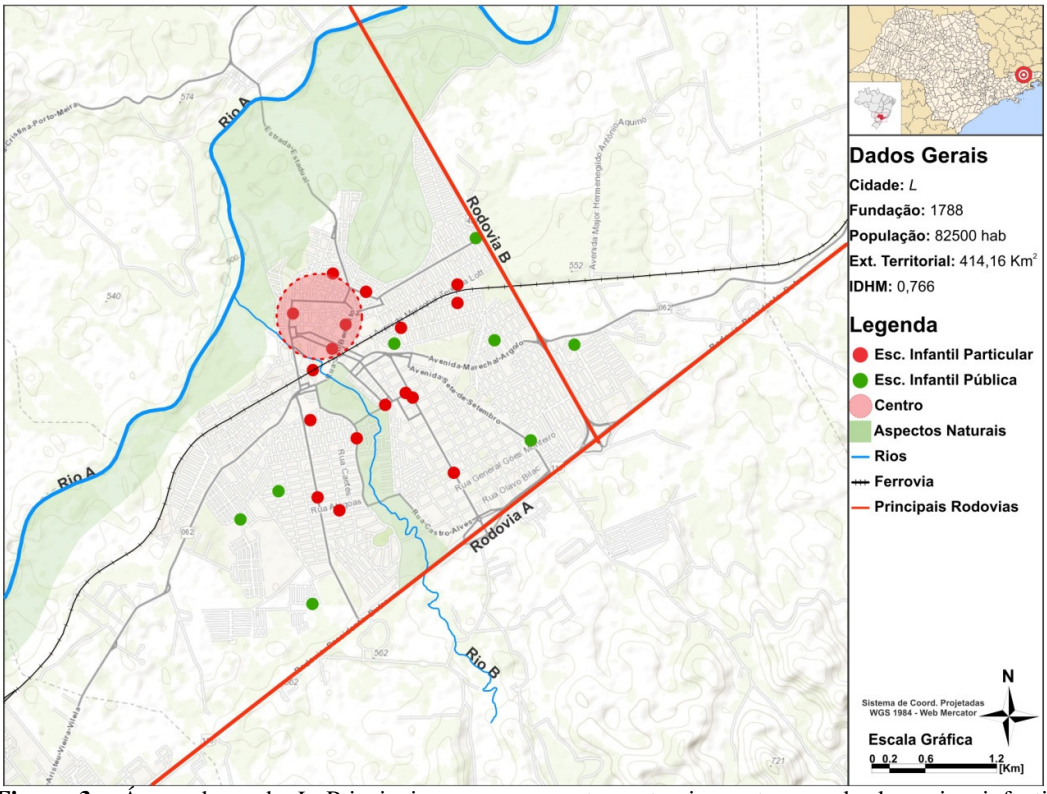

Figura 3 - Área urbana de *L*: Principais acessos, aspectos naturais, centro e rede de ensino infantil (Fonte: elaboração própria).

A cidade de *L* é praticamente plana, ocorrendo uma situação de relevo mais acidentada e íngreme à medida que a cidade se aproxima de uma serra, localizada proxima à extremidade norte do munícipio. Além disso, a cidade é cortado por um rio que flui no sentido oeste-leste (Rio A), fudamental para compreender sua origem. Seu principal aflente é o Rio B, que flui no sentido sul-norte e funciona como uma barreira que divide cidade nas porções leste e oeste.

A forma urbana de *L* é claramente influenciada pelo desenho de duas rodovias que se encontram perpendicularmente na porção sudeste da cidade (rodovia A e rodovia B). De certa forma, esse entroncamento baliza o traçado viário dos bairros adjacentes, sugerindo uma forma urbana deliberadamente planejada que é reforçada por um traçado de inspiração hipodâmica em grande parte da cidade. Ao norte, a forma urbana da cidade é limitada por uma grande área de extravaso do rio "A" que, em função das cheias, eventualmente alaga. Outro fator relevante é que o centro da cidade é cortado por uma ferrovia que divide a cidade no sentido norte/sul.

A cidade *L* possui 25 estabelecimentos de ensino infantil, sendo 8 públicos e 17 particulares. Dados do IBGE sugerem que crianças de 0 a 7 anos incompletos, a idade equivalente à educação infantil, representam 12,5% da população residente.

6.2 – Confecção da Rede Espacial Urbana e Carregamento de Demandas e Ofertas

A rede de ruas da cidade *L* foi, inicialmente, convertida (manualmente) numa representação espacial definida por trechos de ruas. Essa representação espacial possui 2677 unidades. Assim, a rede espacial urbana equivalente apresenta 2677 vértices e 6278 arestas.

O processamento do modelo de centralidade por oportunidade espacial implica que os vértices da rede espacial urbana sejam carregados com usos do solo do tipo ofertas (escolas de educação infantil) e demandas (residências com crianças aptas a frequentar escolas infantis – educação básica). Os primeiros foram associados aos vértices da rede espacial urbana em função da proximidade entre cada escola (pública e privada) e o trecho de rua equivalente. Uma camada contendo pontos com a localização de cada escola infantil da cidade foi utilizada como referência. Já para o carregamento das demandas, recorre-se à malha digital fornecida pelo IBGE (2011) com os setores censitários e as variáveis do censo demográfico de 2010. Assim, as demandas[10] foram associadas a cada trecho de rua ao se identificar aqueles vértices que se localizam dentro de setores censitários cujo valor da variável "crianças em idade de 0 a 7 anos incompletos" apresentam valores maiores do que zero (na figura 4, os polígonos em cores com tons diferentes do amarelo mais claro). Assim, todos os vértices (unidades

[10] Para esse modelo, diferente de outros de desempenho como Convergência e Polaridade, a quantidade de demandas não é representativa. Assim, para seu processamento é necessário apenas identificar **onde** existem demandas, mas **não quantas** demandas (Para mais ver Krafta, 1996).

espaciais – trechos de ruas) passaram a apresentar valores iguais a 1 ou 0, em função de sua posição frente aos setores censitários (IBGE, 2014).

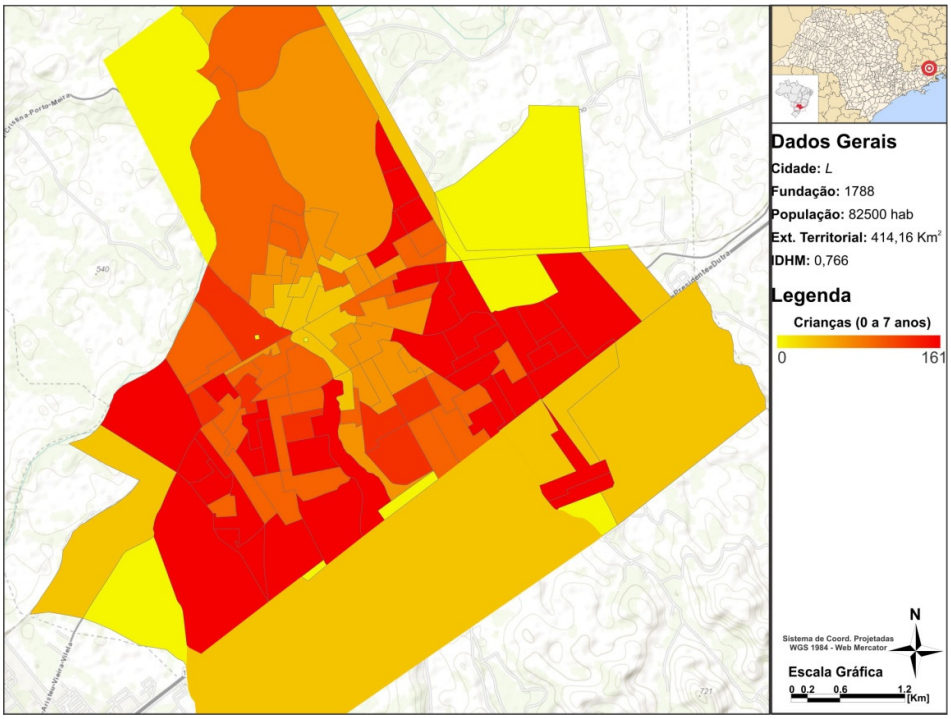

Figura 4 – Distribuição, por setores censitários, de crianças de 0 a 7 anos incompletos na cidade *L* (Fonte: Elaboração Própria sobre dados do IBGE, 2011).

6.3 – Definição de Perfil Etário e de Renda dos Espaços mais privilegiados

A definição dos perfis etários e de renda dos espaços com mais e menos privilégios locacionais frente as escolas infantis particulares e públicas da cidade considerará uma média poderada dos valores das variáveis etárias e de renda de cada setor censitário pelo número de vértices nele contidos considerando o 1% de vértices com os maiores e menores valores de oportunidade espacial. Assim, se *L* é representada por 2677 trechos de rua (equivalentes aos vértices da rede espacial urbana), serão considerados as localizações dos 30 vértices mais e menos privilegiados espacialmente em cada cenário. **Portanto, o perfil etário e de renda será dado em função de uma média ponderada de valores de variáveis dos setores censitários pela quantidade de vértices da rede espacial urbana com maior e menor privilégio locacional neles contidos.**

6.4 – Percurso Metodológico

Todas as etapas de processamento de dados espaciais desenvolvidas nesse trabalho foram realizados com o *software* livre e de código aberto QGIS (v. 2.8 Wien), com exceção do processamento do modelo de centralidade por oportunidade espacial que foi

desenvolvido com o *software* de análise de redes espaciais Medidas Urbanas[11] v.1.0 (Krafta, Polidori e Granero, 2001). Além disso, a base de dados geográficos empregada nesse trabalho foi construída considerando-se o *datum* WGS84 e o sistema de coordenadas cartesianas Universal Transversa de Mercator (UTM).

Utilizando a ferramenta *open layer plugins - world street maps*, recurso web map service (WMS) disponível no *software* QGIS, foi vetorizado – manualmente – um mapa de trechos de ruas da cidade *L* de acordo com as orientações da técnica (ver tópico 5 – Referencial Teórico/ 5.5.2 Representação Espacial).

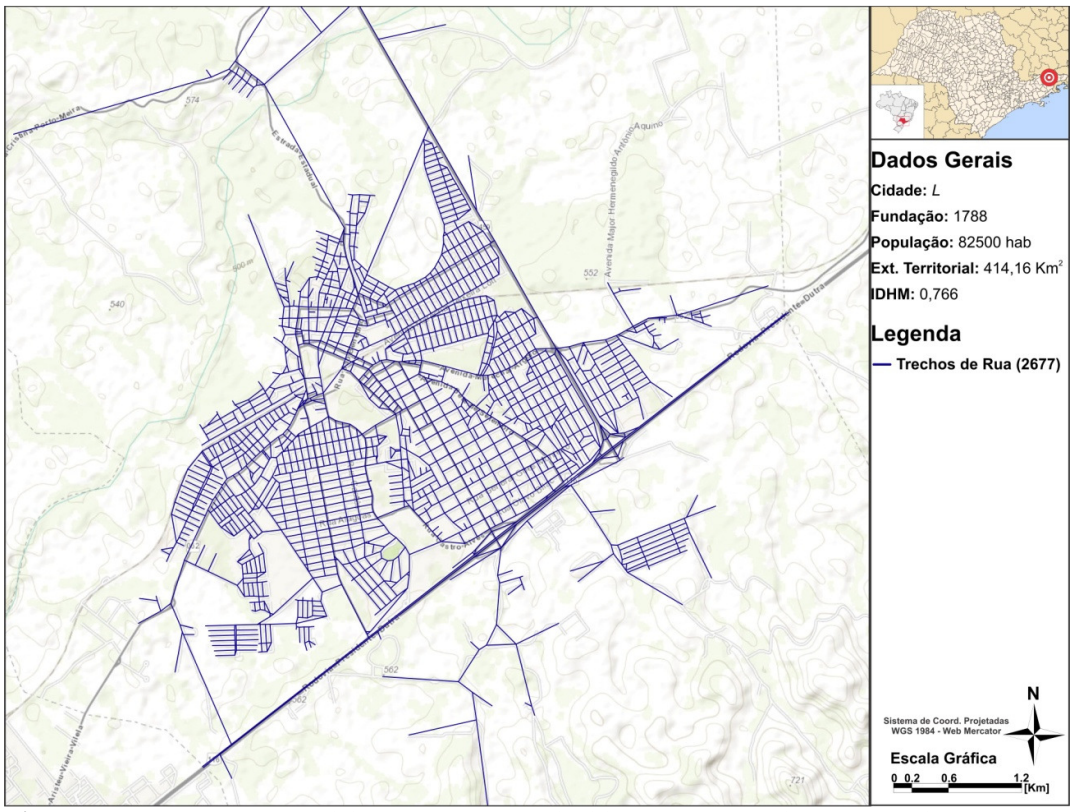

Figura 5 – Representação espacial por trechos de rua da cidade *L* (Fonte: Elaboração Própria).

A representação espacial por trechos de rua consiste num geobjeto composto por uma série de linhas equivalentes a segmentos de reta localizados entre pares de esquinas e/ou

[11] Medidas Urbanas é um programa de análise de redes espaciais urbanas produzido por Juliano Granero e Mauricio Polidori sobre as idéias de Romulo Krafta (2001). Ele desempenha análise espacial baseada em morfologia de base configuracional, operando como um Sistema de Informações Geográficas -SIG- simplificado. Seu funcionamento implica, simultaneamente, no processamento de dois tipos de informações: dados espaciais (a configuração da rede de ruas) – vetores e dados tabulares contendo banco de dados sobre o ambiente em estudo (FRANÇA, 2005). O programa foi desenvolvido como parte de um projeto de pesquisa no ano de 2001 numa parceria entre o Grupo de Pesquisas Sistemas Configuracionais Urbanos (PROPUR), a UFRGS, a UFPel, a FAPERGS e o CNPq e atualmente encontra-se na sua terceira geração (seguido pelos projetos Morphometrica e Numerópolis).

intersecções viárias. Seus atributos descritivos são ID (chave primária identificadora) e extensão (valor obtido ao se acessar a tabela de atributos – calculadora de campos). Após confecção manual da representação espacial por trechos de rua, procede-se a confecção da rede espacial urbana da cidade *L*.

A primeira etapa para a confecção da rede espacial urbana refere-se a converter o mapa de trechos de rua num conjunto de vértices e arestas. Os primeiros são obtidos pela aplicação do comando *Modify Convert Geometry – Type: Lines to Points by Centroids* disponível no menu MMQGIS do *software* QGIS. Essa operação converte cada linha (trecho de rua) num ponto, localizado no respectivo centróide do trecho de rua, conforme apresentado na figura 6. Nessa etapa, o geobjeto mapa de trechos de rua, cujas feições eram linhas, passa a ser um geobjeto com feições em formato de pontos, preservando-se seus atributos descritivos originais (ID e extensão).

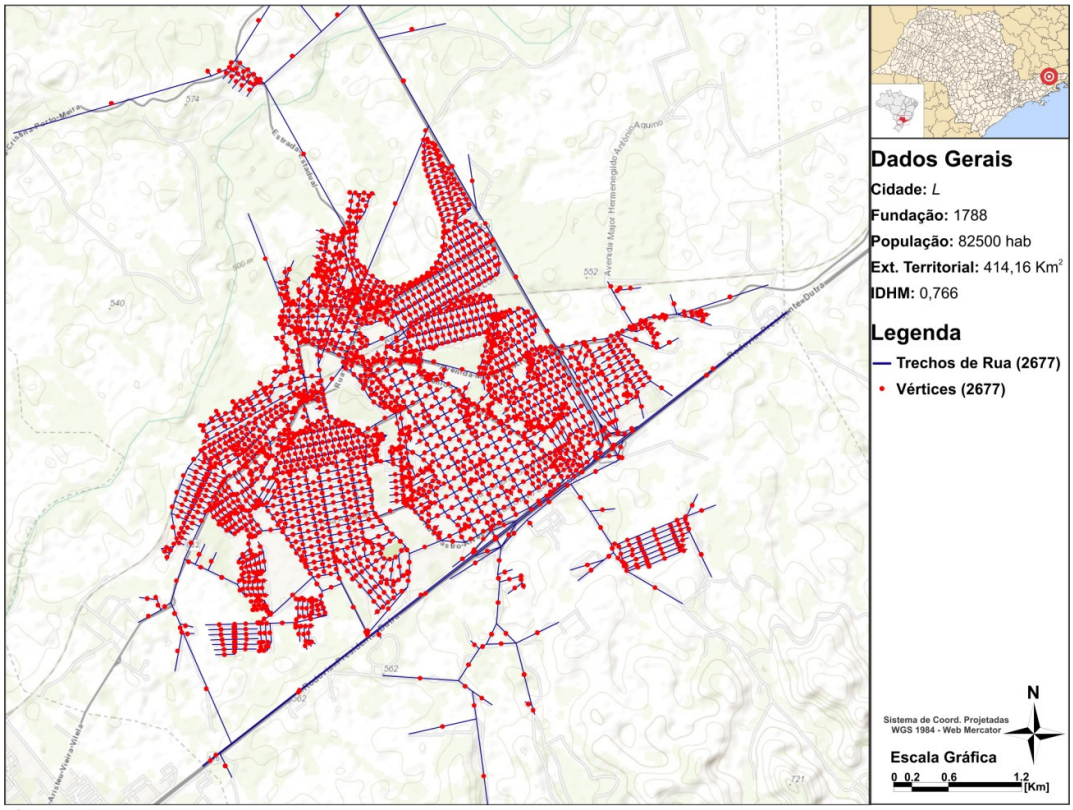

Figura 6 - Conversão de Trechos de Rua (feição linhas) para Vértices (feição pontos) (Fonte: Elaboração Própria).

Já as arestas são obtidas de forma manual, conectando-se cada um dos vértices obtidos anteriormente segundo regras de adjacência e justaposição, definidas pela configuração da rede de ruas. Elas formam um geobjeto com feições do tipo linha e atributos descritivos ID e extensão. O conjunto vértices e arestas formam a rede espacial urbana

da cidade *L* e é sobre ele que será aplicado o modelo de oportunidade espacial posteriormente.

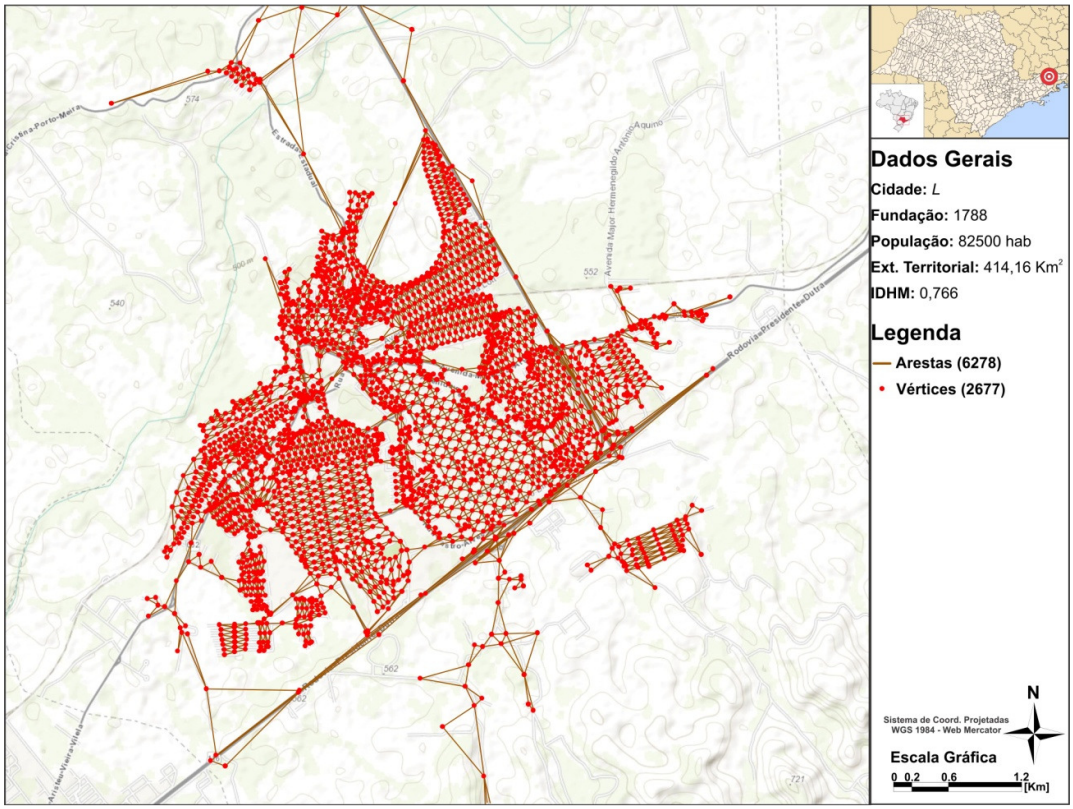

Figura 7 - Rede Espacial Urbana de *L* (Fonte: Elaboração Própria).

A aplicação do modelo de oportunidade espacial implica que os vértices da rede espacial urbana tenham usos do solo associados a demandas (crianças em idade escolar), ofertas (escolas infantis públicas e/ou particulares) e, se necessário, usos neutros (o vértice não tem demandas nem ofertas). Assim, é necessário carregar, em função dos endereços, os trechos de rua com atividades de ofertas (escolas infantis públicas e particulares). Para essa operação é necessáriaa a camada contendo as localizações das escolas infantis públicas e particulares da cidade. Essa camada, que foi obtida diretamente na secretaria de educação do município, é um geobjeto composto por uma série de pontos cujos atributos descritivos são ID (chave primária identificadora), endereço e tipo de escola (particular ou pública). Em *L* existem 8 escolas de educação infantil públicas e 17 particulares. Considerando-se o endereço de cada escola, ativa-se a camada vértices da rede espacial urbana e adicionam-se as colunas escolas infantis particulares (es_inf_par) e escolas infantis públicas (es_inf_pub), preenchendo seus valores com as respectivas quantidades de escolas por vértice conforme o endereço e o trecho de rua equivalente.

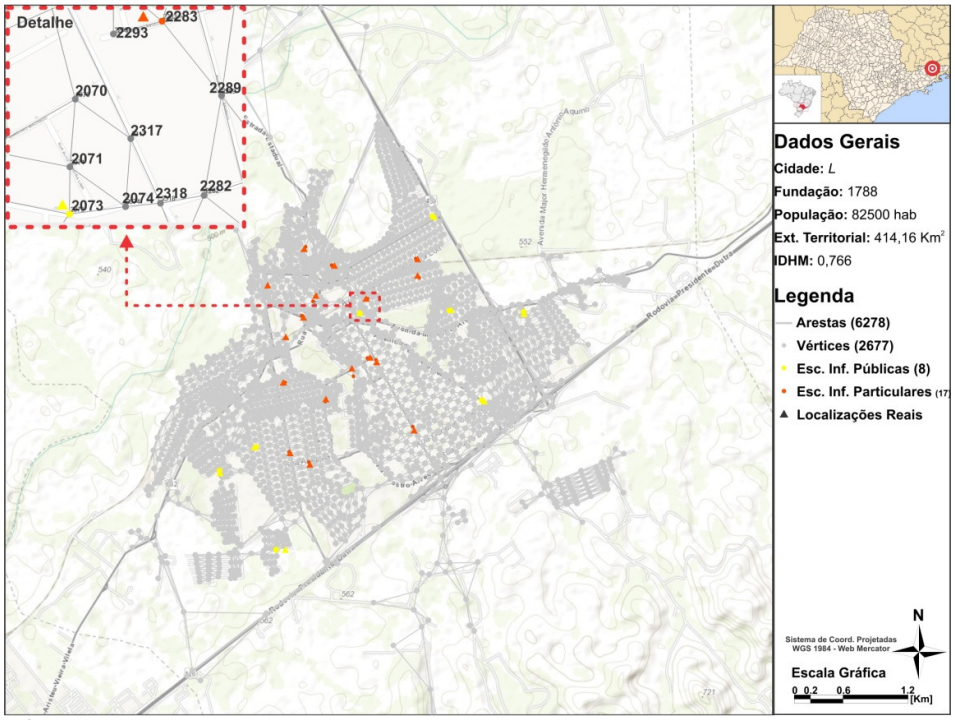

Figura 8 – Carregamento de ofertas (escolas infantis) nos vértices da rede espacial urbana. Os triângulos representam as localizações exatas das escolas (camada Escolas Infantis), fornecidas pela secretaria de educação do município. Os círculos representam essas localizações carregadas na rede espacial.

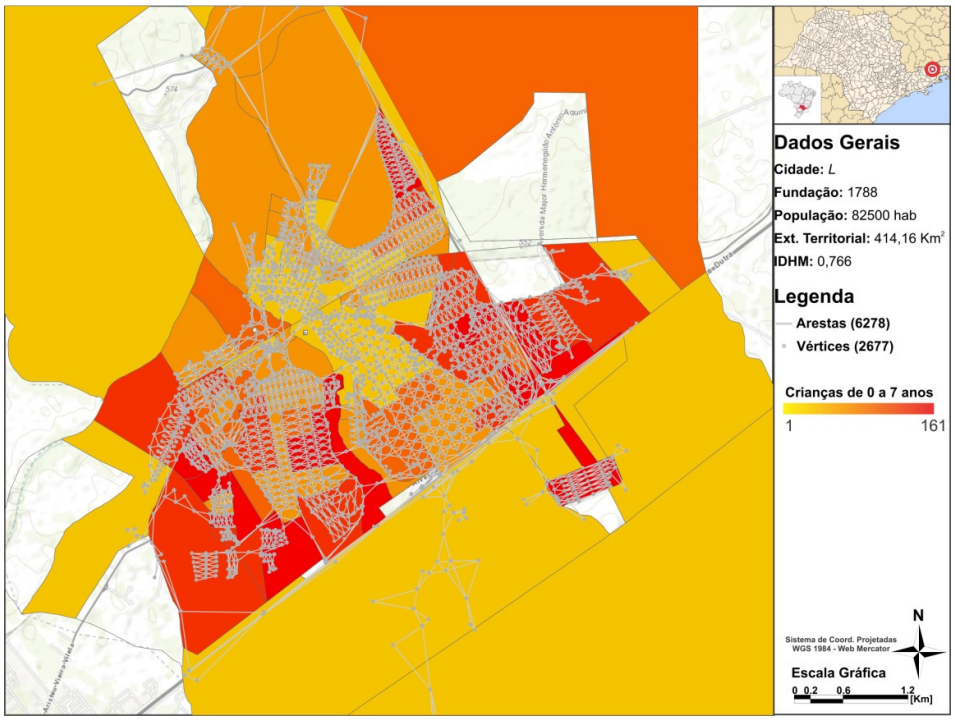

Figura 9 - Sobreposição de vértices da rede espacial urbana e setores censitários com crianças com idade de 0 a 7 anos incompletos (Fonte: Elaboração própria).

Os espaços com demandas foram carregados utilizando-se a base de dados cartográficos do censo 2010 que é disponibilizada pelo IBGE (setores censitários - geobjetos com

geometria de polígonos). A camada setores censitários contém os atributos referentes a faixas etárias e faixas de renda[12]. Para se carregar as demandas na camada vértices da rede espacial é realizado uma álgebra de mapas simples: naquelas situações em que ocorre a **sobreposição** de vértices da rede espacial urbana e setores censitários com crianças em idade escolar com valores maiores do que zero, existem demandas nos vértices (ver figura 9). No ambiente QGIS esse procedimento é realizado ao se selecionar o comando *juntar atributos pela localização*, disponível no menu vetor – gerenciador de dados – e definindo-se como camada alvo a camada vértices da rede espacial. O resultado é um geobjeto com geometria de pontos e os atributos ID, extensão, escolas infantis públicas, escolas infantis particulares e demandas.

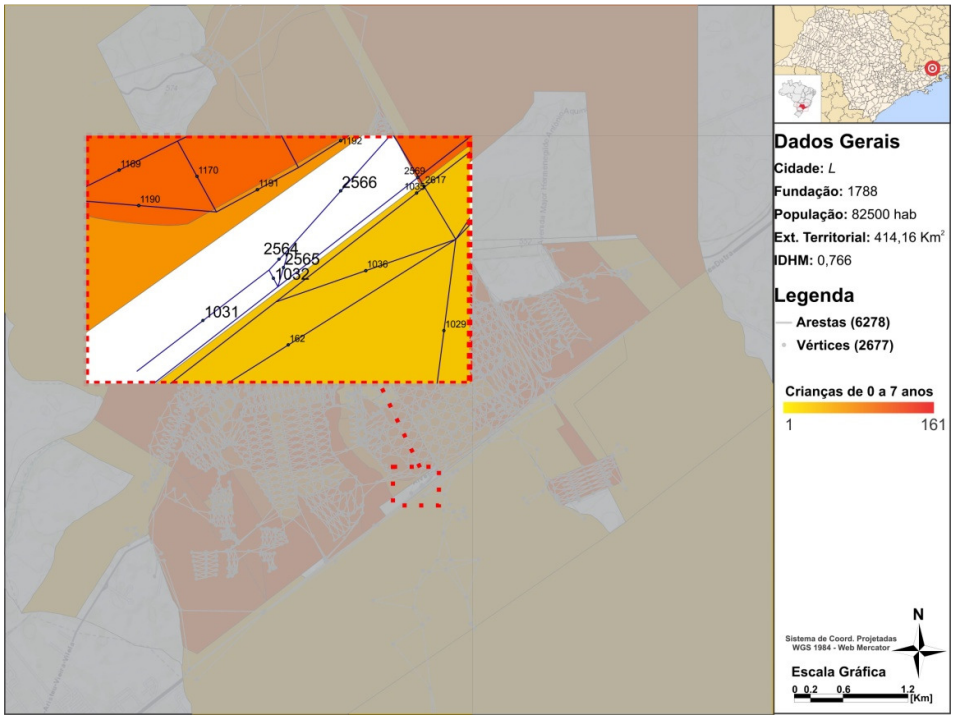

Figura 10 - Destaque da sobreposição de vértices da rede espacial urbana e setores censitários sem crianças com idade de 0 a 7 anos incompletos – no destaque vértices sem demandas (Fonte: Elaboração própria).

Um fragmento da cidade *L* com setores censitários cuja variável "crianças com idade entre 0 e 7 anos incompletos" é apresentado na figura 10. Ali, um setor censitário (em branco) é destacado. Seguindo a metodologia de agregação dos dados de população para os vértices da rede espacial urbana proposta, os vértices (trechos de rua) número 1031, 1032, 2564, 2565 e 2566 não apresentam demandas, diferente dos demais vértices que aparecem nesse recorte, já que o valor da variável para esse setor censitário é nulo.

[12] No apêndice desse trabalho existe uma descrição de cada variável considerada.

Com as demandas e as ofertas carregadas na camada vértices da rede espacial urbana e a camada arestas da rede espacial urbana confeccionada, exportam-se ambas para o ambiente Medidas Urbanas a fim de se realizar o processamento do modelo de oportunidade espacial. O modelo de centralidade por oportunidade espacial está disponível no Medidas Urbanas e pode ser processado considerando-se a geometria ou a topologia da rede. Nesse trabalho, que refere-se a distâncias de uma rede real, o processamento considerou apenas as distâncias geométricas (dadas pela extensão das entidades espaciais da camada arestas da rede espacial urbana). No ambiente Medidas Urbanas é calculado o valor de oportunidade espacial de cada vértice com demanda considerando as ofertas a todas as escolas infantis da cidade, ou seja, as públicas e privadas.

O processamento do modelo gera como resultado uma matriz ("Resultados" - em formato dbf) contendo os valores de oportunidade espacial de cada vértice da rede espacial urbana, considerando seus códigos ID originais (no Medidas Urbanas chamada de "Entidade"). Esses códigos serão as chaves primárias que vincularão os arquivos do ambiente QGIS e os valores da tabela "Resultados" oriunda do Medidas Urbanas.

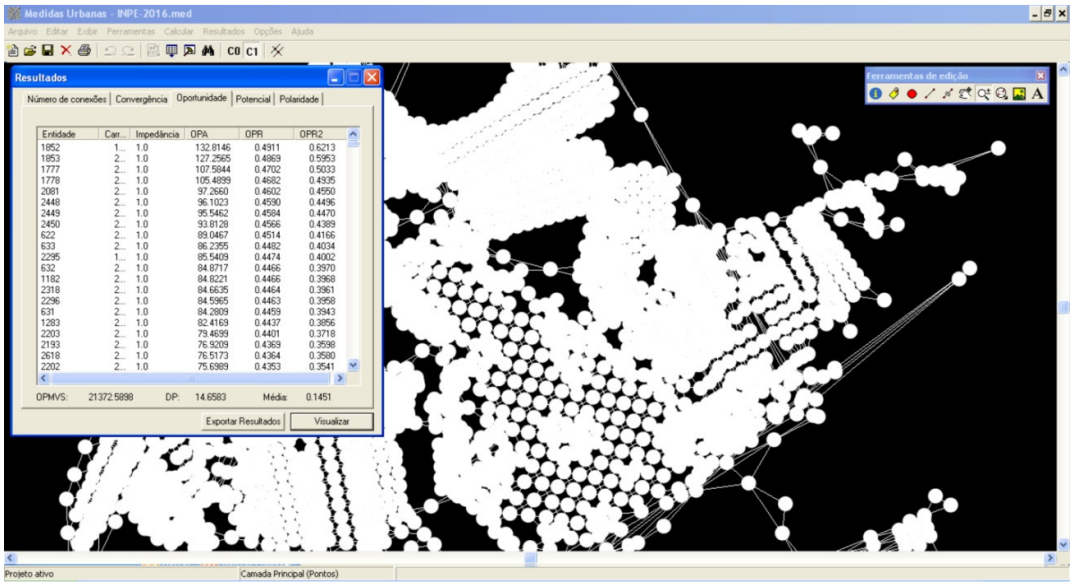

Figura 11 – Interface Medidas Urbanas exibindo Resultados de Oportunidade Espacial (Fonte: Elaboração Própria).

Voltando ao ambiente QGIS, é criada uma nova coluna na camada vértices da rede espacial urbana intitulada oportunidade espacial (opor_esp). Essa coluna é preenchida com os respectivos valores de oportunidade espacial de cada vértice da rede espacial

urbana oriundas da aplicação do modelo no *software* Medidas Urbanas, sendo a chave primária os códigos ID (Entidade no Medidas Urbanas).

Ordenando-se os vértices da rede espacial em função de seus valores, tem-se a diferenciação espacial dos locais com maior e menor privilégio locacional. Dessa forma, procede-se ao fatiamento do 1% de vértices mais e menos privilegiados espacialmente e, portanto, pode-se proceder as conclusões do trabalho.

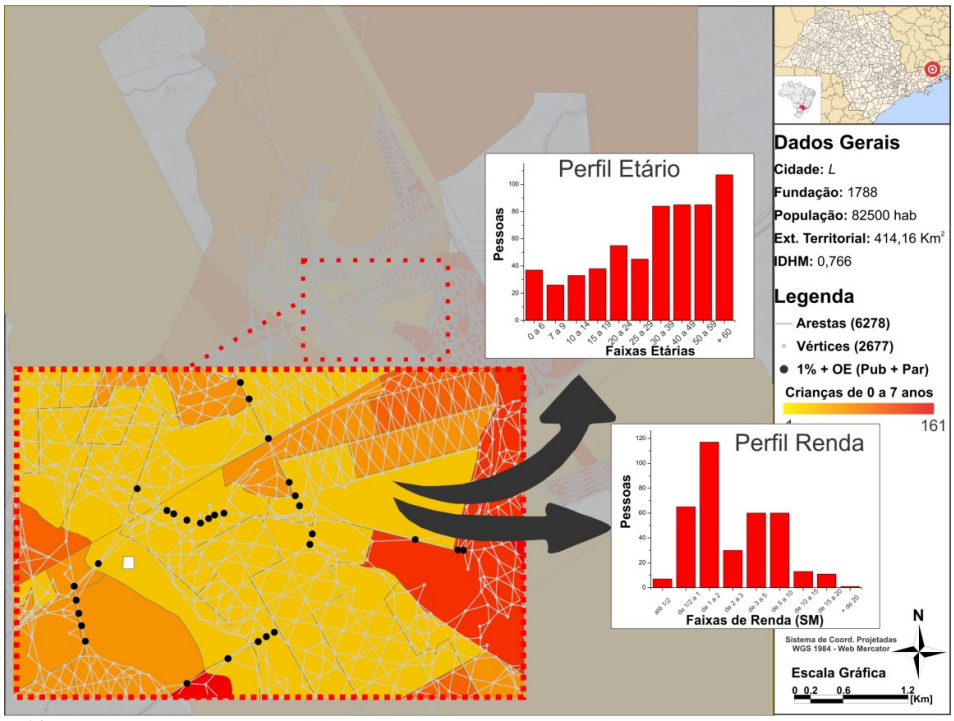

Figura 12 – Vértices da rede espacial urbana com crianças com idade até 7 anos incompletos com maior privilégio locacional frente as escolas de educação infantil (públicas e particulares) em *L* (Fonte: Elaboração Própria).

Finalmente, ordenam-se os vértices em função dos maiores e menores valores de centralidade por oportunidade espacial. Dessa hierarquização, são selecionados e exportados os 1% dos vértices mais e menos privilegiados espacialmente. Isto é: são gerados dois novos geobjetos com feições de pontos. O primeiro com os vértices mais privilegiados espacialmente (1% + OE) e o segundo com os vértices menos privilegiados (1% - OE). Na sequência, utilizando uma álgebra simples, através do comando *Pontos no Polígono* (no menu do QGIS Vetor – Analisar), é gerado um geobjeto com feições de polígonos a partir da camada de setores censitários com a quantidade de vértices com mais e menos privilégio locacional localizados dentro de seus limites. Esse procedimento é feito inicialmente de forma a se contar o número de vértices mais privilegiados espacialmente por setor censitário e, na sequência, uma nova

contagem que demonstra o número de vértices menos privilegiados espacialmente por setor censitário.

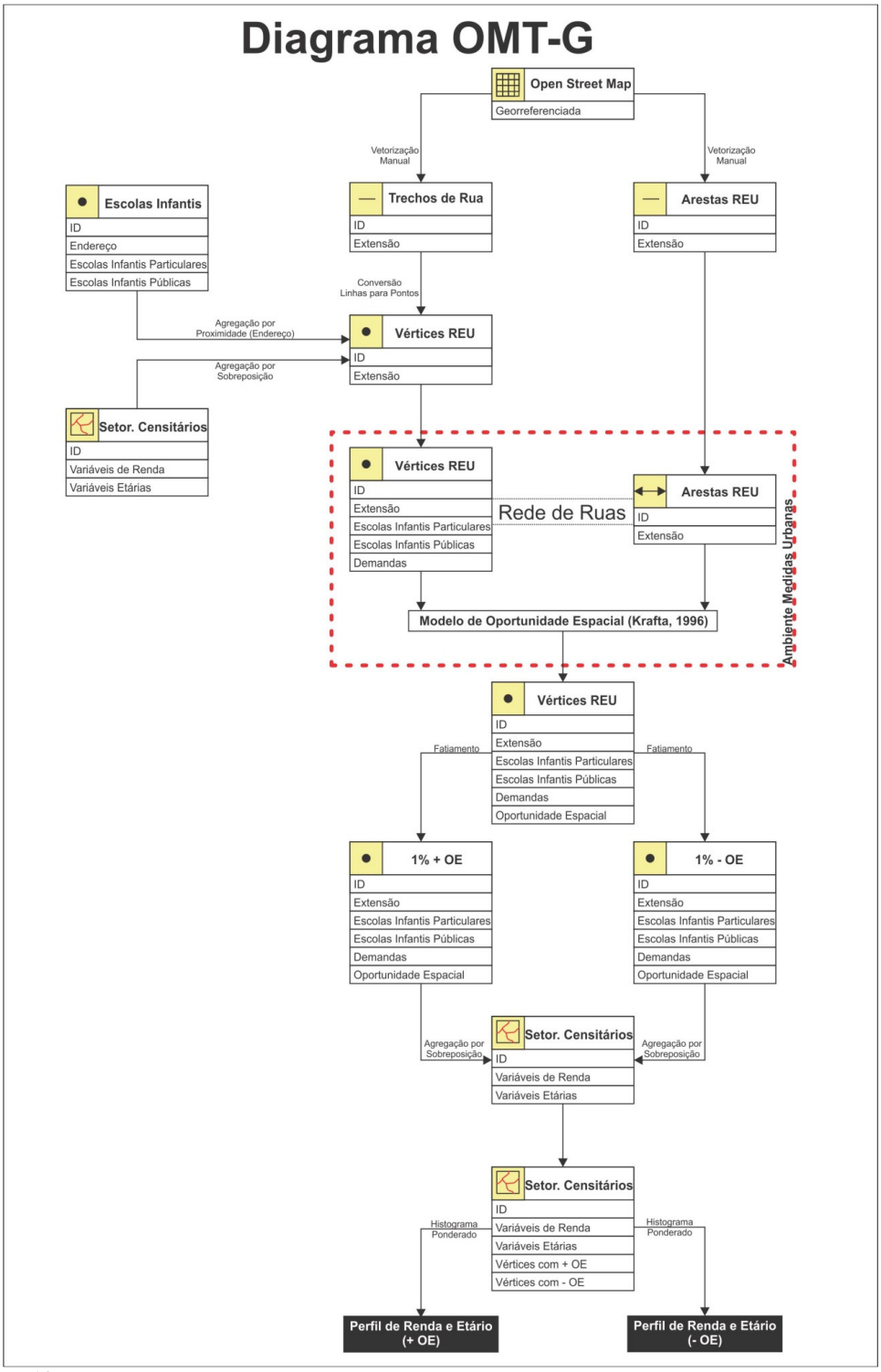

Figura 13 - Diagrama OMT-G apresentando os processamentos espaciais realizados nesse trabalho (Fonte: Elaboração Própria).

O arquivo com os dados tabulados dessa camada (setores censitários.dbf), contém as informações a respeito de faixas etárias e faixas de renda além da quantidade de vértices localizados dentro de cada polígono. Assim, extraí-se uma média ponderada de valores que definirá o perfil médio de renda e faixa etária dos locais mais e menos privilegiados espacialmente.

O percurso metodológico proposto neste trabalho está sintetizado na sequência do diagrama OMT-G apresentado na figura 13.

7 – Experimentos e Resultados

7.1 – Maior Privilégio Locacional

O primeiro cenário testado hierarquizou os vértices da rede espacial urbana em função do maior privilégio locacional dos espaços com crianças em idade escolar frente aos estabelecimentos de ensino infantil da cidade L. O 1% de vértices mais privilegiados espacialmente nesse cenário são apresentados na figura 14.

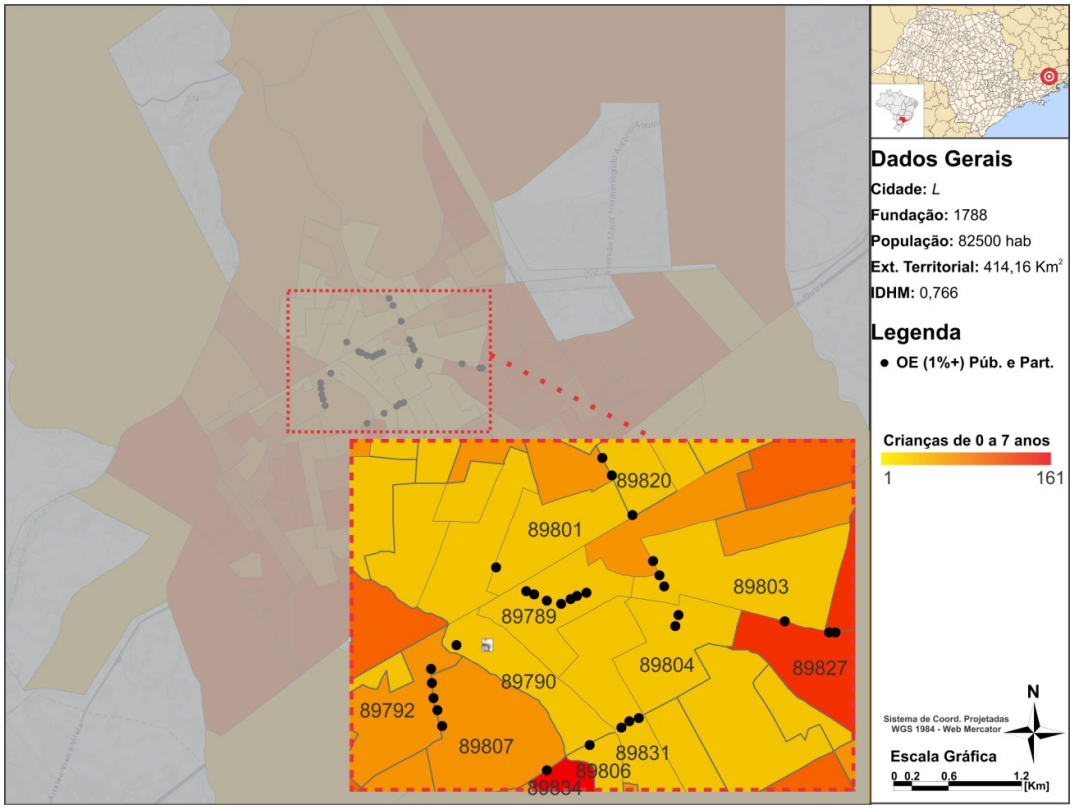

Figura 14 – Distribuição do 1% de vértices da rede espacial com maior privilégio locacional frente as escolas infantis públicas e particulares sobre os setores censitários de L (Fonte: Elaboração Própria).

Todos os vértices com maiores valores de centralidade por Oportunidade Espacial considerando um cenário formado por espaços com crianças com até 7 anos incompletos e escolas de educação infantil (públicas e particulares) favorece, claramente a zona central da cidade. Ponderando os valores das variáveis dos setores censitários pela quantidade de vértices neles contidos, gera-se um histograma médio que descreve o perfil de renda e etário dos espaços mais privilegiados frente aos serviços de educação infantil na cidade que são exibidos nos gráficos 1 e 2. As tabela 1 exibe os valores das variáveis e as ponderações (número de vértices mais privilegiados por setor censitário) que geraram o perfil de renda médio.

Ao que parece, o perfil de renda dos espaços com maior privilégio locacional frente aos equipamentos de educação infantil pública e privada da cidade é marcado pela predominância de pessoas com renda de 1 a 2 Salários Mínimos seguido por pessoas com renda de ½ a 1 Salário Mínimo. Apesar disso, percebe-se que esses lugares possuem um perfil sensivelmente mais baixo do que a média de renda do município (linha azul no gráfico 1). Destaca-se que a quantidade de pessoas com rendas inferiores a 3 salários mínimos nesses lugares são, invariavelmente, menores do que a média municipal. Por outro lado, a quantidade de pessoas com mais de 3 salários mínimos, nesses espaços, ultrapassa a média municipal, sugerindo que os lugares mais privilegiados espacialmente são, de fato, ocupados por um estrato de pessoas com rendas mais elevadas se comparado ao restante da cidade.

Tabela 1 – Valores de variáveis de renda por setor censitário e quantidade de vértices com maior privilégio locacional frente as escolas infantis públicas e particulares de *L*. O perfil de renda dos espaços mais privilegiados frente as escolas infantis públicas e particulares de *L* é dado pela média ponderada (arredondada) das variáveis pela quantidade de vértices por setor censitário. (Fonte: Elaboração Própria).

ID	Vértices	RE010	RE011	RE012	RE013	RE014	RE015	RE016	RE017	RE018
89789	7	4	43	76	37	48	43	8	11	4
89803	4	7	65	117	30	60	60	13	11	1
89807	4	13	90	78	26	31	23	6	3	2
89820	3	17	66	119	59	61	39	9	4	2
89831	3	17	83	129	35	43	35	6	12	5
89804	2	4	39	71	40	42	80	14	14	4
89827	2	32	134	212	64	74	30	4	6	1
89790	1	11	56	93	46	70	58	14	8	1
89792	1	21	136	163	68	65	29	5	1	0
89801	1	2	38	65	44	50	56	6	8	5
89806	1	1	22	81	44	48	25	3	0	1
89834	1	43	169	218	65	44	16	2	1	0
	Média	**12**	**71**	**108**	**41**	**51**	**42**	**8**	**8**	**3**

O estrato de pessoas com rendas mais baixas (menores do que 2 salários mínimos) nos lugares mais privilegiados espacialmente para o alcance de escolas infantis públicas e particulares na cidade é menor do que a média municipal, indicando que a distribuição espacial desses equipamentos de educação parece privilegiar um estrato social com melhores condições financeiras (rendas acima de 3 Salários Mínimos).

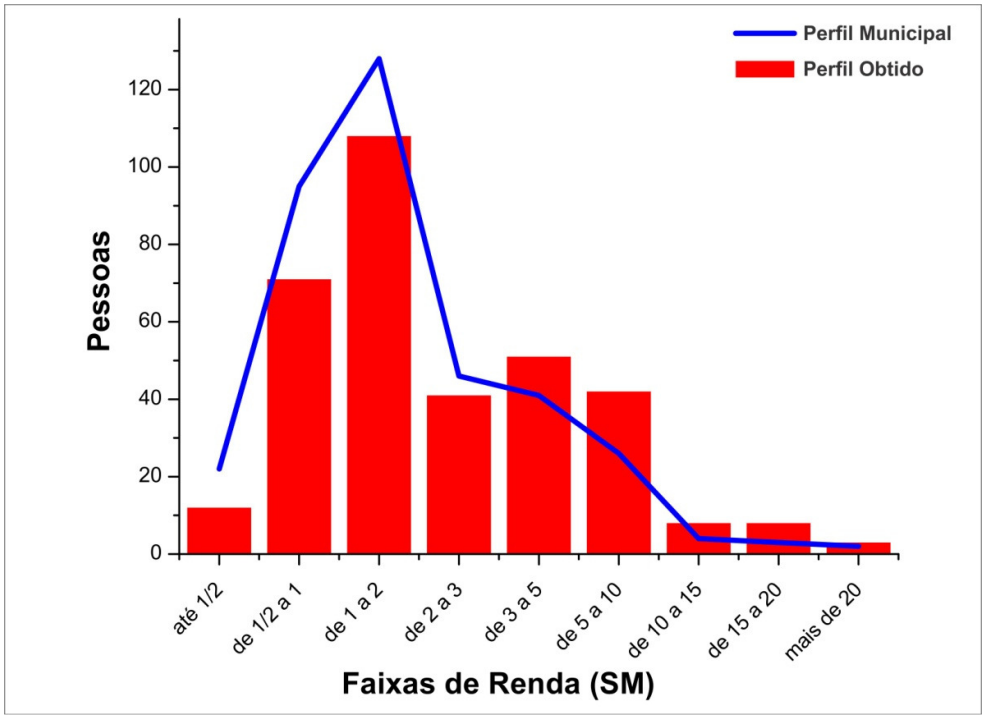

Gráfico 1 – Perfil de renda dos residentes nos vértices mais privilegiados espacialmente para alcançar as escolas infantis públicas e particulares de *L* conforme metodologia proposta (barras vermelhas). Em azul a linha indica o perfil de renda médio do munícipio (Fonte: Elaboração Própria).

Outro fator relevante dessa pesquisa consiste no perfil etário da população que reside nos espaços com maior privilégio frente a rede de ensino infantil na cidade. A tabela 2 apresenta o perfil de faixa etária obtido.

Nesse caso, observa-se um perfil que evidencia espaços com predominância de pessoas com mais de 50 anos de idade (quantidades acima da média municipal). Em todos os outros intervalos de faixa etária avaliados, tem-se valores menores do que a média municipal, sugerindo claramente que poucas crianças em idade escolar básica são favorecidas espacialmente pela distribuição de tais equipamentos na cidade. Ainda nessa direção e com base nesses resultados, tem-se áreas da cidade que concentram quantidades sensivelmente menores de adultos em idade produtiva (dos 20 aos 60 anos) do que a média municipal (possíveis pais de crianças em idade escolar básica). Esse dado pode indicar que poucos pais de crianças em idade de educação infantil (que

necessitam, por exemplo de creches) são privilegiados espacialmente se comparado aos valores da média municipal.

Tabela 2 - Valores de variáveis etárias por setor censitário e quantidade de vértices com maior privilégio locacional frente as escolas infantis públicas e particulares de *L*. O perfil etário dos espaços mais privilegiados frente as escolas infantis públicas e particulares de *L* é dado pela média ponderada (arredondada) das variáveis pela quantidade de vértices por setor censitário. (Fonte: Elaboração Própria).

ID	Vértices	PE010	PE015	PE016	PE017	PE018	PE019	PE020	PE021	PE022	PE023
89789	7	18	11	23	28	30	38	66	46	60	81
89803	4	37	26	33	38	55	45	84	85	85	107
89807	4	56	28	35	36	50	41	72	75	61	70
89820	3	38	15	34	59	46	47	86	98	85	123
89831	3	43	15	40	33	61	49	74	86	111	106
89804	2	36	13	30	46	27	48	60	77	67	117
89827	2	104	42	97	77	92	96	132	167	113	125
89790	1	22	12	33	38	38	38	57	68	81	131
89792	1	57	23	41	58	66	70	90	110	113	144
89801	1	19	8	24	36	33	22	56	62	57	114
89806	1	22	15	23	23	48	43	43	73	53	51
89834	1	129	46	78	107	118	110	173	122	145	146
	Média	**42**	**20**	**37**	**43**	**50**	**49**	**79**	**81**	**80**	**101**

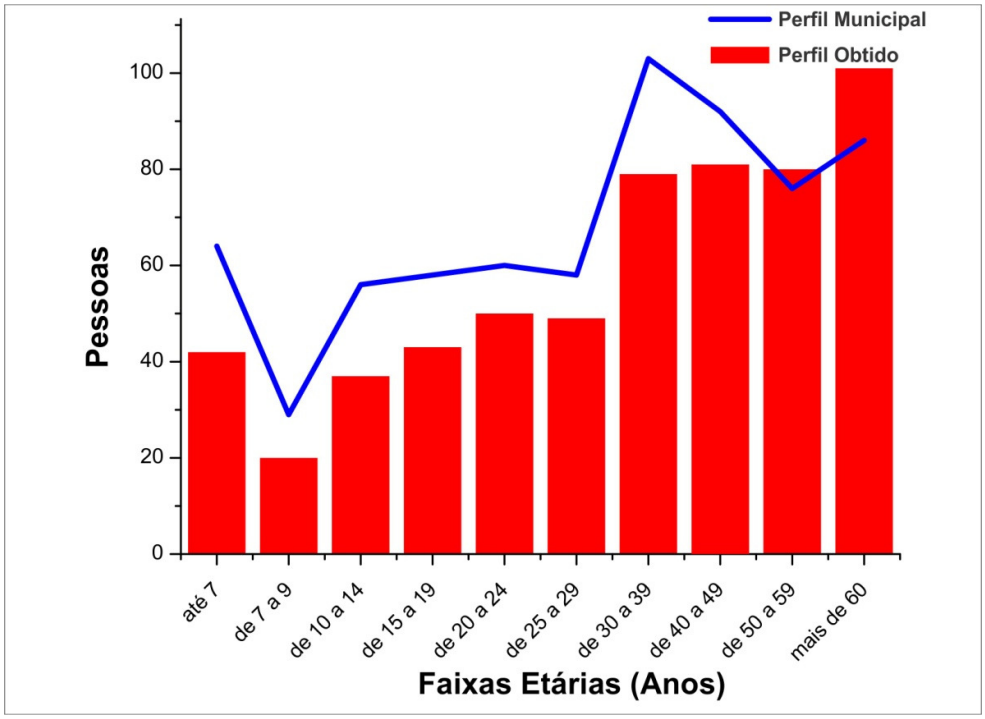

Gráfico 2 - Perfil etário dos residentes nos vértices mais privilegiados espacialmente para alcançar as escolas infantis públicas e particulares de *L* conforme metodologia proposta (barras vermelhas). Em azul a linha indica o perfil etário médio do munícipio (Fonte: Elaboração Própria).

Assim, parece que os lugares mais privilegiados espacialmente desde o ponto de vista da oportunidade espacial para o alcance de escolas de educação infantil pública e particular em *L* possuem uma quantidade de pessoas com renda superior a 3 salários mínimos acima da média municipal, além de uma quantidade considerável de pessoas com mais de 50 anos acima da média etária municipal, ou seja, que concentram pessoas idosas, não sendo ocupados por quantidades substanciais de crianças e adultos em idade produtiva (possíveis pais e responsáveis).

7.2 – Menor Privilégio Locacional

O segundo cenário testado hierarquizou os vértices da rede espacial urbana em função do menor privilégio locacional dos espaços com crianças em idade escolar frente aos estabelecimentos de ensino infantil da cidade *L*. O 1% de vértices menos privilegiados espacialmente nesse cenário são apresentados na figura 15.

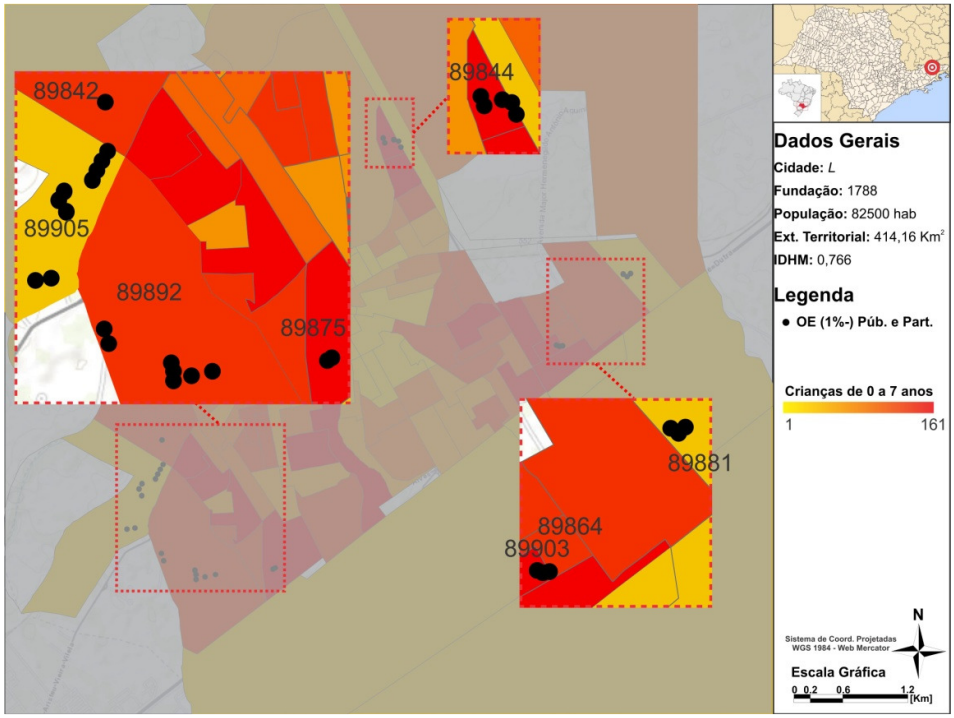

Figura 15 - Distribuição do 1% de vértices da rede espacial com menor privilégio locacional frente as escolas infantis públicas e particulares sobre os setores censitários de *L* (Fonte: Elaboração Própria).

Claramente, percebe-se um cenário onde os vértices com menores valores de centralidade por oportunidade espacial de crianças com até 7 anos incompletos e o acesso a escolas de educação infantil (públicas e particulares) concentram-se na periferia da cidade. Ponderando-se os valores das variáveis dos setores censitários pela quantidade de vértices neles contidos, obtem-se os histogramas com os perfis de renda e

faixa etária médios desses espaços (gráficos 3 e 4). A tabela 3 exibe os valores das variáveis de renda e as ponderações (número de vértices mais privilegiados por setor censitário) que geraram o perfil de renda médio.

Aqui, percebe-se que os lugares menos privilegiados espacialmente no tocante ao acesso de crianças em idade escolar a rede de escolas infantis da cidade é praticamente igual ou até maior do que a média municipal quando se considera rendas inferiores a 2 salários mínimos. Fora isso, os outros intervalos de renda (superiores a 2 salários mínimos) indicam valores sensivelmente menores que a média municipal. Esse dado aponta que nesses lugares existe uma concentração considerável de pessoas com renda baixas, especialmente se comparado ao restante da cidade (linha azul no gráfico 3).

Tabela 3 - Valores de variáveis de renda por setor censitário e quantidade de vértices com menor privilégio locacional frente as escolas infantis públicas e particulares de *L*. O perfil de renda dos espaços menos privilegiados frente as escolas infantis públicas e particulares de *L* é dado pela média ponderada (arredondadas) das variáveis pela quantidade de vértices por setor censitário (Fonte: Elaboração Própria).

ID	Vértices	RE010	RE011	RE012	RE013	RE014	RE015	RE016	RE017	RE018
89905	9	5	22	34	5	7	3	0	2	0
89892	7	28	112	150	69	51	15	2	1	1
89844	5	70	195	219	28	17	6	0	1	1
89881	3	16	32	24	7	5	3	0	0	0
89875	2	12	46	264	109	108	31	1	0	0
89903	2	40	117	105	15	8	1	0	0	0
89842	1	20	83	170	61	38	12	1	0	0
89864	1	52	143	168	36	19	4	0	0	0
	Média	**27**	**87**	**120**	**34**	**27**	**8**	**1**	**1**	**0**

Portanto, verifica-se um cenário indicando que, possivelmente, os responsáveis por domícilios (que teoricamente mais precisariam dos serviços de creches e escolas infantis) possuem as condições de acesso aos equipamentos de educação infantil particular e pública da cidade são as mais problemáticas.

Finalmente, é gerado também um perfil etário dos espaços com menor privilégio locacional frente a rede de educação infantil da cidade *L*. Os dados considerados para a geração desse perfil são apresentados na tabela e no gráfico 4.

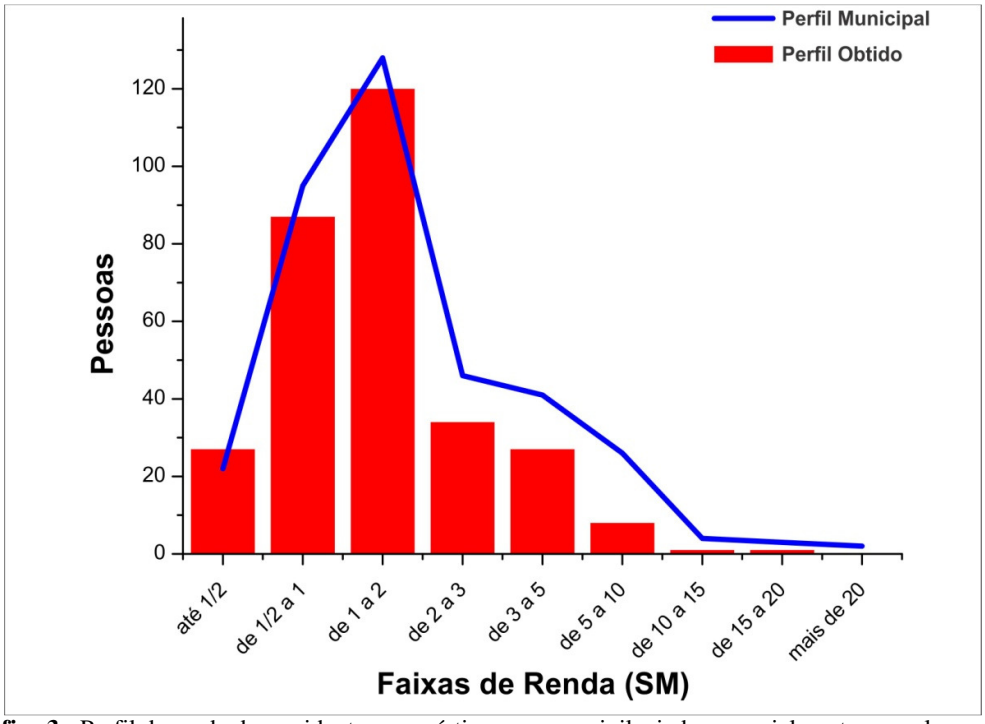

Gráfico 3 - Perfil de renda dos residentes nos vértices menos privilegiados espacialmente para alcançar as escolas infantis públicas e particulares de *L* conforme metodologia proposta (barras vermelhas). Em azul a linha indica o perfil de renda médio do munícipio (Fonte: Elaboração Própria).

Tabela 4 - Valores de variáveis etárias por setor censitário e quantidade de vértices com menor privilégio locacional frente as escolas infantis públicas e particulares de *L*. O perfil etário dos espaços menos privilegiados frente as escolas infantis públicas e particulares de *L* é dado pela média ponderada (arredondadas) das variáveis pela quantidade de vértices por setor censitário (Fonte: Elaboração Própria).

ID	Vértices	PE010	PE015	PE016	PE017	PE018	PE019	PE020	PE021	PE022	PE023
89905	9	14	3	10	20	16	13	21	22	14	20
89892	7	102	50	82	73	56	74	180	102	58	55
89844	5	147	61	137	144	114	89	193	150	92	87
89881	3	22	9	21	27	20	13	31	20	16	15
89875	2	147	46	119	92	90	94	257	180	48	57
89903	2	130	47	87	74	64	64	129	63	38	45
89842	1	94	38	92	49	46	76	186	101	43	33
89864	1	108	54	86	89	76	79	142	98	79	49
	Média	**80**	**33**	**67**	**65**	**53**	**53**	**120**	**80**	**44**	**44**

O gráfico 4 exibe um histograma indicando que as áreas menos privilegiadas espacialmente para o acesso a rede escolar infantil de *L* são ocupadas por uma quantidade de crianças com até 7 anos incompletos maior do que a média municipal. Os valores de faixas etárias são menores do que a média municipal, apenas para os intervalos etários que variam de 20 a 29 anos e mais de 40 anos. Por outro lado, a quantidade de adultos entre 30 e 39 anos é bastante superior a média municipal. Esses resultados sugerem, claramente, que os espaços menos privilegiados espacialmente para

o alcance de equipamentos de educação infantil na cidade *L* são ocupados por uma quantidade sensível de crianças (até 7 anos incompletos). Além disso, esses espaços apresentam valores expressivos de adultos entre 20 a 39 anos próximos ou superiores a média municipal. Assim, pode-se inferir que essas áreas apresentam grandes possibilidades de serem residências de pais e responsáveis que, em função do perfil de renda médio, podem precisar – de forma decisiva – desses equipamentos de educação.

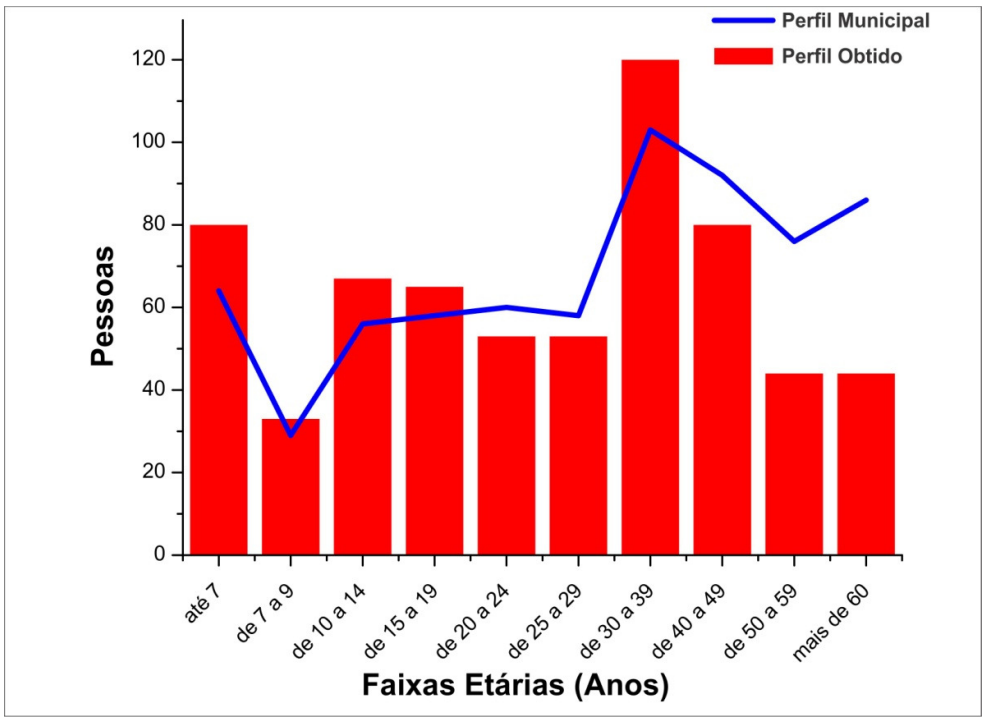

Gráfico 4 - Perfil etário dos residentes nos vértices menos privilegiados espacialmente para alcançar as escolas infantis públicas e particulares de *L* conforme metodologia proposta (barras vermelhas). Em azul a linha indica o perfil etário médio do munícipio (Fonte: Elaboração Própria).

Portanto, os resultados obtidos nesse cenário indicam que os espaços menos privilegiados para o acesso a escolas de educação infantil pública e particular em *L* apresentam quantidades de pessoas com renda inferior a 2 salários mínimos muito próximas da média municipal. Também, que tais espaços são ocupados por uma quantidade substancial de pessoas com menos de 40 anos, com destaque para a concentração de crianças em idade escolar básica, sugerindo que nos espaços menos privilegiados possam existir muitas pessoas em idade produtiva (possíveis pais e responsáveis) e que possuem dependentes que necessitam de tais serviços de educação.

8 – Conclusão

Os resultados obtidos nesse trabalho sugerem que os problemas de acesso a rede de educação infantil na cidade *L* seguem na mesma direção da maioria das cidades

brasileiras. Parece que as escolhas locacionais para os equipamentos de ensino infantil tendem a privilegiar aqueles locais da cidade com quantidades de crianças com até 7 anos incompletos sugestivamente menores do que a média municipal. Além disso, as regiões mais centrais da cidade, caracterizadas como setores de renda média mais elevada, indicam que naqueles espaços as pessoas residentes possuem maiores condições financeiras para realizar os deslocamentos diários do tipo residências/escolas infantis do que as que vivem, por exemplo, nas periferias que obtiveram os piores resultados de oportunidade espacial a esses serviços.

Dessa forma, os resultados obtidos também apontam que as áreas periféricas da cidade e que concentram, de forma bastante sensível, parte considerável da população mais humilde da cidade (estratos de renda mais baixos), parece carecer de facilidades de acesso às escolas infantis da cidade. Se isso se confirma, surge uma situação que acarreta aos pais e responsáveis maiores deslocamentos (que se reflete em tempo e/ou custos), menor disponibilidade de tempo para descanso e, consequentemente, pode levar ao aumento dos índices de evasão escolar já nas primeiras etapas da educação. Mais do que isso, os resultados apontam que as áreas mais carentes de acesso a escolas infantis apresentam quantidades de crianças com idade até os 7 anos (incompletos) acima da média municipal. Também pode se perceber com esses experimentos que esses locais servem como residencia para parte considerável das pessoas com idade até 40 anos (possivelmente pais e responsáveis por essas crianças) já que neles são vistas quantidades de pessoas residentes acima ou próximas da média municipal.

Portanto, conclui-se que a escolha locacional de escolas de educação infantil na cidade *L* parece não levar em consideração variáveis espaciais que associam demandas a ofertas, levando a um cenário que privilegia áreas que, em suma, apresentam perfis de renda mais elevados (acima de 3 salários mínimos) e faixas etárias que parecem depender pouco desses serviços (acima de 50 anos) em detrimento das periferias que concentram crianças em idade escolar infantil e quantidades consideráveis de possíveis pais e responsáveis (de 30 a 39 anos). Assim, nessa cidade, faz-se necessário uma reflexão acerca do emprego de inteligência espacial na tomada de decisão dos gestores públicos.

Esse trabalho apresentou um esforço propositivo para uma abordagem alternativa capaz de definir os perfis etários e de renda de residentes baseada em propriedades de ordem

eminentemente espacial (oportunidade espacial de residencias em função de escolas de educação infantil), utilizando propriedades de redes. Além dessa metodologia, o trabalho fez uma breve revisão sobre aspectos fundamentais para a compreensão da abordagem configuracional e técnicas de geoprocessamento aplicadas aos estudos urbanos e regionais, podendo ser considerado pertinente aos objetivos da disciplina SER-300 (Introdução ao Geoprocessamento).

Referências Bibliográficas

BARRA, T.. Integrating Micro-Economic Models with Spatial Interaction Theory. In: Steadman, P. (ed.) **Transactions of the Martin Centre for Architectural and Urban Studies**. Cambridge, Inglaterra: University of Cambridge, 1979.

BATTY, M.. **A New Theory of Space Syntax**. CASA Working Paper nº 75. Londres: CASA - Centre for Advanced Spatial Analysis. University College London, 2004. ISSN: 1467-1298.

BLANCHARD, P.; VOLCHENKOV, D.. **Mathematical Analysis of Urban Spatial Networks.** Heidelberg, Alemanha: Springer-Verlag Berlin. 2009. 181 p. ISBN: 9783540878292. (Understanding Complex Systems)

BREHENY, M. J.. *The measurement of spatial opportunity in strategic planning*. **Regional Studies**, vol. 12. 1978. P. 463-479.

BROWN S.. *The Wheel of Retail Gravitation?* **Environment and Planning B**, v. 24, n. 10, 1992.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V.; DE MEDEIROS, J.S.. *Representações computacionais do espaço: um diálogo entre a geografia e a ciência da geoinformação.* **Geografia**, vol. 28. N.1. 2003. p. 83-96.

ECHENIQUE, M.. **Modelos Matemáticos de la Estructura Espacial Urbana, Aplicaciones en América Latina.** (1. ed. en español). Ediciones SIAP : distribuidor exclusivo, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires. 1975. 287 p.

REVISTA ESCOLA PÚBLICA. *Em Busca de Vagas*. Disponível em: <http://revistaescolapublica.uol.com.br/textos/32/em-busca-de-vagas-284459-1.asp>. Acessado em 09 jun. 2016.

FRANÇA, *A. Indicadores de desempenho espacial para avaliação urbana.* **Revista da ANPUR**, vol. 11. 2005.

FREEMAN, L.C.. *Centrality in Social Networks. Conceptual Clarification*. **Social Networks**, v. 1, n. 3, 1979. p. 215-239. DOI: 10.1016/0378-8733(78)90021-7.

HAGGETT, P.; CHORLEY, R.. **Network Analysis in Geography.** 2. ed. Londres, Inglaterra: Edward Arnold, 1969. 348 p. (Explorations in spatial structure, v. 1).

HARARY, F.. **Graph Theory.** Addison Wesley Publishing Co. Reading, Massachusetts. 274p. 1969.

HARVEY, D. **Social Justice in the city**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1973.

HILLIER, B.; PENN, A.; HANSON, J.; GRAJEWSKI, T. & XU, J.. *Natural Movement - or, Configuration and Attraction in Urban Pedestrian Movement*. **In: Environment & Planning B**, V.20 (1) p. 29 – 66. 1993.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário.** Documentação do Arquivo. Rev. 27/02/2013. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/1_Documentacao_Agregado_dos_Setores_2010.zip>. Acessado em: 29/03/2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Plataforma Cidades@**. Rev. 17/07/2013. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: < http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php?lang=>. Acessado em: 02/02/2014.

INGRAM, D.R.. *The Concept of Accessibility: A Search for an Operational Form.* **Regional Studies**, v. 5, n. 2. p 101-107. 1971. DOI:10.1080/09595237100185131.

KRAFTA, R.. *Modelling Intraurban Configurational Development*. **Environment & Planning B**, v. 21, 1994. p. 67-82. DOI:10.1068/b210067.

KRAFTA, R.. *Urban Convergence: Morphology and Attraction*. **Environment & Planning B**, v. 23, n. 1, 1996. p. 37-48. DOI:10.1068/b230037.

KRAFTA, R.. **Notas de Aula de Morfologia Urbana.** Porto Alegre: UFRGS, 2014.

KRAFTA, R.; NETTO, V.. *A Forma Urbana Como Problema de Desempenho.* **R. B. Estudos Urbanos e Regionais**. Vol. 11. Número 2. Pág. 157- 180. 2009

KRUGER, M.J.T.. *An Approach to Build-Form Connectivity at Urban Scale: Variations of Connectivity and Adjacency Measures Amongst Zones and other Related Topics.* **Environment & Planning B,** v. 6, p. 305-320. 1979.

KRUGER, M.J.T.. *Representation and Understanding Urban Maps in Pedestrian Movement Analysis*. **Bartlett School of Architecture and Planning**, University College London, 1990.

LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO. *Lei Nº 9.394, de 20 de Dezembro de 1996*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm>. Acesso em: 09 de jun. 2016

POLIDORI, M. C.; GRANERO, J.; KRAFTA, R.. **Medidas Urbanas. v 1.5**. *Software*. Pelotas: FAUrb-UFPel, 2001.

NYSTUEN, J.. *Identification of Some Fundamental Spatial Concepts.* In: BERRY, J.; MARBLE, D. **Spatial Analysis: a Reader in Statistical Geography.** New Jersey and London: Prentice-Hall, 1968, p. 35-41.

PORTA, S.; CRUCITTI, S. & LATORA, V.. *The Network Analysis of Urban Streets: a Dual Approach*. **Physica A** 369. 2006. p. 853–866.

RIBEIRO, B. M. G. ; CORTELETTI, L. ; LIMA, L. ; MARASCHIN, C.. *Análise Espacial da Rede Escolar Através de Modelos Configuracionais.* In: 2ª Jornada de Morfologia Modelos Urbanos, 2013, Pelotas. **Anais da 2ª Jornada de Morfologia Modelos Urbanos**, 2013. p. 1-8.

SEVTSUK, A.; MEKONNEN, M.. *Urban Network Analysis. A New Toolbox for ArcGIS.* **International Journal of Geomatics and Spatial Analysis,** v. 22, n. 2, 2012. p. 287-305. DOI:10.3166/rig.22.287-30.

STROGATZ, S.H.. *Exploring Complex Networks.* **Nature**, v. 40, p. 268-276, 2001.

WASSERMAN, S.; FAUST, K.. **Social Network Analysis: Methods and Applications.** Cambridge: Cambridge University Press,1994.

Apêndice

A seguir são apresentadas as definições das variáveis oriundas do censo 2010 (IBGE, 2011) que foram utilizadas na base de dados desse trabalho

Rendas

RE010 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média até 1/2SM.

RE011 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 1/2SM até 1SM.

RE012 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 1SM até 2SM.

RE013 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 2SM até 3SM.

RE014 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 3SM até 5SM.

RE015 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 5SM até 10SM.

RE016 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 10SM até 15SM.

RE017 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média de 15SM até 20SM.

RE018 – Número de Pessoas com Renda Mensal Média Superior a 20SM.

Pessoas

PE010 – Número de Pessoas de 0 a 7 Anos de Idade incompletos.

PE015 – Número de Pessoas de 7 a 9 Anos de Idade.

PE016 – Número de Pessoas de 10 a 14 Anos de Idade.

PE017 – Número de Pessoas de 15 a 19 Anos de Idade.

PE018 – Número de Pessoas de 20 a 24 Anos de Idade.

PE019 – Número de Pessoas de 25 a 29 Anos de Idade.

PE020 – Número de Pessoas de 30 a 39 Anos de Idade.

PE021 – Número de Pessoas de 40 a 49 Anos de Idade.

PE022 – Número de Pessoas de 50 a 59 Anos de Idade.

PE023 – Número de Pessoas com Idade Igual ou Superior a 60 Anos de Idade.