

# Convergência Urbana<sup>1</sup>

Uma Alternativa para Manejar com o Uso do Solo

Equipe de Trabalho: Maurício Couto Polidori; Romulo Krafta; Márcio André Midon; Fabrício Vergara da Mota; Marina Cañas Martins; Clarissa Castro Calderipe; Mateus Treptow Coswig; Nidiara Moraes Vargas; Felipe Fernandes.

## Resumo

A localização e as características das atividades na cidade dependem das relações entre a oferta e a demanda, que se realizam condicionadas e mediadas pelo espaço urbano. Nesse caminho, este trabalho apresenta um modelo capaz de medir essas relações, baseado em descrições configuracionais que influenciam probabilisticamente a eleição dos pontos de demanda pelos usuários (atividade habitacional) e a localização da oferta pelos seus promotores (comércio, equipamentos comunitários e demais facilidades urbanas). Os resultados, função da posição relativa e características das atividades, apontam para três produtos integrados:

- ▷ oportunidade espacial: qualifica a localização dos diferentes pontos de demanda;
- ▷ convergência: especifica quais os pontos de demanda com localização privilegiada;
- ▷ potencial: informa sobre lugares onde a relação entre oferta e demanda é configuracionalmente adequada, sugerindo alternativas para novas atividades.

O modelo, que oferece informações sobre o estado do sistema e permite simultaneamente especular sobre alternativas de futuro, pode auxiliar no processo de planejamento e nos planos de dotação de facilidades urbanas, servindo aos interesses públicos e à iniciativa privada. Neste argumento estão anotados seus fundamentos teóricos e operacionais, bem como a síntese dos testes realizados no estudo de caso de trecho do bairro Laranjal, em Pelotas, RS.

Palavras chave: morfologia; modelagem; uso do solo.

## 1. Introdução

Este trabalho constitui o produto na pesquisa de “Convergência Urbana”, associada à pesquisa maior denominada “Medidores de Desempenho Urbano”, realizada em parceria da FAUrb - UFPel com o PROPUR – UFRGS. O argumento, que recupera os princípios teóricos do modelo de Convergência Urbana e se ocupa de mostrar os testes realizados para desenvolvimento do software que o executa, está produzido como resultado de 1999 da investigação, realizada com apoio de uma BIC FAPERGS. No ano 2000 os trabalhos continuarão na proporção do apoio financeiro a obter nos órgãos de fomento.

O mote principal da investigação compreende a construção de um modelo capaz de medir a relação entre os locais de demanda e oferta em um sistema urbano local, baseado em descrições

---

<sup>1</sup> A investigação Convergência Urbana está vinculada ao projeto “Medidores de Desempenho Urbano” e conta com um bolsista pela Fapergs. Este relatório é de 1999.

detalhadas da configuração espacial e de uma aproximação probabilística da escolha do usuário. De acordo com este modelo, a articulação da malha do espaço público, associada a uma distribuição desigual de facilidades produz uma rede de ofertas bastante influente com a qual os locais de demanda estão relacionados. A escolha, assim como a satisfação da demanda, será uma função da posição relativa (centralidade) e da atratividade dos locais de oferta. O modelo atribui, simultaneamente, valores para a oportunidade espacial das demandas e para a convergência espacial das ofertas; concomitantemente, pode oferecer uma imagem da estabilidade do espaço em termos de possíveis mudanças de uso do solo, através da medida de potencialidades espaciais.

Em 1999 a pesquisa avançou nos seguintes itens principais:

- ▷ as bases teóricas principais foram estudadas e disponibilizadas em versão na língua portuguesa;
- ▷ foi construída uma classificação de uso do solo extensiva, a qual foi utilizada nos trabalhos práticos; a complexão desse trabalho gerou um produto independente, conforme Anexo 1 deste documento;
- ▷ o programa de computador denominado "Convergência Urbana" (desenvolvido pela equipe de pesquisa) foi exaustivamente testado e refeito, em função da supressão de problemas e de aperfeiçoamentos lógicos e operacionais; essa tarefa ocupou a maior parte da energia e tempo da equipe, em função da dificuldade do trabalho e da participação de componentes da equipe de Pelotas e de Porto Alegre;
- ▷ foi eleito como caso de estudo o bairro Laranjal, em Pelotas, RS, por possibilitar os testes desejados e o controle dos resultados (o bairro foi representado pelos loteamentos Santo Antônio, Valverde e Novo Valverde, conforme aparece no título &, adiante);
- ▷ foram realizados testes com simulações de uso de solo e com a versão real, conforme apontado em levantamento de campo;
- ▷ as respostas do modelo foram checadas segundo suas reações a mudanças lógicas no uso do solo do bairro e conforme evidências empíricas vivenciadas pela equipe de trabalho;
- ▷ foram relatadas as observações sobre os casos simulados e sobre a versão real, sendo então construídas as conclusões do trabalho.

Para o ano 2000 está prevista a utilização do software denominado "Oportunidades 3D" (também desenvolvido pela equipe de pesquisa), percorrendo as etapas de teste, desenvolvimento de software e estudo de caso.

## 2. Motivação

Os modos tradicionais de manejar com o uso do solo, no processo de planejamento urbano, têm enfrentado dificuldades em sua aplicação e não têm, via-de-regra, atingido os resultados esperados. O zoneamento funcional tem sido duramente criticado, aparecendo no cenário do urbanismo mais como um gerador do que como um solucionador de problemas. É comum o relato de que não há razões suficientes para compreender o regime de usos de uma determinada zona urbana, quando permite uma função num dado lote e proíbe no lote vizinho ou no próximo quarteirão. A maioria dos planos diretores ainda está estruturado sobre zoneamentos funcionais, contendo conjuntos de regras que, ao pretenderem prescrever soluções, terminam forçando a realidade com regras que não interagem com a realidade da cidade e com a dinâmica de sua produção. Ao cabo de tudo isso, se executado o zoneamento funcional, os resultados apontam para a exagerada separação das atividades urbanas e para a constituição de zonas segregadas, sem diversidade e sem vitalidade (Lynch, 1981).

Entretanto, é evidente a necessidade de encontrar modos eficazes de manejar com o uso do solo das cidades contemporâneas, dando alternativas ao zoneamento funcional e ao regime de usos tradicionais. Uma das possibilidades está na tentativa de modelar as relações entre as diversas funções realizadas na cidade, descrevendo suas interinfluências; se a influência for considerada positiva ou se aproximar dos objetivos do planejamento urbano, sua presença e localização podem ser adequadas; do contrário, podem ser expressas as razões ou causas da inadequação, indicando outras possibilidades e favorecendo os interesses do interessado, ao passo que se fortalece o papel do poder público.

É importante considerar, também, os diferentes interesses nas questões de uso do solo, dados pelos usuários das funções urbanas, pelos promotores ou prestadores de serviços, bem como pelos interessados em vir a realizar novas funções ou atividades urbanas. O primeiro grupo representa os consumidores e as habitações enquanto que o segundo representa os diversos tipos de comércios, os usos comunitários, os usos institucionais e alguns equipamentos urbanos; o terceiro grupo pode representar os empreendedores urbanos, agindo num espaço em transformação.

Construir e testar um instrumento que permita uma alternativa ao modo prescritivo e estático de manejar com o uso do solo, tal como está na maioria dos planos diretores atuais, é o principal motivo dessa investigação.

### 3. Estado da Arte<sup>2</sup>

Desde o pós-guerra países do hemisfério norte vem produzindo indicadores sociais diversos. Exemplos são o "Towards a Social Report" publicado nos EUA na administração Johnson, considerado o primeiro equivalente social do Economic Report utilizado para retratar o desempenho da economia, ou o "Social Trends" produzido na Grã-Bretanha. Suas características básicas são a produção de dados estatísticos enfocando fatores sociais tais como qualidade de habitação, renda, emprego, etc, que, mapeados, contribuíam para delinear zonas de diferenciação e orientar ações e políticas públicas. Suas limitações principais são decorrentes do fato de serem esses indicadores concebidos e conseqüentemente medidos de maneira independente do espaço; isso equivale a dizer que, embora possam ser úteis para descrever a condição geral de uma população, não fornecem evidências específicas para o encaminhamento dos problemas intrinsecamente urbanos que, se sabe, afetam e modificam o acesso e o uso das facilidades urbanas. Somente muito recentemente a área de indicadores de desempenho urbano passa a ser enfocada com mais atenção, a partir do desenvolvimento de métodos e técnicas de modelagem urbana. Através de modelos urbanos se consegue clarificar relações multicausais urbanas com mais clareza e aumentar a capacidade de predição quanto ao desenvolvimento urbano. Importantes fontes de referência para a pesquisa são as seguintes:

---

<sup>2</sup> A partir do projeto "Medidores de Desempenho Urbano" (Krafta e outros, 1997).

### Conferencias Internacionais sobre Sistemas de Suporte à Decisão em Planejamento Urbano

Desde 1992 realizam-se bianualmente as conferências sobre sistemas de suporte à decisão; como o próprio título indica, as conferências procuram reunir experiências de formulação de meios que permitam a avaliação de estados e processos urbanos. Esses suportes vão desde *expert systems* até modelos empíricos ou descrição de experiências, entretanto a produção mais significativa tem sido na direção da montagem de sistemas de avaliação de impacto/desempenho com base em modelos urbanos. Uma nova fase, de modelos parciais (modelos de escolha, modelos configuracionais) tende a substituir o uso dos modelos de grande escala, desenvolvidos na década de setenta, tentando assim concentrar a atenção em determinados aspectos da dinâmica urbana. As conferências são promovidas pela Universidade de Tecnologia de Eindhoven, Holanda e recebem contribuições de toda a comunidade científica internacional, dentre as quais pode-se relacionar como significativos para a pesquisa:

→ Aoki, Y & Muraoka, N (1996): *An optimization method of the facility location by genetic algorithm* (propõem método de avaliar sistemicamente o desempenho de localização de facilidades urbanas em relação a demandas sociais, utilizando o algoritmo genético);

→ Arentze, T., Borgers, A. & Timmermans, H. (1994) *Multistop-based measurement of accessibility in a GIS environment* (propõem um modelo de oportunidade espacial, destinado a avaliar as condições de atendimento de localizações residenciais em relação a ofertas de serviços diversos a partir do conceito de viagem complexa - múltiplas paradas);

→ Krafta, R. (1996): *Built form and urban configuration development simulation* (propõe um método de simular a dinâmica da forma urbana através de sistemas configuracionais que leva em conta o sistema de acessibilidade da rede urbana, as características dos estoques edificados e as condições locais das áreas urbanas);

→ Krafta, R. (1994): *Urban convergence: morphology and attraction* (propõe um sistema de avaliação de oportunidade espacial e de eficiência simultaneamente; a oportunidade espacial é a medida da relação de localizações residenciais (demanda) a um sistema de localizações comerciais (oferta) caracterizadas por privilégios locacionais e complexidade de oferta de serviços; a eficiência é medida de abrangência relativa dos pontos de oferta de serviços em relação a uma demanda espacialmente definida e quantificada);

→ Krafta, R. (1992): *Modelling intraurban configurational development* (propõe um modelo de diferenciação espacial urbana capaz de detectar mudanças na configuração espacial urbana e prover elementos para uma simulação de comportamento da dinâmica urbana);

→ Kulkarni, R et al (1996): *Traffic flow landscapes* (um sistema de avaliação de redes de circulação e transportes é aqui proposto como forma específica de determinar o desempenho de redes inteiras ou de partes de redes);

→ Polidori, M. & Krafta, R. (1996): *Built form assessment - method description* (o método permite avaliar o impacto da inserção de novas edificações em um sistema urbano pré-existente, dando ao operador a oportunidade de estabelecer a escala, as variáveis e os parâmetros do modelo).

### Bertuglia, Clarke & Wilson

O livro denominado *"Modelling the city: performance, policy and planning"* é o terceiro de uma série produzida pela associação de dois importantes centros de pesquisas urbanas, de Turin e de Leeds. Enquanto os dois primeiros livros tratam de fazer uma completa retrospectiva da pesquisa em modelos urbanos, estabelecer as bases para a construção de um modelo integrado e desenvolvê-lo, o terceiro concentra sobre as questões da associação entre modelos urbanos e meios de avaliar o

desempenho do sistema urbano. Do ponto de vista da abordagem sistêmica - microeconomia / interação espacial - contém os elementos mais desenvolvidos na área de indicadores de desempenho.

#### Environment & Planning B

Este periódico publica regularmente matéria referente a análise de desempenho, da qual se pode citar:

- Balakrishnan, P et al (1994): *Efficiency evaluation of retail outlet networks* (os autores geram cenários alternativos para redes de lojas de varejo, avaliando sua adequação em relação às localizações residenciais através de um modelo);
- Krafta, R. (1994): *Urban convergence: morphology and attraction* (já comentado anteriormente);
- Krafta, R. (1992): *Modelling intraurban configurational development* (já comentado anteriormente);
- Masser, I. (1994): *The use of monitoring systems: an evaluation of the SETIA project* (descreve o uso de sistemas de monitoramento utilizados extensivamente na Malásia);
- Shen, Q (1996): *Spatial impacts of locally enacted growth controls* (o trabalho explora os efeitos regionais da fixação de controles sobre o desenvolvimento urbano local, tomando o caso da região da baía de S. Francisco como caso estudo).

#### Journal of American Institute of Planning

Este periódico dedica atenção ao tema da avaliação do desempenho urbano, com destaque para os seguintes títulos:

- Arnold, C & Gibbons J (1996): *Impervious surface coverage* (aborda o problema da impermeabilização progressiva do solo urbano como referência para uma série de problemas ambientais complexos);
- Banerjee, T (1996): *Role of indicators in monitoring growing urban regions* (coloca a discussão sobre indicadores urbanos no contexto das grandes cidades do terceiro mundo);
- Crane, R & Daniere, A (1996): *Measuring access to basic services in global cities* (considera o problema do suprimento de água vis a vis o crescimento da demanda e o comprometimento das fontes pela poluição);
- Sawicki, D & Flynn, P. (1996): *Neighborhood indicators* (os autores fazem uma revisão da literatura e buscam fixar conceitos e metodologias para um projeto nacional de indicadores urbanos locais, lançado pelo Urban Institute, dos EUA; o artigo mostra a atualidade do tema, bem como a forma pela qual está sendo tomado nos Estados Unidos neste momento).

O estado de desenvolvimento da matéria hoje indica fundamentalmente a conveniência do uso de medidas baseadas em conceitos como acessibilidade qualificada e eficiência microeconômica, e não mais apenas quantificadores "contábeis", ou seja, medidas estatísticas derivadas de quantificações simples de pessoas e serviços. Diferentes aspectos do sistema urbano podem ser descritos e avaliados através de modelos assim constituídos, como sugerem vários dos autores acima citados. Diante das alternativas, cabe definições mais precisas quanto ao sistema mais conveniente para a realidade de planejamento e gestão urbanas brasileiras, e ainda quanto a meios técnicos e metodológicos para o desenvolvimento dos modelos.

## 4. A Alternativa do Modelo de Convergência Urbana<sup>3</sup>

### 4.1. Antecedentes

Em trabalhos anteriores (Krafta, 1993, 1994) o problema da diferenciação espacial foi examinado em termos da questão configuracional interna e seus possíveis papéis dentro da estrutura espacial urbana. Sua proposição fundamental era um conjunto de medidas sintéticas de morfologia urbana, denominados Modelos de Centralidade ou Potencialidade, capazes de fornecer ao projetista urbano ou ao político um instrumento para a avaliação da performance do sistema espacial intra-urbano. O objetivo agora é levar estes modelos a um estágio superior, introduzindo especificidades que se espera sejam capazes de produzir um refinamento nos mecanismos de estruturação do espaço urbano.

Vários modos de apreender e descrever a diferenciação espacial urbana têm sido sugeridos, sendo conhecidos como diferentes formas de medidas de acessibilidade. Arentze et all (1992) propõe três grupos de medidas de acessibilidade, passando pelas mais simples, baseadas nos gastos com transporte realizados pelos consumidores na satisfação de suas necessidades, até as mais complexas medições, que expressam acessibilidade em termos de valores excedentes, vantagens ou utilidades para o consumidor, obtidos das facilidades. No mesmo trabalho, eles sugerem uma novidade, "o modelo de percurso com múltiplas paradas" para explorar as particularidades da cadeia de percursos usualmente realizados pelos consumidores durante suas compras. Uma outra forma simples de uso da acessibilidade para descrever a diferenciação de áreas é proposta por Hillier et all (1993). Sua medida de sintaxe do espaço, chamada assimetria relativa, toma a acessibilidade como uma média, ou seja, a distância topológica de cada espaço a todos os outros de um mesmo sistema.

Uma classificação destes indicadores de acordo com a complexidade de suas estruturas internas, poderia mostrar:

- ▷ medidas que não distinguem a hierarquia de pontos, ou seja, não diferenciam origens (pontos de demanda) de destinos (pontos de oferta); por exemplo, a assimetria relativa;
- ▷ medidas que não distinguem diferentes destinos em termos de sua qualificação, como os modelos em que a distância ao ponto de oferta mais próximo é considerado;
- ▷ medidas que hierarquizam os pontos de oferta e não levam em conta prováveis acréscimos ou decréscimos de opções derivadas de séries associadas de destinos (ofertas), como as medidas de bem estar do consumidor; e
- ▷ as medidas que manuseiam hierarquias de ofertas, tanto quanto múltiplas finalidades, como por exemplo o modelo de percurso com múltiplas paradas.

É particularmente interessante que embora estejam no início e no fim da lista anterior, a assimetria relativa e os modelos de percursos com múltiplas paradas possuem um importante ponto em comum, a atenção dada às particularidades espaciais do sistema em questão. Os últimos tentam relacionar a posição relativa dos pontos de oferta com a probabilidade de sucesso dos percursos de demanda, e a primeira trabalha a questão da configuração da malha. Os modelos de percursos com múltiplas paradas determinam a efetividade dos atrativos vinculados ao sistema de circulação,

---

<sup>3</sup> A partir do texto original de Krafta (1995).

enquanto a assimetria relativa determina a efetividade do próprio sistema de circulação e seus possíveis efeitos nos locais de atração. Como a sintaxe urbana é uma possível determinação da estrutura espacial urbana, fica claro que a ausência dos atrativos, nos modelos, é uma séria restrição; por outro lado, isto sugere que os múltiplos movimentos possíveis graças à malha urbana, podem gerar complexos modos de utilização do sistema. Neste sentido, modelos de múltiplas paradas podem se beneficiar da especificação morfológica da configuração da malha. Pela adição de uma variável de opção de percurso para os usuários das ofertas, já determinados pelo dispositivo de múltiplas paradas, poderíamos obter um novo modelo estrutural.

Os indicadores de centralidade espacial podem ser vistos como uma primeira ponte entre estas diferentes famílias de modelos, na medida em que eles trazem ao mesmo tempo as particularidades da malha e da forma construída. Neste caso a forma construída trabalha como um gerador de atrativos, dando uma primeira dimensão de sua distribuição desigual e os efeitos nos sistemas espaciais. Neste trabalho, a idéia de combinar a configuração da malha e os atratores desenvolve-se ainda mais, sendo proposta uma nova medida, denominada convergência espacial.

## 4.2. Centralidade Espacial

A primeira idéia que estrutura a centralidade espacial é que cada unidade de forma construída pode ser acessada a partir de qualquer outra através de uma sequência de espaços públicos. Conseqüentemente, os espaços públicos estão no caminho entre cada par de unidades de forma construída (BFU) e assim eles são centrais em relação a outros espaços, como ilustrado na figura 1. Considerando uma distribuição desigual de BFUs e a multiplicidade de caminhos entre cada par, pode-se admitir que alguns espaços públicos serão mais centrais que outros na união de todos os pares possíveis de BFUs num dado sistema.

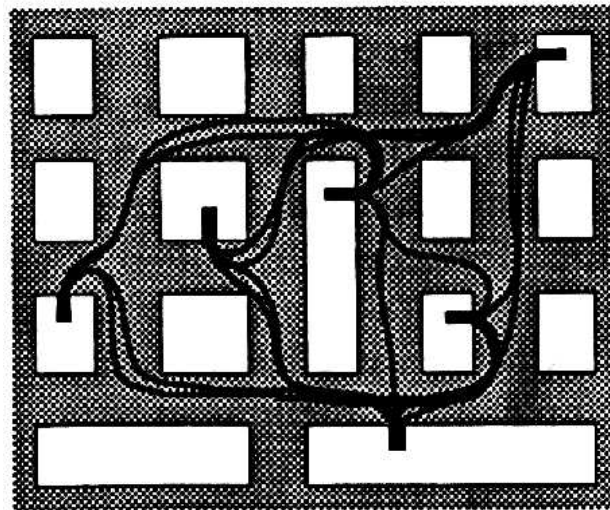


Figura 1: esquema de acessibilidade proposto pela teoria, em que cada BFU pode ser acessada a partir de outra, através da multiplicidade de caminhos do espaço público.

A segunda idéia essencial para a centralidade é indissolubilidade entre a forma construída e o espaço público, no sentido de que uma tensão é criada pela forma construída e canalizada através dos espaços públicos; nenhuma tensão é gerada sem a forma construída e nenhuma tensão é

distribuída sem os espaços públicos. Considerando os dois componentes básicos do sistema (forma construída e espaço público) e a relação fundamental entre eles (adjacência), é possível representar tal sistema por um grafo urbano, no qual cada ponto é uma unidade espaço (construído e aberto) e cada margem é uma adjacência. O resultado é uma galáxia (Kruger, 1979) com uma constelação de espaços públicos preenchidos por pequenos grupos de unidades de forma construída, como sugerido na figura 2. Tal grafo é processado então da seguinte forma:

- ▷ todos os caminhos mais curtos entre todos os pares possíveis de unidades de forma construída são identificados. Os caminhos mais curtos são topologicamente determinados, isto é, espaços de conexão entre os BFUs são tomados independentemente de seu real comprimento e computados como um passo. O caminho mais curto entre duas unidades será aquele com menor número de passos;
- ▷ uma unidade de peso é definida para cada espaço pertencente ao(s) caminho(s) mais curto(s) entre cada par de BFUs, sinalizando sua função no provimento de acesso de um para o outro;
- ▷ todas as unidades de peso designadas para cada espaço são somadas depois de todos os pares de BFUs serem processados. O resultado mostra a centralidade relativa de todos os espaços do sistema; valores elevados demonstram espaços fortes para caminhos entre pares, e mais centrais que aqueles com valores mais baixos.

É claro que os eixos suportam um número variado de BFUs através de todo o sistema, de acordo com o seu comprimento, número de lotes, densidade e altura das edificações, etc. Conseqüentemente, mesmo não considerando, neste estágio as verdadeiras atividades instaladas dentro de cada edifício, as dimensões da configuração espacial são consideradas. A centralidade espacial medida através de tal procedimento pode estar fortemente relacionada com alguns aspectos da estrutura espacial urbana, como descrito em Krafta (1994).

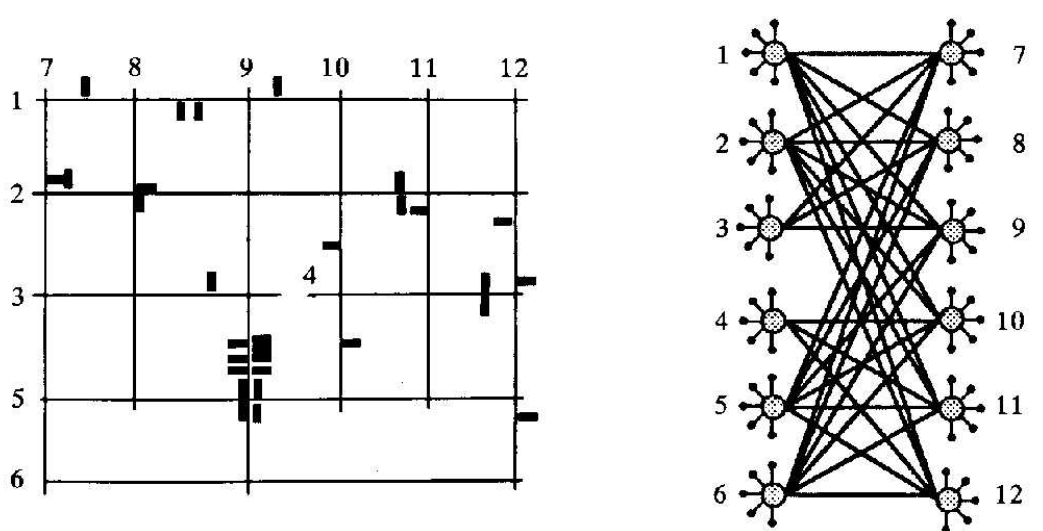


Figura 2 – Construção de um grafo urbano expressando o esquema de acessibilidade a partir de mapas urbanos usuais. Cada círculo vazio representa um espaço público, cada ponto uma BFU e cada linha uma adjacência.

### 4.3. A Alternativa da Convergência Urbana

A convergência urbana é definida como uma forma particular de centralidade espacial, na qual unidades de forma construída são diferenciadas em função da sua natureza, demanda ou oferta (uso residencial ou serviços), e da atratividade que cada uma dessas atividades alcança no sistema urbano. Dessa forma, cada ponto do grafo urbano, representando uma unidade de forma construída, será classificado como "origem" ou "destino", o que reduz a escolha de pares possíveis de BFUs, entre os quais procurar por caminhos mais curtos, e nos permite avançar com outras conjecturas. Os objetivos são os seguintes:

- ▷ identificar os pontos de oferta que são mais centrais por sua posição em relação aos pontos de demanda e por sua magnitude ou espécie, para os quais o sistema urbano converge;
- ▷ classificar os pontos de demanda em relação às suas oportunidades espaciais, isto é, sua acessibilidade relativa às facilidades classificadas como pontos de oferta. Tal classificação irá refletir a posição de cada ponto de demanda em relação aos cones de convergência do sistema;
- ▷ o modelo pode ainda ser usado para identificar potenciais pontos de oferta, isto é, aqueles pontos de demanda que, por sua posição relativa, têm privilégios espaciais e são, portanto, potencialmente qualificados para pontos de oferta.

A partir daí podem-se formular hipóteses, como está a seguir:

- ▷ cada unidade de forma construída tem uma atividade;
- ▷ a atividade residencial é taxada com atratividade "zero", enquanto que a atratividade dos serviços será determinada por indicadores da magnitude (dentro de grupos específicos) e do tipo (entre diversos grupos) de serviço. Consideradas desta forma, as unidades de forma construída orientarão o relacionamento entre os pontos de demanda e oferta, e a estrutura espacial dos agrupamentos de pontos de oferta. Admite-se, então, que a satisfação da demanda é uma função probabilística da magnitude e variedade dos pontos de oferta (Arentze et al, 1992);
- ▷ a ligação funcional entre um ponto de demanda "i" e um ponto de oferta "j" decorre da acessibilidade de "j" para "i" e da eventual presença de outros pontos de oferta no caminho mais curto entre eles, ao mesmo tempo, é influenciada pela magnitude e variedade de pontos de oferta, como descrito anteriormente. Conseqüentemente, a distância enfraquece a relação funcional entre os pontos, da mesma forma que a ocorrência eventual de outros pontos de oferta localizados no caminho mais curto entre eles, como é ilustrado na figura 3, a seguir.

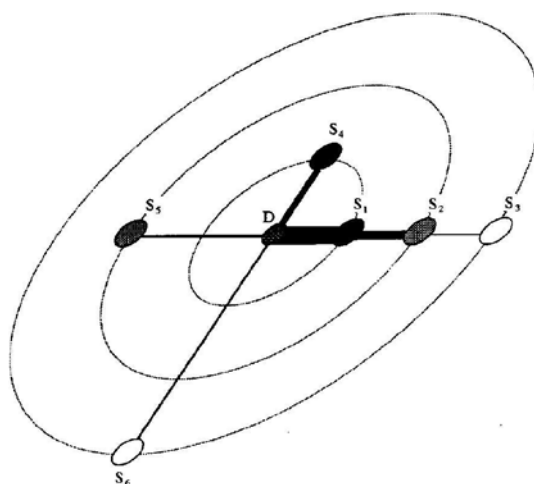


Figura 3: representação gráfica da hierarquia dos pontos de oferta (S), baseada na distância dos locais de demanda (D) e na posição relativa aos outros pontos de oferta.

A acessibilidade é determinada a partir de cada ponto de demanda para cada ponto de oferta, com a identificação de todos os caminhos mais curtos, e os espaços neles contidos. O primeiro passo é processar a acessibilidade usual do sistema, o que é realizado pelo procedimento de identificação de todos os pares possíveis de pontos de oferta e demanda; determinação dos caminhos mais curtos entre eles; e listagem de todos os espaços pertencentes a estes caminhos. Tal procedimento difere do que é geralmente utilizado para o cálculo da centralidade apenas pelo fato de que classifica os pontos em “oferta” ou “demanda”, e considera a acessibilidade somente dos pontos de demanda para os de oferta.

O segundo passo está relacionado à definição dos pesos. Para o cálculo da centralidade, uma unidade de peso é definida para cada par de unidades de forma construída, e então distribuída entre cada espaço pertencente aos caminhos mais curtos, cada um recebendo uma fração daquela unidade. Neste caso, no entanto, duas especificações são introduzidas. Primeiro porque os pontos de oferta têm “status” diferentes, não há uma unidade de peso a ser dividida entre eles, mas um valor refletindo a magnitude e a variedade (espécie) dos pontos de oferta. Em segundo lugar, a designação deve ser também nomeada, de tal forma que os “status” dos pontos de origem, destino e ligação sejam distintos. Os dois primeiros constituem o par de pontos que está sendo relacionado, e o último refere-se a todos os outros que estão contidos no caminho mais curto, como ilustra a figura 4.

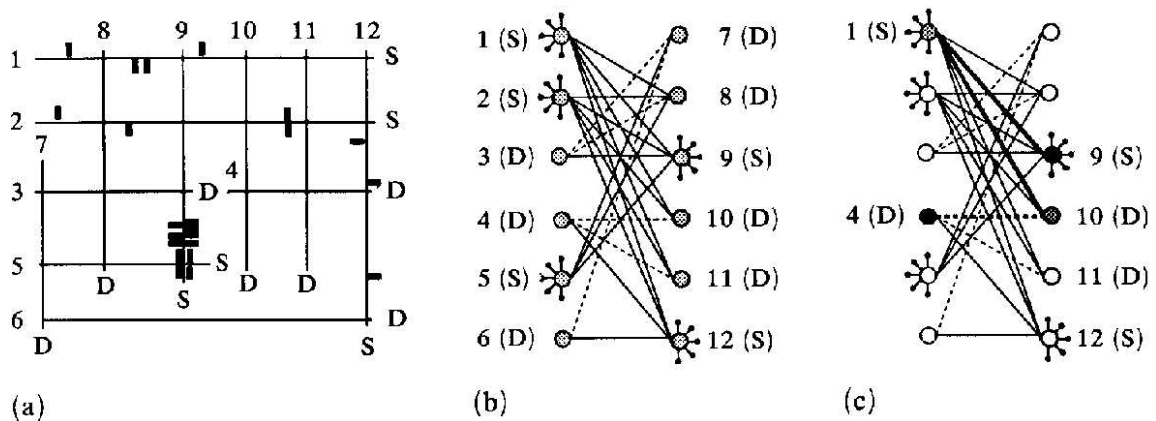


Figura 4: a partir de um mapa urbano (a) é construído um grafo (b) em que os espaços são nomeados como demanda (D) e oferta (S). Um outro grafo (c) mostra para um par de pontos de oferta e demanda selecionado aleatoriamente, os diversos “status” dos pontos (origem, destino, ligação), como também os privilégios dos pontos de oferta provenientes de sua centralidade.

O terceiro passo implica na contagem seletiva de todos os valores creditados aos espaços no processo de descrição da acessibilidade. O objetivo ‘a’ pode ser atingido reunindo-se os valores chamados “origem” de todos os pontos de demanda do sistema. Na lista resultante os pontos de demanda serão classificados de acordo com suas oportunidades espaciais em relação aos pontos de facilidades existentes. O objetivo ‘b’ pode ser alcançado reunindo-se todos os valores creditados aos pontos de oferta. Neste caso, não apenas o poder intrínseco da convergência de cada ponto é considerado, mas também a sua relativa dominância sobre os outros pontos de oferta, como resultado da sua posição relativa e as características configuracionais particulares da malha do espaço público. O objetivo ‘c’ pode ser alcançado pela inclusão dos valores creditados a todos os pontos no cálculo. A lista contendo pontos de demanda apontará aqueles que sustentam posições altamente favoráveis no sistema espacial e que podem ser vistos como alternativas possíveis de pontos de oferta.

Para implementar o modelo foi criado um programa de computador para calcular os resultados da convergência espacial, como esboçado a seguir, na figura 5, adiante. De acordo com o fluxograma, o algoritmo procede as seguintes tarefas:

- ▷ relaciona todos os pares de pontos de demanda e de oferta;
- ▷ percorre a rede de conexões do sistema;
- ▷ encontra todos os caminhos mais curtos entre os pares;
- ▷ identifica todos os espaços pertencentes a estes caminhos mais curtos;
- ▷ calcula a fração de magnitude a ser designada para cada espaço;
- ▷ define as frações calculadas de peso para a demanda, a oferta e para os pontos intermediários, em função da sua classificação específica;
- ▷ reúne todos os resultados parciais de acordo com os objetivos 'a', 'b', e 'c', depois de todos os pares serem processados; produz diferentes agrupamentos de resultados, classificando separadamente os pontos de demanda, de acordo com sua situação de oportunidade espacial; os pontos de oferta, de acordo com sua convergência espacial; os pontos de demanda de acordo com sua potencialidade espacial; pode ser usado em computadores pessoais e processa com qualidade grandes redes (malhas urbanas).

O programa recebe dados relacionados aos pontos de demanda, pontos de oferta, e as conectividades características do sistema espacial. Em relação à demanda, os dados referem-se somente ao número de pontos; à oferta, os dados incluem o número de pontos e um indicador da capacidade de atratividade de cada um. Para todo o sistema, uma matriz de ligação refletindo as características da rede do espaço público é incluída nos dados.

A lista chamada "spoport" classifica os pontos de demanda de acordo com sua oportunidade espacial relativa. Isso significa que a acessibilidade a todos os pontos de oferta do sistema é medida para cada ponto de demanda. O procedimento de pontuação descrito anteriormente atribui valores mais altos para os pontos de demanda que estão mais próximos de grandes e variados pontos de oferta. A proximidade referida acima é medida em termos de distância topológica (adjacência) e pode ser representada por diferentes mapas como será explicado mais tarde. Os resultados são valores positivos que comparam todos os pontos de demanda de um mesmo sistema. Uma medida relativa que calcula sistemas de tamanhos diferentes pode ser introduzida.

A lista chamada "converg" classifica os pontos de oferta de acordo com sua convergência espacial. O significado disto é que cada ponto de oferta é medido em termos de: a) magnitude e variedade; b) capacidade de estar perto dos pontos de demanda; e c) capacidade de estar no caminho mais curto entre pontos de demanda e outros pontos de oferta.

Neste sentido, pontos de oferta bastante próximos a pontos de demanda têm precedência espacial sobre outros pontos de oferta, e sendo grandes e variados serão melhor pontuados.

A lista chamada "potencial" classifica os pontos de demanda de acordo com sua posição espacial no sistema. É uma clássica medida de centralidade, na qual os espaços são pontuados por sua capacidade de prover acessibilidade entre dois outros pontos, neste caso entre um ponto de demanda e um ponto de oferta. Como possuem pontuações, os pontos de demanda podem ser interpretados como pontos com potencial de oferta, isto é, com condições espaciais de serem transformados, ao longo do tempo, em novos pontos de oferta do sistema.

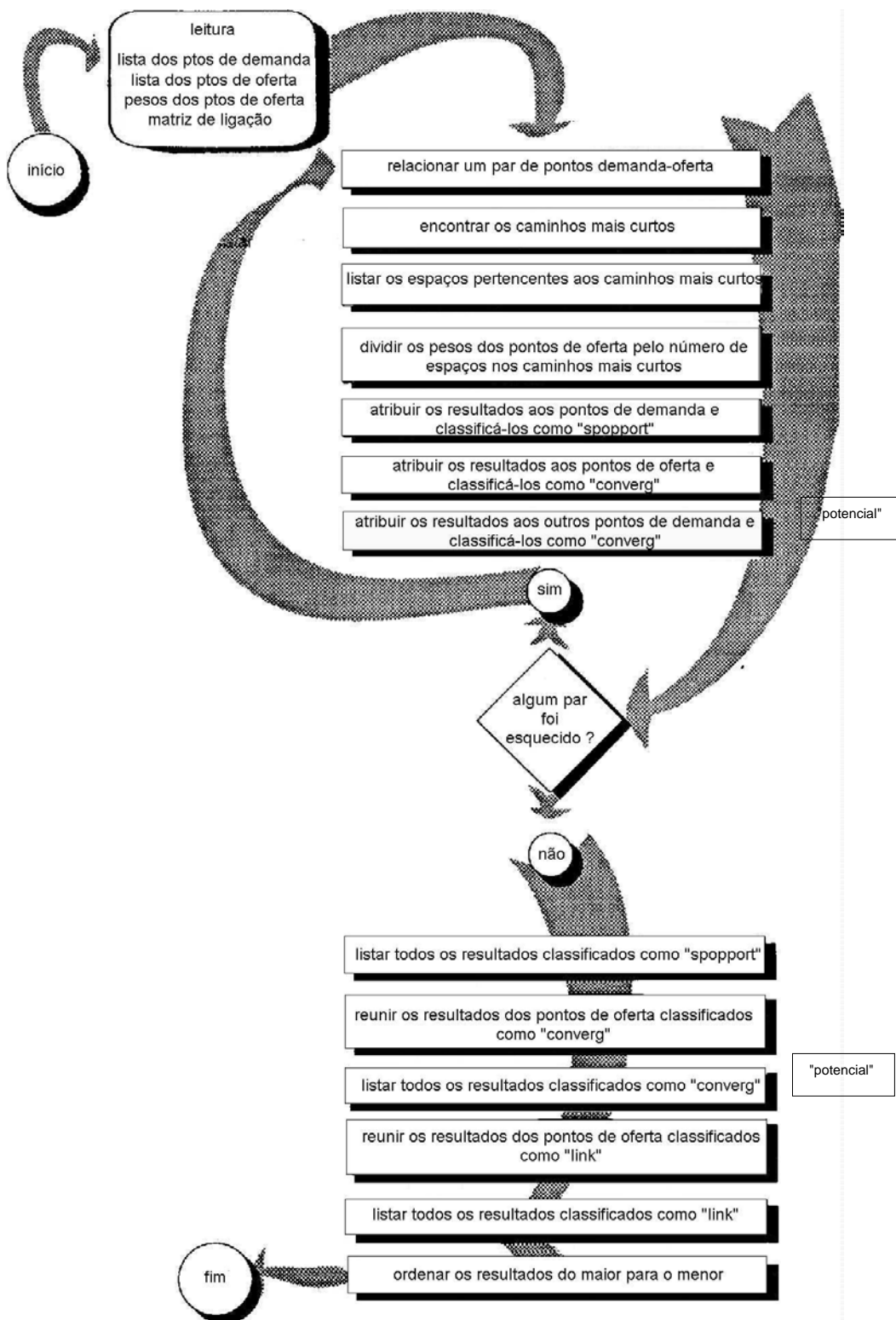


Figura 5: o fluxo do modelo está representado no grafo a seguir.

#### 4.4. Representações espaciais e operacionais

Entre as várias possibilidades de representação da malha temos: axial (Hillier et all, 1993), pontual-axial (Kruger, 1990), ligações (Krafta, 1991). A primeira tem sido a mais conveniente nos casos de morfologia urbana, pela sua capacidade de reter a qualidade essencial de conectividade do espaço público. Com efeito, ao representar a malha do espaço público através de um conjunto de linhas axiais, é possível reduzir a complexidade da sua configuração a uma característica básica – sua dimensão linear. Linhas axiais numa malha interceptam umas às outras, portanto elas podem ainda ser reduzidas a representações em grafos, nos quais são expressas por pontos e suas conexões por linhas.

Aplicações de medidas de centralidade em mapas axiais (Krafta, 1994) provaram ser efetivas para simular a diferenciação de áreas intra-urbanas em situações bastante detalhadas. Os resultados provaram estar intimamente relacionados com os aspectos relevantes da estrutura espacial urbana. Para os casos de convergência urbana, no entanto, os mapas axiais apresentam alguns problemas. Primeiro, as localizações dos pontos de demanda e oferta não são precisamente determinadas na representação axial, notadamente naqueles casos de malhas regulares, como “Barcelona ensanche”. Em segundo lugar, linhas axiais podem variar as suas formas construídas, bem como a intensidade das atividades ao longo de sua extensão. Facilidades de serviços tendem a ser localizadas em pontos-chave convenientes a cada situação urbana. Analogamente, os locais de demanda são melhor avaliados em termos de oportunidades espaciais se são tomadas definições precisas. Mapas pontual-axiais parecem ser uma resposta aceitável para estas demandas operacionais.

Um mapa pontual-axial, também chamado mapa de ramos (Kruger, 1990) é uma combinação dos mapas axiais e de ligação. Do primeiro ele retém a conectividade axial, e do último a definição pontual precisa das esquinas. No mapa axial, a entidade espacial básica é uma linha – representada por um ponto no grafo, enquanto no mapa pontual-axial há uma entidade espacial complexa, que é a interseção de duas linhas axiais – a esquina, também representada por um ponto em um grafo, como está representado nas figuras 6 e 7. Isto é complexo, à medida que combina a localização espacial precisa com a conectividade axial: cada esquina é tomada como adjacente a todas as outras ao longo dos segmentos de linhas axiais que a interseccionam.

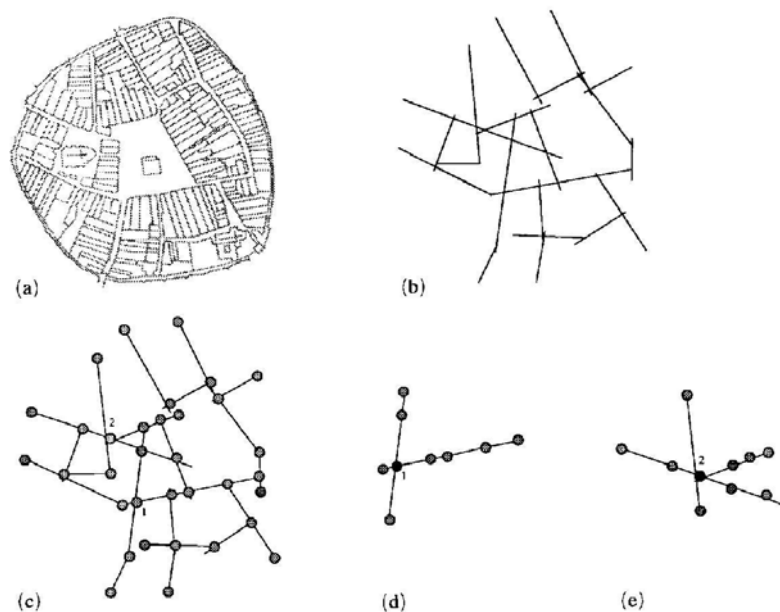


Figura 6: a nova cidade medieval “Czech” de Unicove: mapa de observação (a), mapa axial (b), mapa pontual-axial (c) e os ramos de localização ‘1’ e ‘2’ (d/e).

A agregação de atividades é levada às esquinas de acordo com o raio de influência de cada uma. A quantificação das atividades de oferta está relacionada a dois fatores:

- ▷ o tamanho real de cada ponto (a magnitude), medido em termos de custo da área de venda, número de empregados, ou outros indicadores; e
- ▷ a espécie de atividade, determinada por um multiplicador, um parâmetro aplicado ao primeiro indicador.

A regulagem dos parâmetros pode ser feita pelos processos usuais de calibragem, e orientada por relações com variáveis independentes da estrutura espacial urbana, tais como fluxos de pedestre ou veículos.

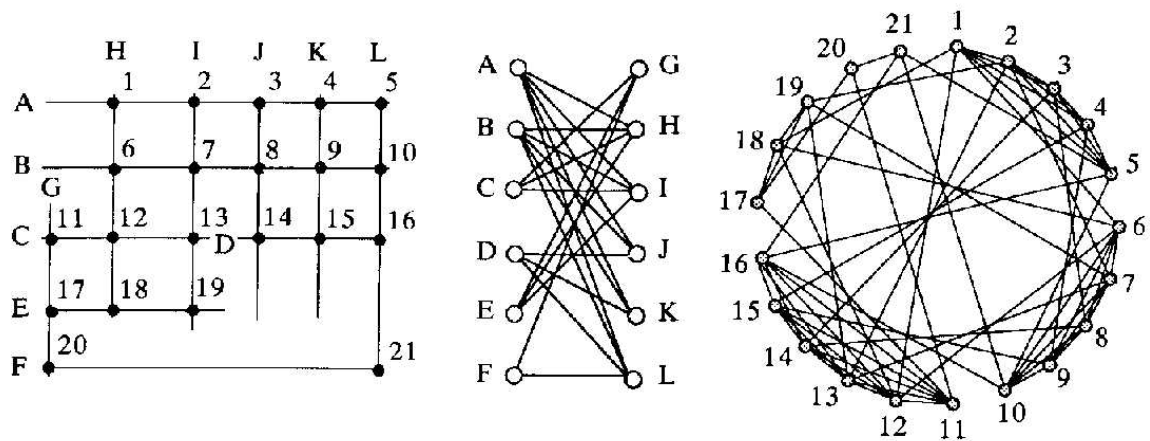


Figura 7: um mapa axial ou pontual-axial e as correspondentes representações em grafos.

## 5. A Operacionalização do Modelo de Convergência Urbana

### 5.1. A Aplicação do Programa de Computador

Para viabilizar a implementação do modelo e fazer o cálculo dos resultados, foi elaborado um software (Anexo 2, ao final) capaz de receber e processar o banco de dados com informações sobre o sistema urbano em estudo. O grau de precisão dos resultados está diretamente relacionado com a confiabilidade e correção do banco de dados; este objetivo é alcançado pela sua elaboração cuidadosa e por revisões dedicadas.

A partir do levantamento é possível identificar e localizar, em nível de lote, todas as atividades existentes dentro da área de estudo e distingui-las entre demandas (uso habitacional) e ofertas (usos comerciais, prestação de serviços, equipamentos comunitários, lazer e outros). Seqüencialmente, é necessário estabelecer suas posições relativas dentro da malha de conectividade do sistema, identificando em que quarteirão estão e a que linhas axiais se vinculam, bem como a que ponto elas pertencem. A malha é composta pelos pontos de intersecção de duas ou mais linhas axiais (eixos de quadras), que formam as esquinas, sendo cada atividade agregada conforme o seu raio de influência.

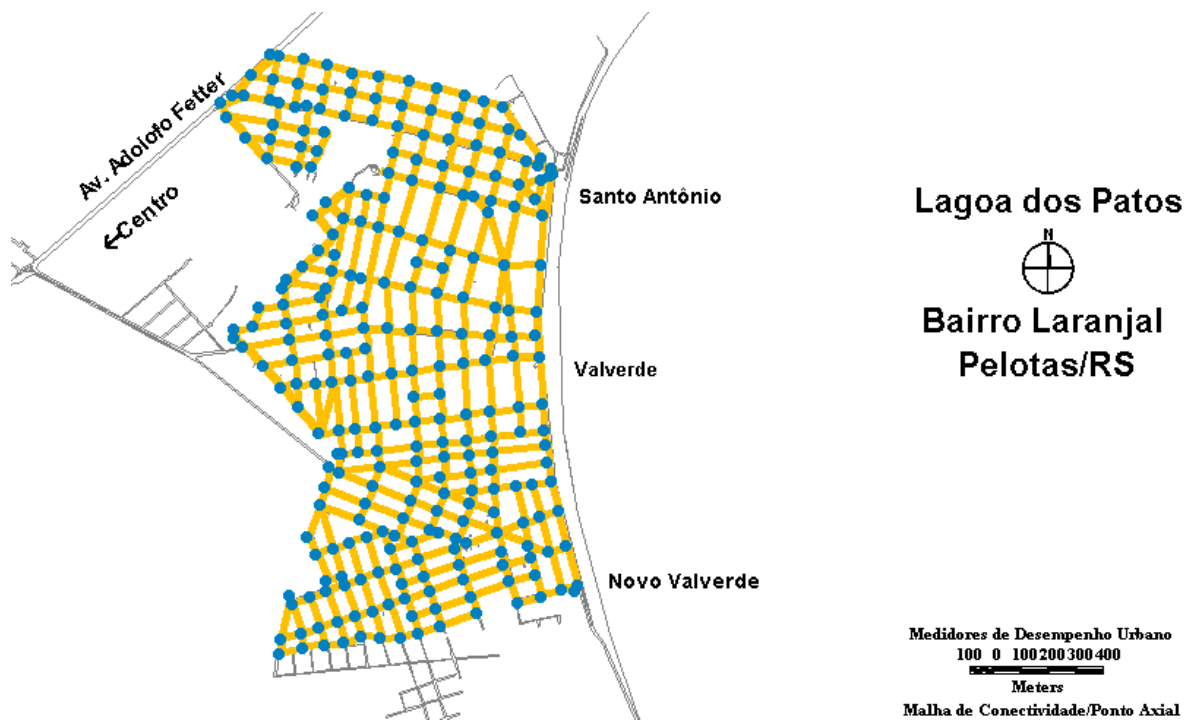


Figura 8: malha ponto-axial da área de estudo.

### 5.1.1. Processamento

Estruturado o banco de dados que compõem o sistema, é possível processar o algoritmo executando o software, o qual se encarrega das seguintes tarefas:

- ▷ relacionar todos os pares de demanda e oferta da área de estudo;
- ▷ percorrer a malha de conectividade do sistema;
- ▷ encontrar o menor caminho entre os pares;
- ▷ identificar os espaços pertencentes a estes caminhos;
- ▷ calcular as frações de magnitude designadas a cada espaço;
- ▷ reunir os resultados parciais e produzir diferentes agrupamentos, explicitando a convergência, a potencialidade e as oportunidades espaciais.

A classificação de resultados é referente aos pontos de esquina descritos anteriormente.

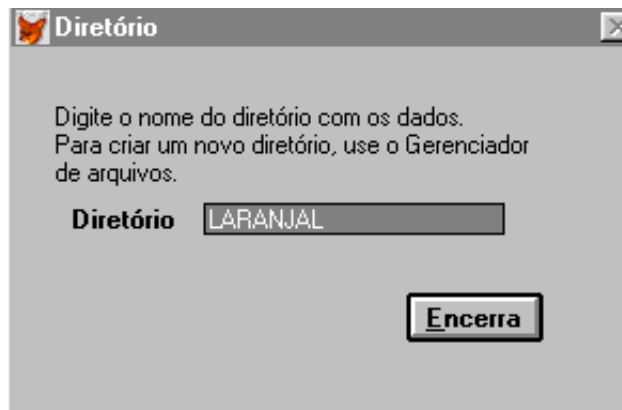


Figura 9: uso do solo da área de estudo.

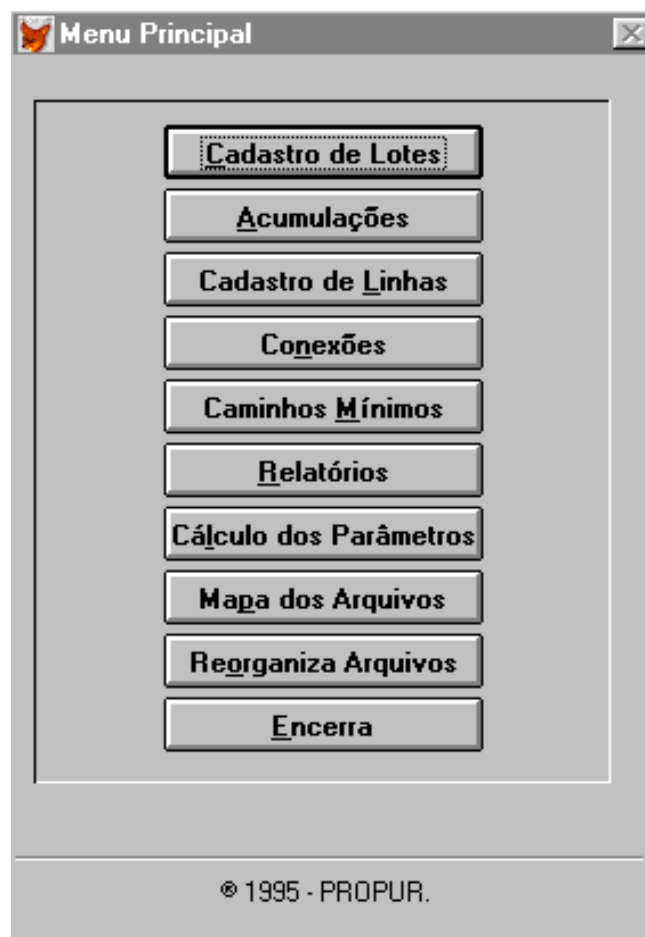


Figura 10: uso do solo da área de estudo.



Figura 11: uso do solo da área de estudo.

### 5.1.2. Output

A saída de dados se dá através da emissão de relatórios, no ambiente do programa de computador. As figuras à frente demonstram essa possibilidade. Para modelar os dados e expressar graficamente os resultados foram usados recursos de geoprocessamento, como está no próximo subtítulo.

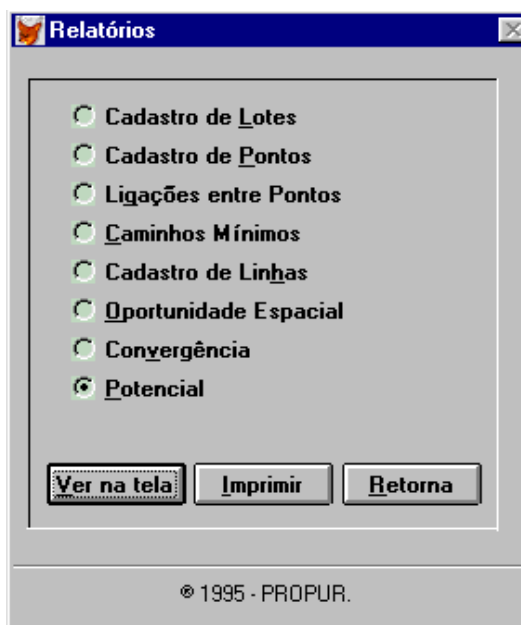


Figura 12: uso do solo da área de estudo.

## 5.2. A Integração com os Recursos de Geoprocessamento

Dando suporte ao estudo, o geoprocessamento vem colaborar na visualização dos resultados, combinando as suas entidades elementares (áreas, linhas, ponto e banco de dados) com as entidades do modelo (quadras, lotes, eixos, pontos de esquinas e resultados).

Unindo a uma base geográfica as informações obtidas no levantamento prévio, obtém-se em meio digital uma base cartográfica georreferenciada, mostrando todas as entidades em questão e a

composição do sistema em estudo. Com ela é possível visualizar as áreas do parcelamento e a classificação das atividades do uso do solo (habitação, comércio e serviços...), as linhas axiais das quadras e os pontos de esquina (malha de conectividade) e os limites territoriais da área em estudo (conforme mostrado na figura a seguir).

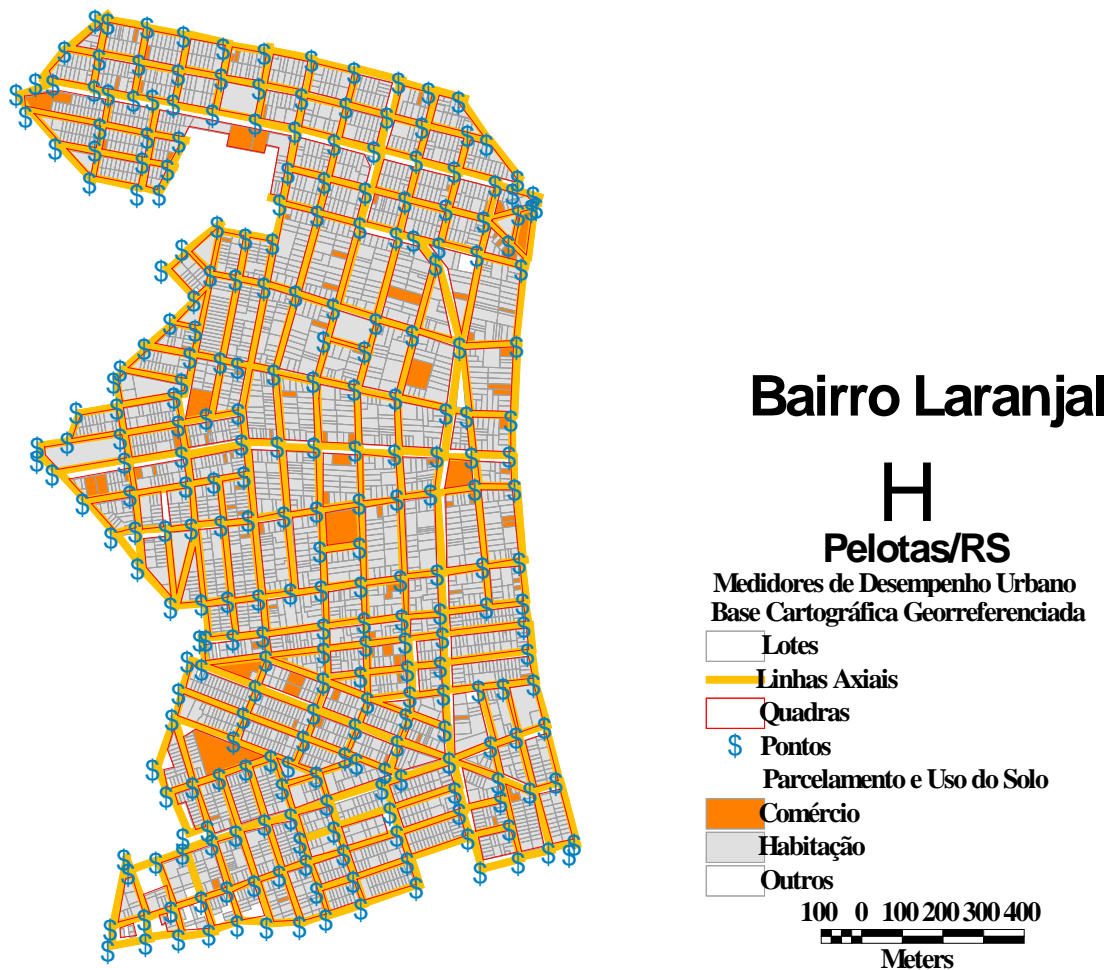


Figura 13: Base Cartográfica Georreferenciada.

De posse dos resultados obtidos com o processamento do modelo, é possível indexá-los as suas correspondências na base cartográfica e gerar a visualização destes no espaço geográfico. Esta estrutura possibilita múltiplas análises em variados graus de abrangência com um mínimo de processos, concretizando a operacionalidade do modelo, como visto nos estudos a seguir.

## 6. Estudo de Caso com o Modelo de Convergência Urbana

O estudo de caso está realizado no bairro Laranjal, em Pelotas, RS, conforme aparece nos mapas a seguir.

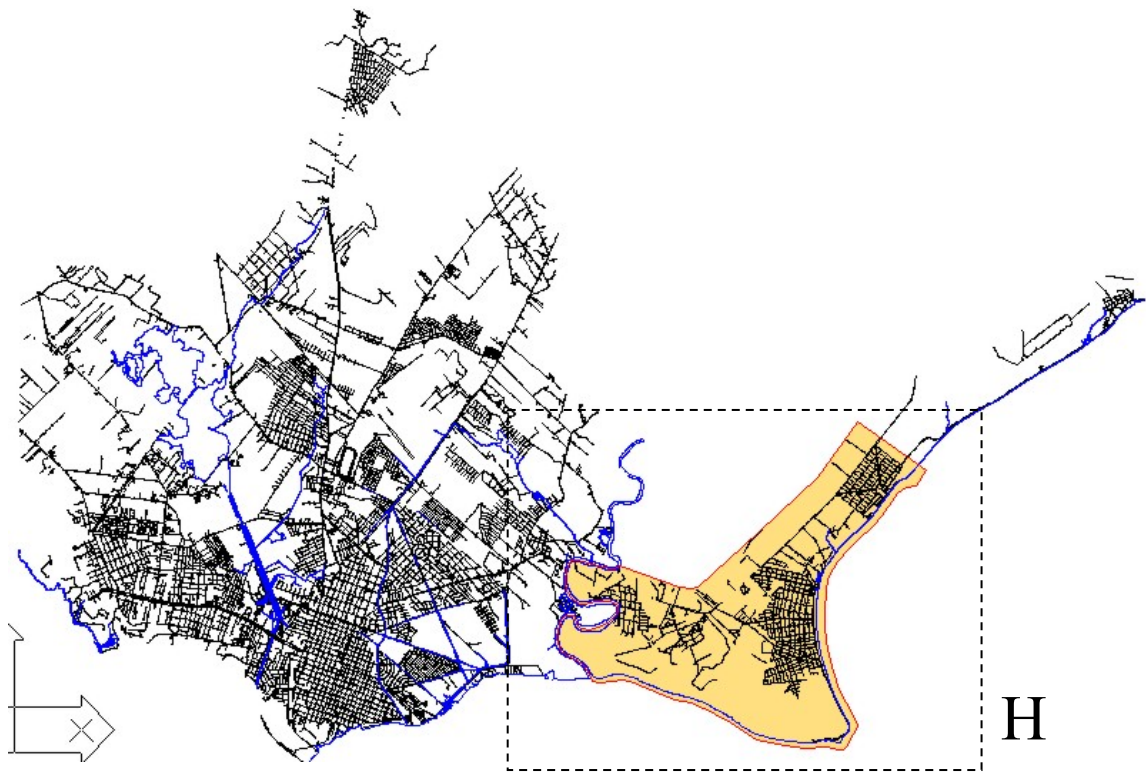


Figura 14: localização do bairro Laranjal em Pelotas, RS.

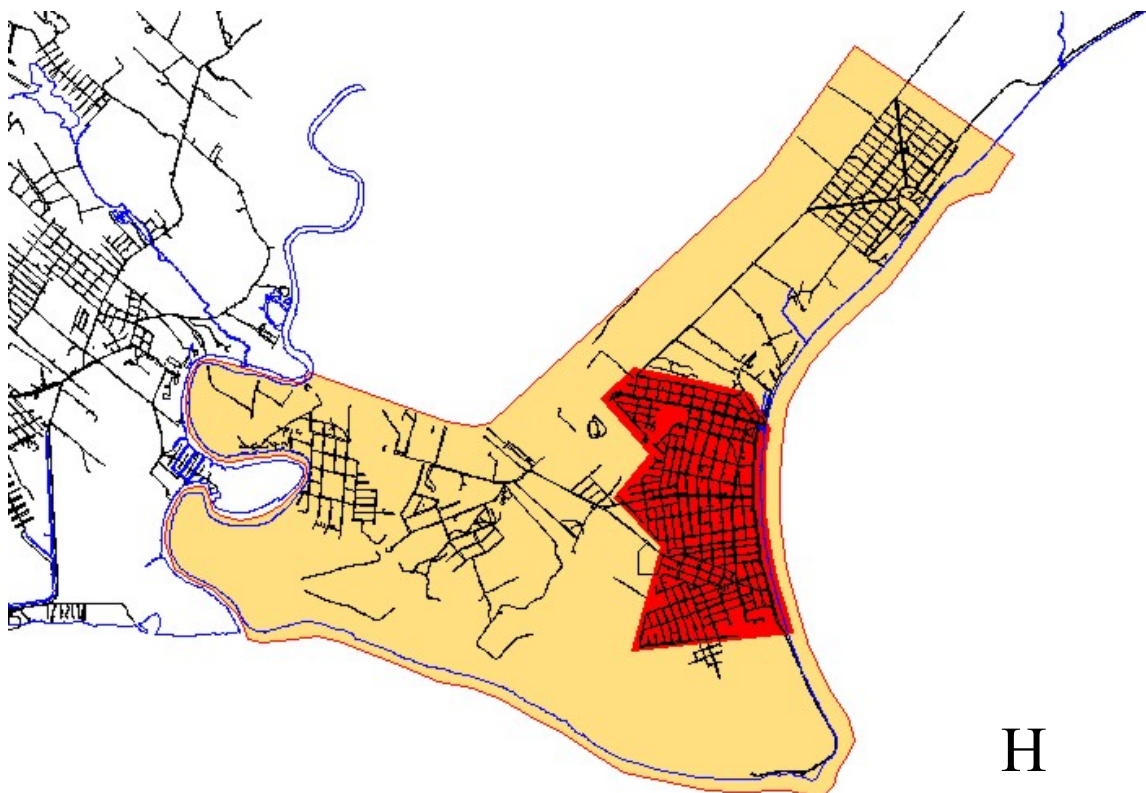


Figura 15: localização da área de estudo no bairro Laranjal, em Pelotas, RS.

## 6.1. Parcelamento do Solo da Área de Estudo

O parcelamento do solo pode ser visualizado pelos mapas temáticos que estão a seguir.

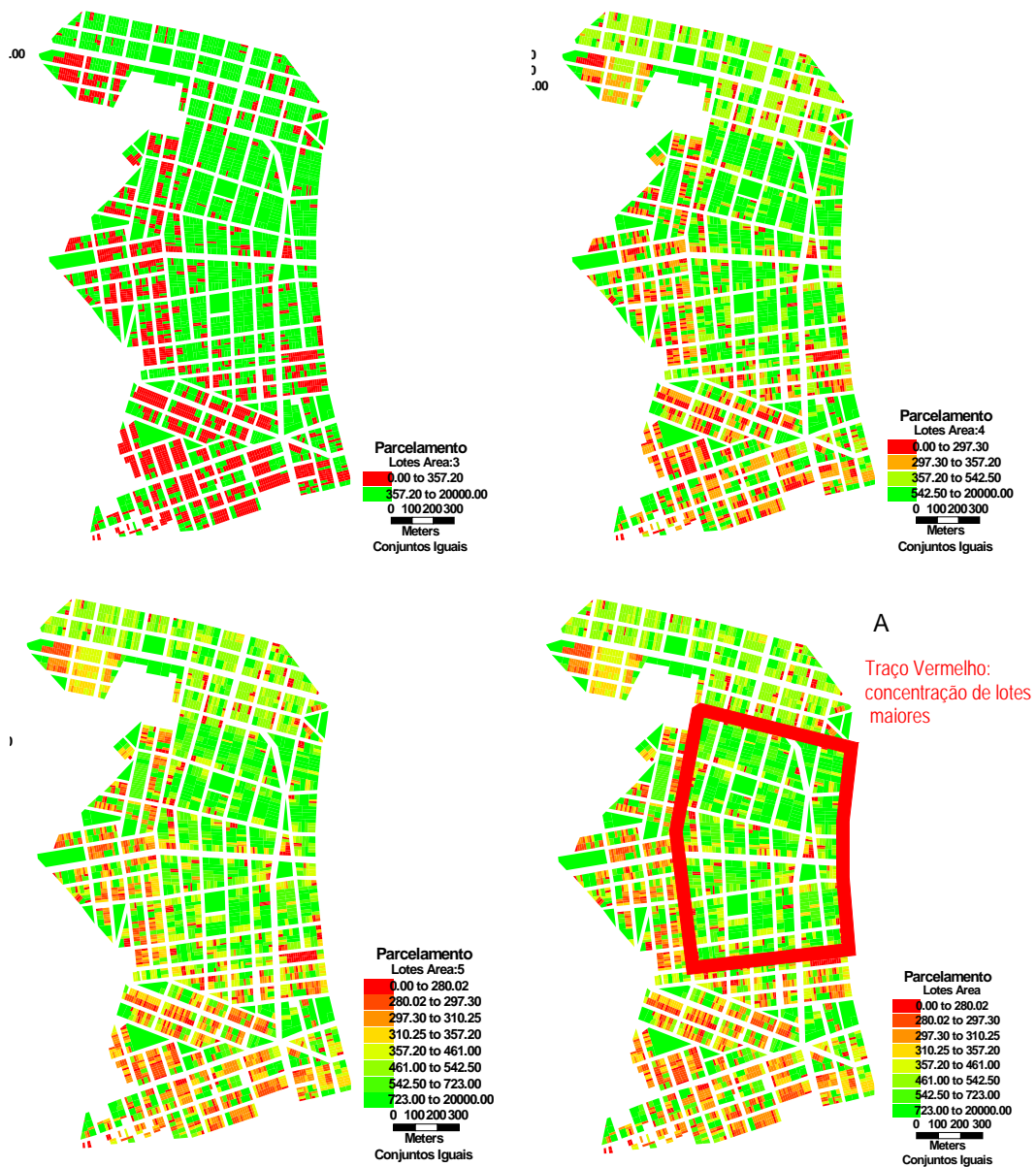


Figura 16: mapas temáticos de parcelamento do solo.

O parcelamento do solo da área de estudo apresenta lotes com os seguintes indicadores dimensionais: total de lotes: 3.128; lote máximo: 13.288,40 m<sup>2</sup>; lote mínimo: 80,23 m<sup>2</sup>; lote médio: 503,66 m<sup>2</sup>.

A região central da área de estudo concentra os lotes de maiores dimensões, caracterizando um lugar diferenciado dos demais com relação a essa variável (figuras z a w, mostradas anteriormente). Como será visto adiante, o parcelamento do solo assim diferenciado permitirá relações com as maiores convergências, oportunidades e potencialidades e espaciais.

## 6.2. Uso do Solo da Área de Estudo

O uso do solo foi obtido em levantamento direto, na desagregação de lote. Os usos habitacionais foram checados lote-a-lote, considerando todas as habitações ocupadas. Para aplicação do modelo de Convergência foram unificados os usos comerciais de bens e de serviços, no caminho de estudar a estrutura geral de distribuição dessas atividades. Os desenhos a seguir sintetizam as localizações dos pontos de consumo (habitações) e de oferta (comércio e serviços).

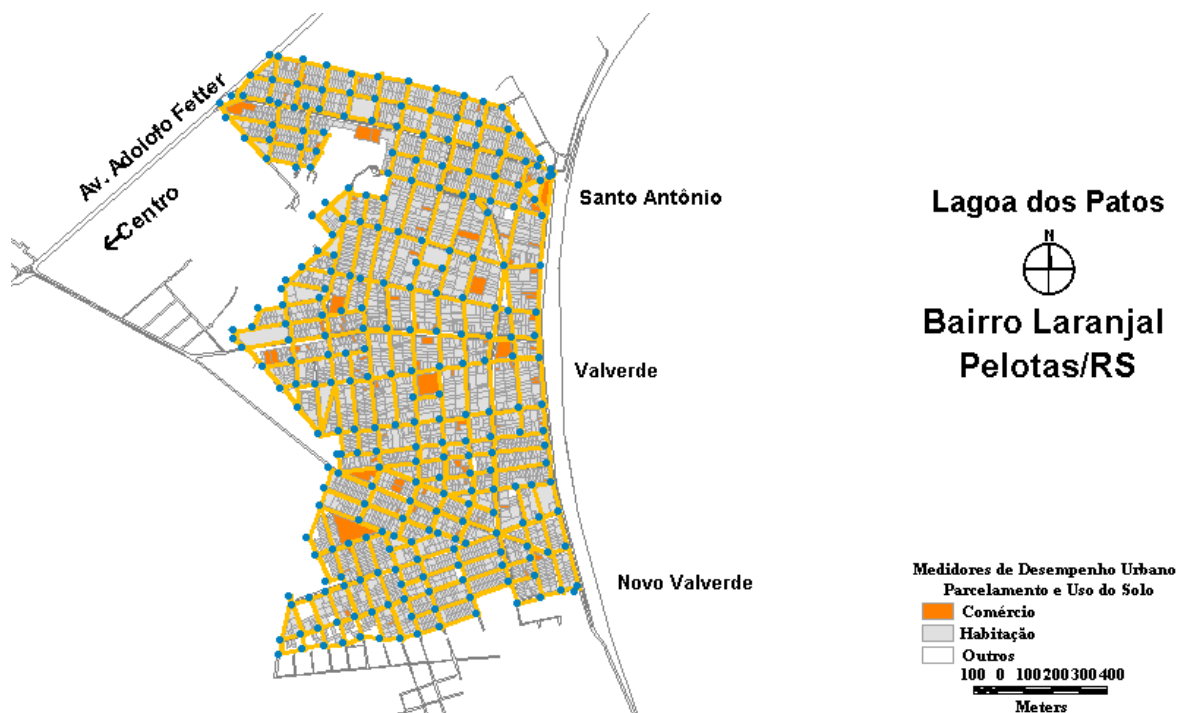


Figura 17: uso do solo da área de estudo.

Com relação ao uso do solo mostrado no mapa anterior, interessa agregar as seguintes considerações:

- ▷ de modo geral, aparecem usos de comércio e serviços distribuídos por todo o tecido urbano;
- ▷ há alguma rarefação desses usos nos extremos sul e norte da área de estudo;
- ▷ no setor norte da orla da praia aparece alguma concentração de comércio e serviços, coincidencamente com a parte mais antiga dos loteamentos;
- ▷ significativa parcela dos usos comerciais e de serviços são integrados ao habitacional, caracterizando dominância de uso misto;
- ▷ os usos habitacionais estão homogeneamente distribuídos, sendo representados por habitações unifamiliares em lote isolado, com edificações de um ou dois pavimentos.

Como tema de estudo foram formuladas quatro alternativas de caso, tendo como ??? o Bairro Laranjal na cidade de Pelotas. Das alternativas propostas, três delas são hipotéticas e uma constitui a realidade da distribuição do uso do solo no bairro. Neste caso não houve detalhamento dos usos, sendo todos comércios e serviços em geral classificados apenas como comércio. Com relação ao bairro de estudo pode ser feita as seguintes observações.

Caso	Título	Objetivo
1	Simulação de Uso Comercial Mononucleado	Testar a capacidade de o Modelo de Convergência responder a casos de resultado previsível e controlado, buscando conferir-lhe legitimidade e confiabilidade.
2	Simulação de Uso Comercial Binucleado	Testar a sensibilidade do Modelo de Convergência para reagir a mudanças, objetivando verificar sua usabilidade para avaliar transformações na estrutura de uso de solo.
3	Simulação de Uso Comercial em Zona T	Verificar os resultados obteníveis com casos similares aos propostos pelos zoneamentos tradicionais, apresentando forte separação do uso de comércio e serviços associada a uma implantação linear nas vias principais.
4	Caso Real, com Uso Comercial Polinucleado e sem ponderação	Estudar as possibilidades de compreender a estrutura urbana do bairro sem a diferenciação hierárquica dos usos de comércio e serviços.
5	Caso Real, com Uso Comercial Polinucleado e com ponderação	Apresentar um caso próximo da realidade do bairro, concedendo valores de atratividade maiores às atividades de comércio e serviços localizadas junto à orla da praia.
6	Caso Simulado com Uso Escolar	Verificar a possibilidade de trabalhar com equipamentos comunitários, construindo nexos úteis para esses tipos de atividades através da simulação de localização escolar.

### 6.3. Simulação de Uso Comercial Mononucleado

O caso propõe uma estrutura urbana hipotética fundamentada em dois pontos:

- ▷ sistema viário, parcelamento e distribuição dos consumidores: conforme a realidade da área de estudo;
- ▷ localização dos serviços concentrado em apenas 1 ponto, na posição do atual shopping center;
- ▷ peso 100 para as atividades de comércio e serviços.

A figura a seguir apresenta a localização usada neste caso.

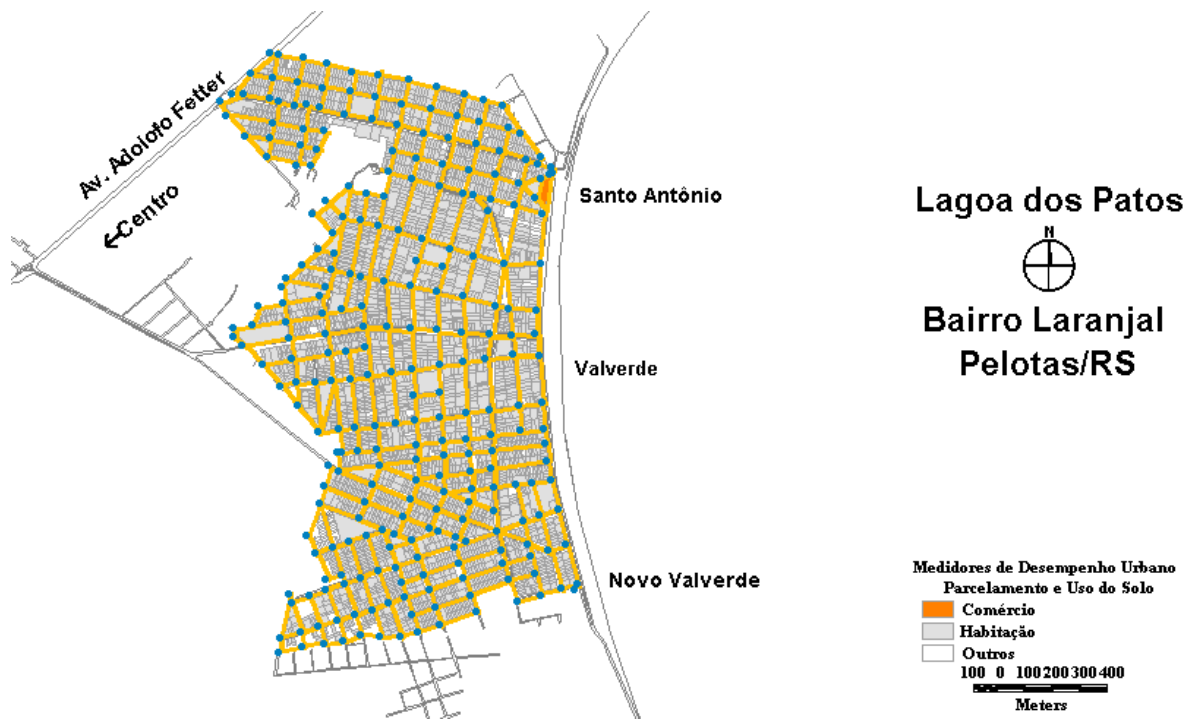


Figura 18: uso do solo para o caso comercial mononucleado.

Os resultados alcançados com o caso de simulação de uso comercial mononucleado estão nos desenhos a seguir.



Figura 19: resultado de convergência para o caso comercial mononucleado.

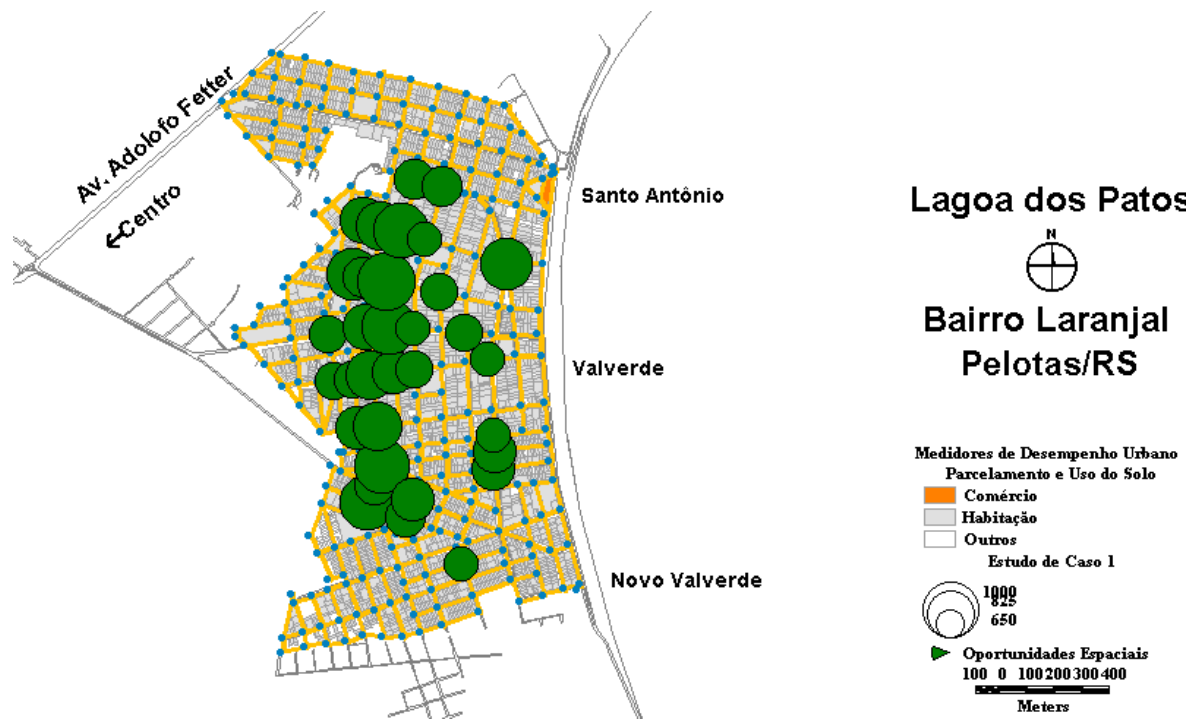


Figura 20: resultado de oportunidades para o caso comercial mononucleado.

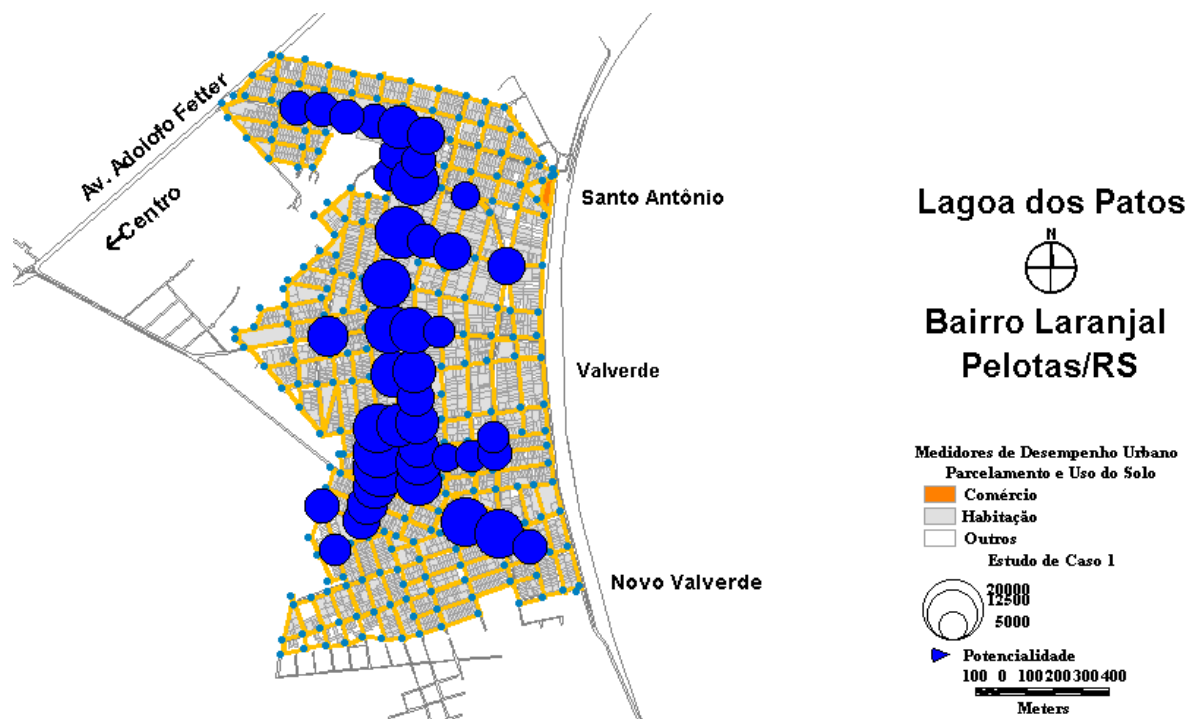


Figura 21: resultado de potencialidade para o caso comercial mononucleado.

A partir das figuras anteriores podem ser listadas as seguintes assertivas:

#### **6.3.1. Com relação aos resultados de convergência:**

De modo descritivo: A convergência é concentrada e exclusiva junto ao único uso comercial do sistema.

De modo interpretativo: O resultado revela a precisão do modelo em plotar a convergência nos pontos imediatos ao único uso comercial, fornecendo confiabilidade aos demais resultados.

#### **6.3.2. Com relação aos resultados de oportunidades:**

De modo descritivo: O resultado de oportunidades espaciais demarca um eixo longitudinal de valores máximos, ladeado a leste por dois pequenos núcleos.

De modo interpretativo: A concentração de oportunidades e o seu local de ocorrência são decorrentes diretos da morfologia da área de estudo, mostrando lugares de elevada acessibilidade

#### **6.3.3. Com relação aos resultados de potencialidade:**

De modo descritivo: A potencialidade é notada de modo principal num eixo longitudinal e de modo secundário em pequenos eixos transversais.

De modo interpretativo: O resultado de potencialidade destaca os setores estratégicos do sistema viário no trajeto do único uso comercial simulado, demarcando lugares de elevada acessibilidade. b

### **6.4. Simulação de Uso Comercial Binucleado**

O caso propõe uma estrutura urbana hipotética fundamentada em dois pontos:

- ▷ sistema viário, parcelamento e distribuição dos consumidores: conforme a realidade da área de estudo;
- ▷ localização dos serviços: concentrados em apenas 2 pontos;
- ▷ peso 100 para as atividades de comércio e serviços.

A figura a seguir apresenta as localizações que foram simuladas, sendo que o uso 1 está conforme a realidade (trata-se um shopping center), enquanto que o uso 2 é simulado.

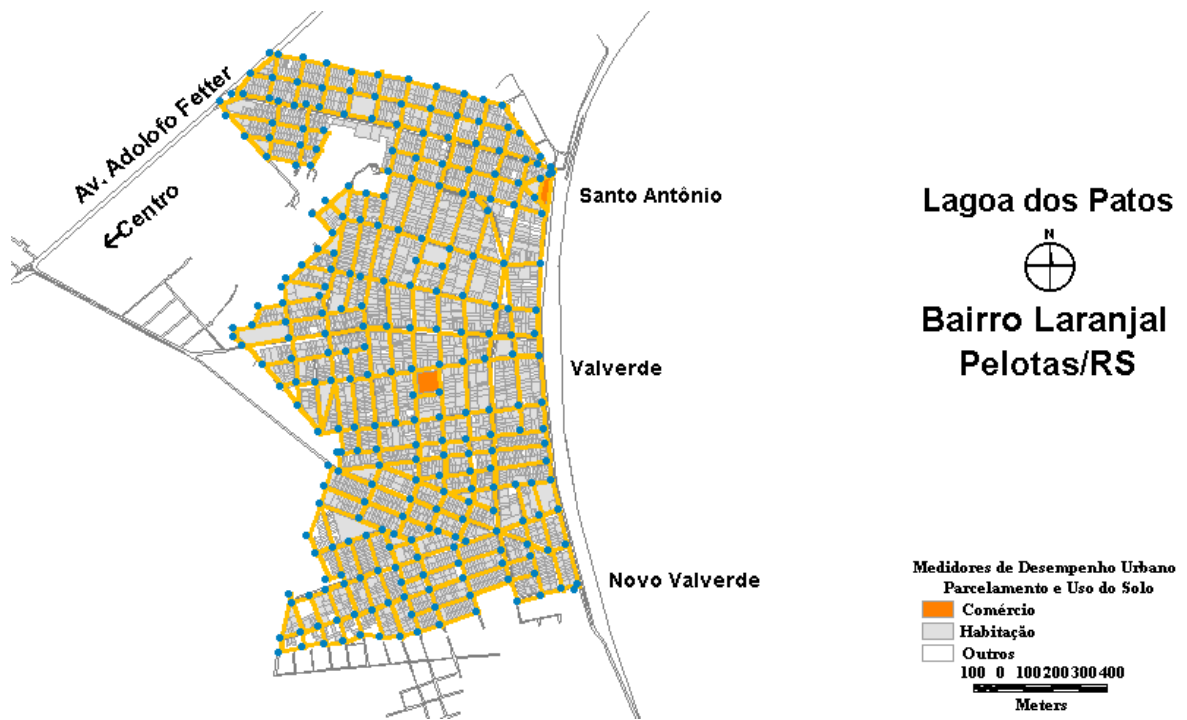


Figura 22: uso do solo para o caso comercial mononucleado.

Os resultados alcançados com o caso de simulação de uso comercial binucleado estão nos desenhos a seguir.



Figura 23: resultado de convergência para o caso comercial mononucleado.

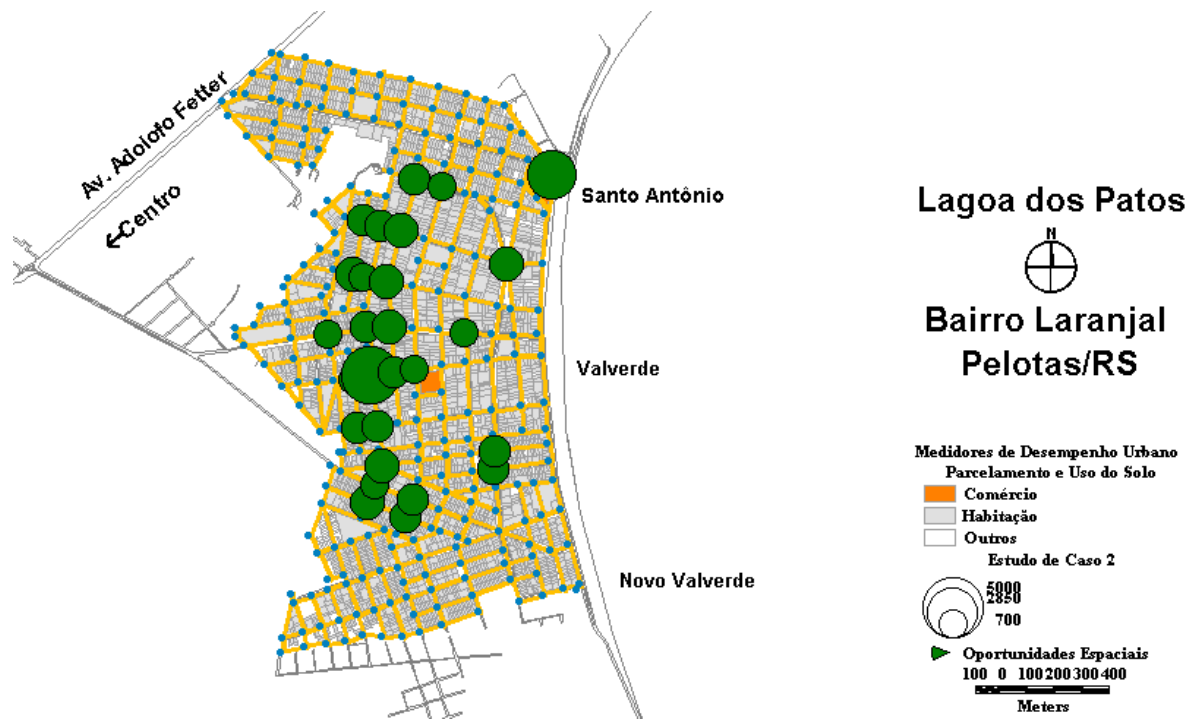


Figura 24: resultado de oportunidades para o caso comercial mononucleado.

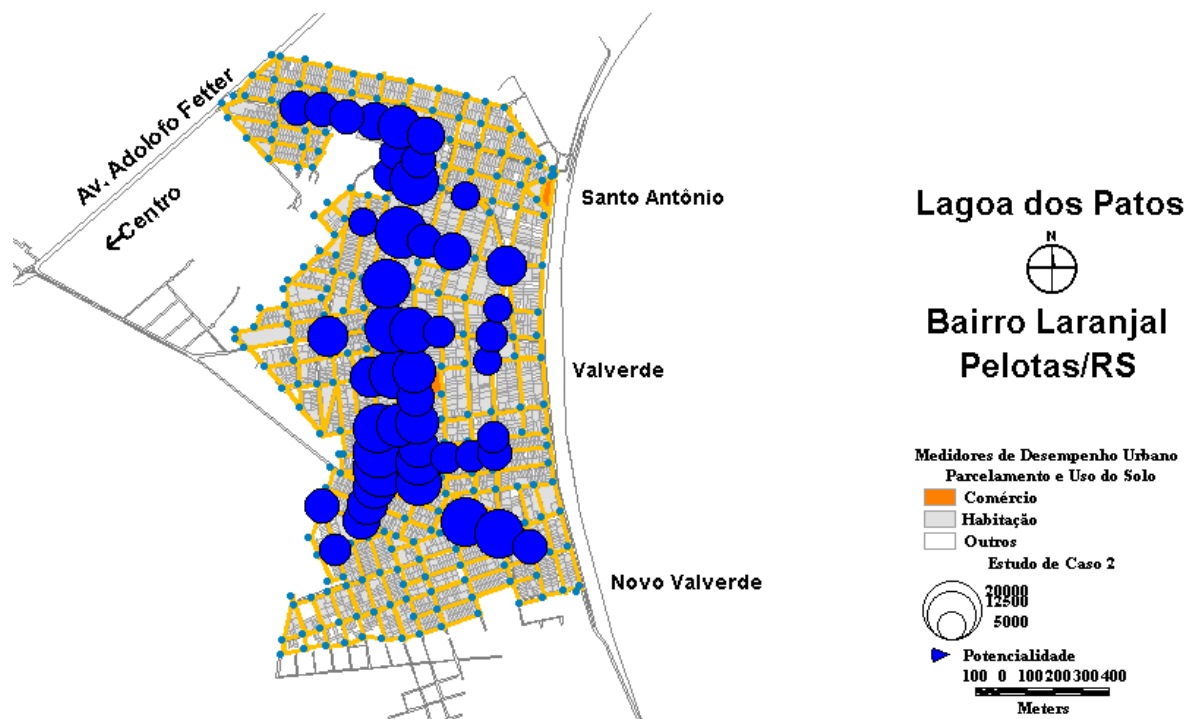


Figura 25: resultado de potencialidade para o caso comercial mononucleado.

A partir das figuras anteriores podem ser listadas as seguintes assertivas:

#### **6.4.1. Com relação aos resultados de convergência:**

De modo descritivo: a convergência é máxima no entorno imediato dos serviços.

De modo interpretativo: a hegemonia dos dois únicos serviços implantados na área de estudo determina locais de forte concentração, no entorno imediato dos serviços disponíveis.

#### **6.4.2. Com relação aos resultados de oportunidades:**

De modo descritivo: as oportunidades estão concentradas na região central à área de estudo; aparece com clareza um eixo de maiores oportunidades no sentido sul-norte, acompanhado de dois pequenos núcleos isolados, à leste desse eixo.

De modo interpretativo: os resultados sugerem a descoberta de lugares com localização estratégica para acessar com maior facilidade os dois serviços disponíveis, podendo-se assumir que a localização concentrada e pontual de serviços gerou privilégios locacionais para os consumidores em forma linear.

#### **6.4.3. Com relação aos resultados de potencialidade:**

De modo descritivo: as potencialidades estão concentradas ao longo do mesmo eixo que reúne as maiores oportunidades, diferenciando-se pela presença de somente um pólo isolado e localizado na região sul da área de estudo; o conjunto (eixo mais pólo) pode ser compreendido como um eixo único, em forma de "L".

De modo interpretativo: os resultados referentes às potencialidades sugerem a formação de uma zona linear de concentração de serviços, capitaneada pelo uso 2; é possível perceber a tendência de isolamento do uso 1, decerto influenciada por menores qualidades de acessibilidade.

### **6.5. Simulação de Uso Comercial em Zona T**

O caso propõe uma estrutura urbana fundamentada nos seguintes pontos:

- ▷ sistema viário, parcelamento e distribuição dos consumidores: conforme a realidade da área de estudo;
- ▷ concentração das atividades de comércio e serviços nas duas avenidas principais, tal como num hipotético zoneamento tradicional;
- ▷ peso 100 para as atividades de comércio e serviços.

A figura a seguir apresenta as localizações que foram simuladas, sendo o número de atividades igual ao caso real.

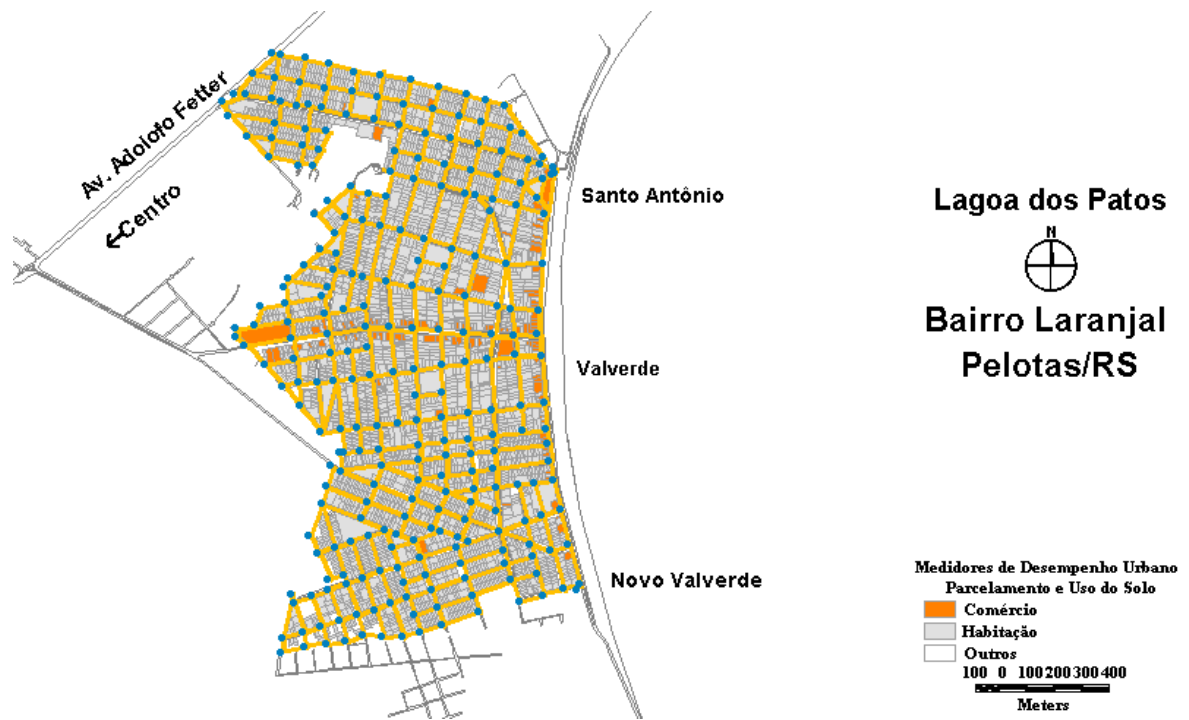


Figura 26: uso do solo para o caso de simulação de uso comercial em zona T.

Os resultados alcançados com o caso de simulação de uso comercial em zona T estão nos desenhos a seguir.

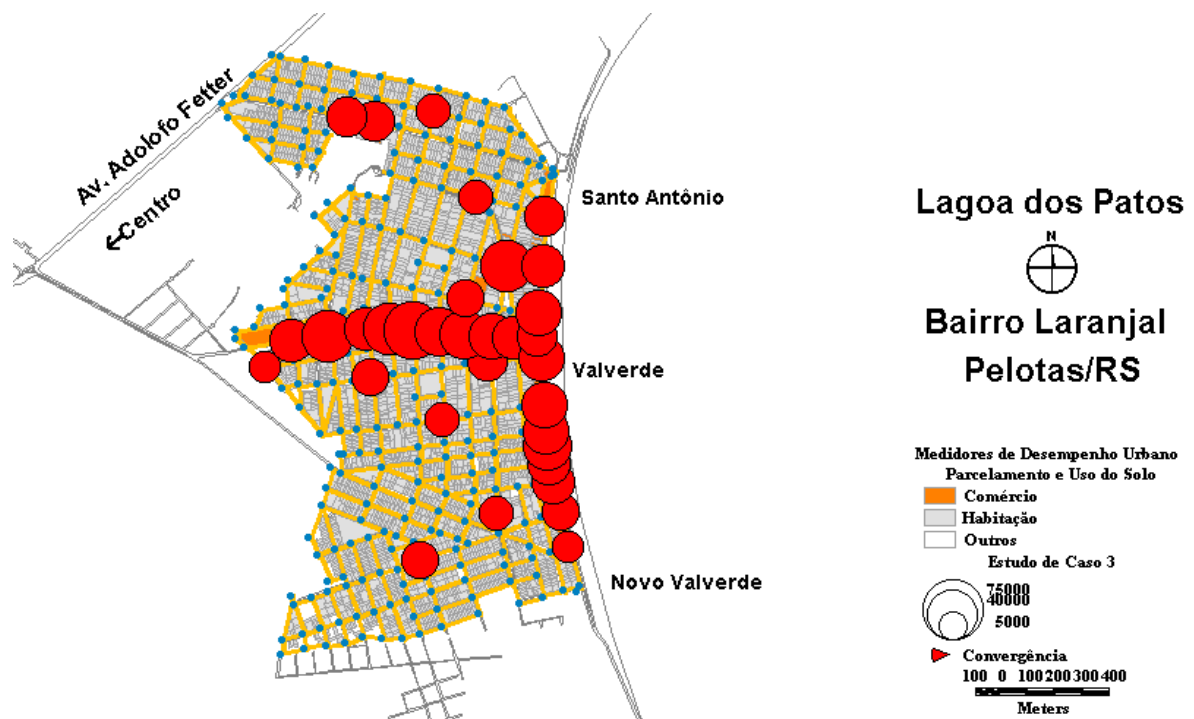


Figura 27: resultado de convergência para o caso comercial simulado em zona T.

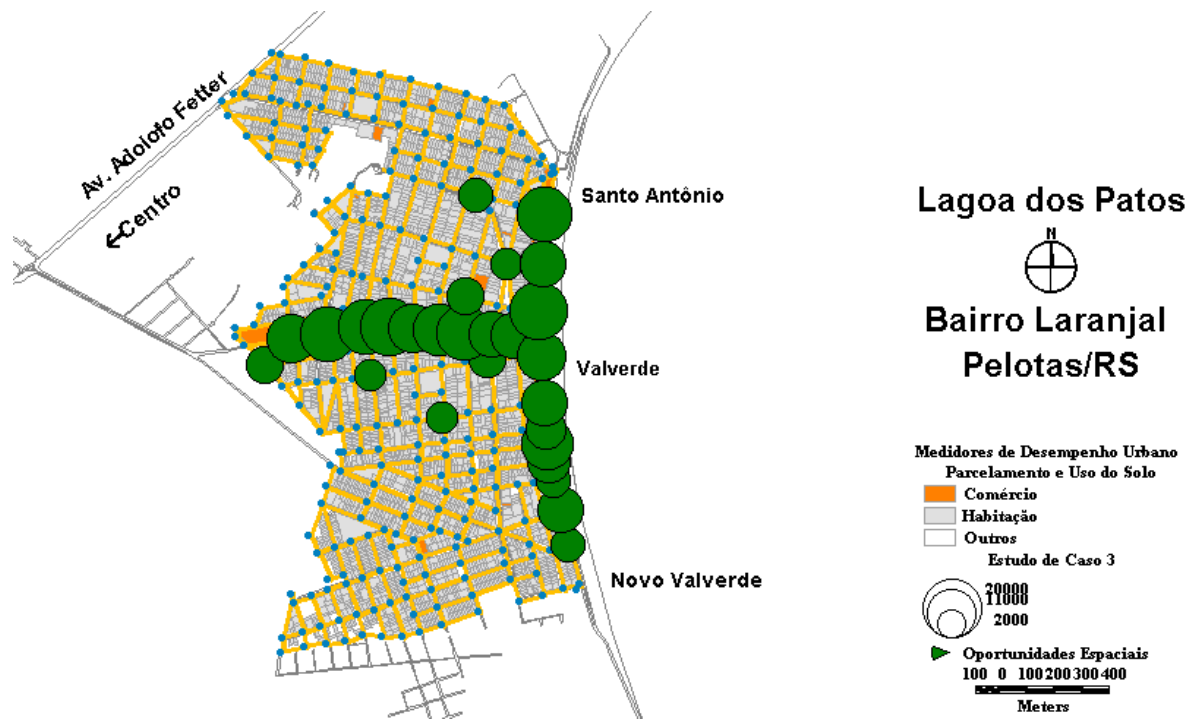


Figura 28: resultado de oportunidades para o caso comercial simulado em zona T.

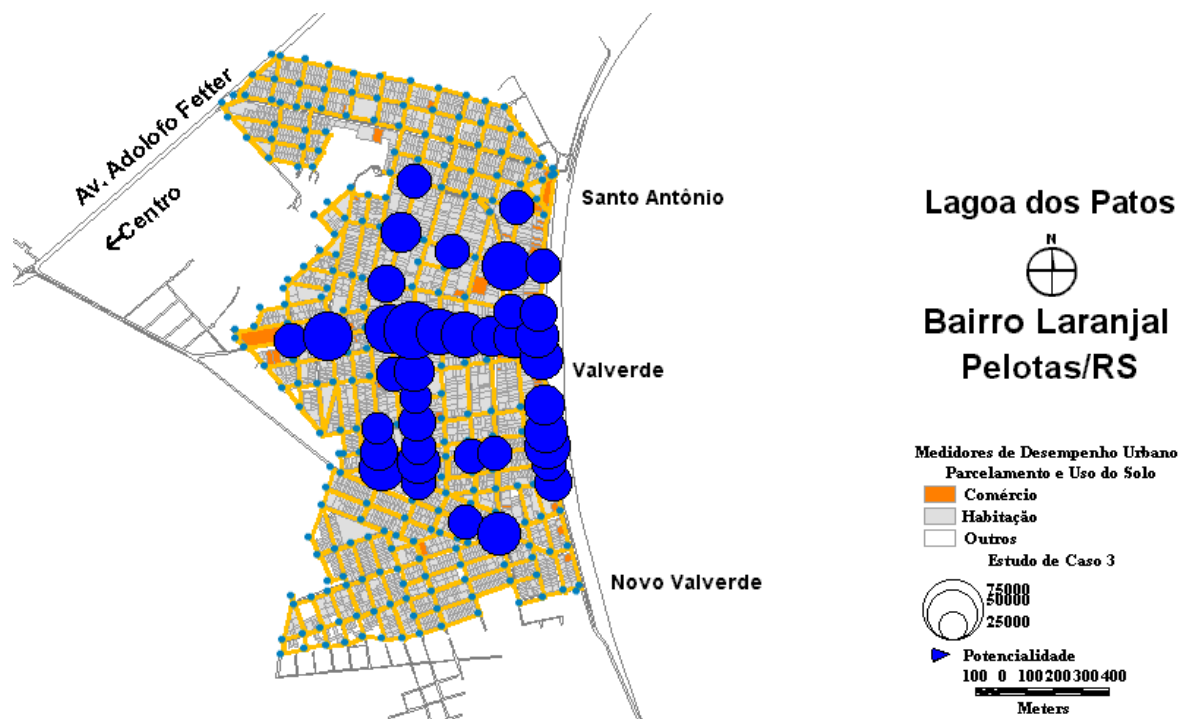


Figura 29: resultado de potencialidade para o caso comercial simulado em zona T.

A partir dos resultados demonstrados nos mapas apresentados podem ser listadas as seguintes assertivas:

#### **6.5.1. Com relação aos resultados de convergência:**

- De modo descritivo: A convergência forma dois eixos perpendiculares entre si, sendo o maior no sentido oeste-leste e o menor no sentido norte-sul da área de estudo; aparece também um pequeno núcleo isolado, ao norte.
- De modo interpretativo: A implantação dos serviços ao longo da avenida central do loteamento e na orla da praia da área de estudo determina local de forte concentração ao longo desses eixos.

#### **6.5.2. Com relação aos resultados de oportunidades:**

- De modo descritivo: As oportunidades estão concentradas, avenida central do loteamento e na orla da praia.
- De modo interpretativo: O resultado identificou os eixos da avenida central e orla da praia como lugares com localização estratégica para acessar com maior facilidade os serviços disponíveis.

#### **6.5.3. Com relação aos resultados de potencialidade:**

- De modo descritivo: As potencialidades estão concentradas nos eixos formados pela avenida central e orla da praia, além de uma zona linear em um eixo sul-norte na região oeste da área de estudo.
- De modo interpretativo: Os resultados referentes às potencialidades sugerem a continuidade da implantação de serviços nos eixos formados pela avenida central e orla da praia e a formação de uma zona linear paralela a orla da praia com grande potencial para novos empreendimentos

### **6.6. Caso Real, com Uso Comercial Polinucleado e sem ponderação**

O caso propõe uma estrutura urbana fundamentada nos seguintes pontos:

- ▷ sistema viário, parcelamento, distribuição dos consumidores das ofertas conforme a realidade da área de estudo;
- ▷ igual peso para todas as atividades.

A figura a seguir mostra a distribuição do uso do solo para o caso real.

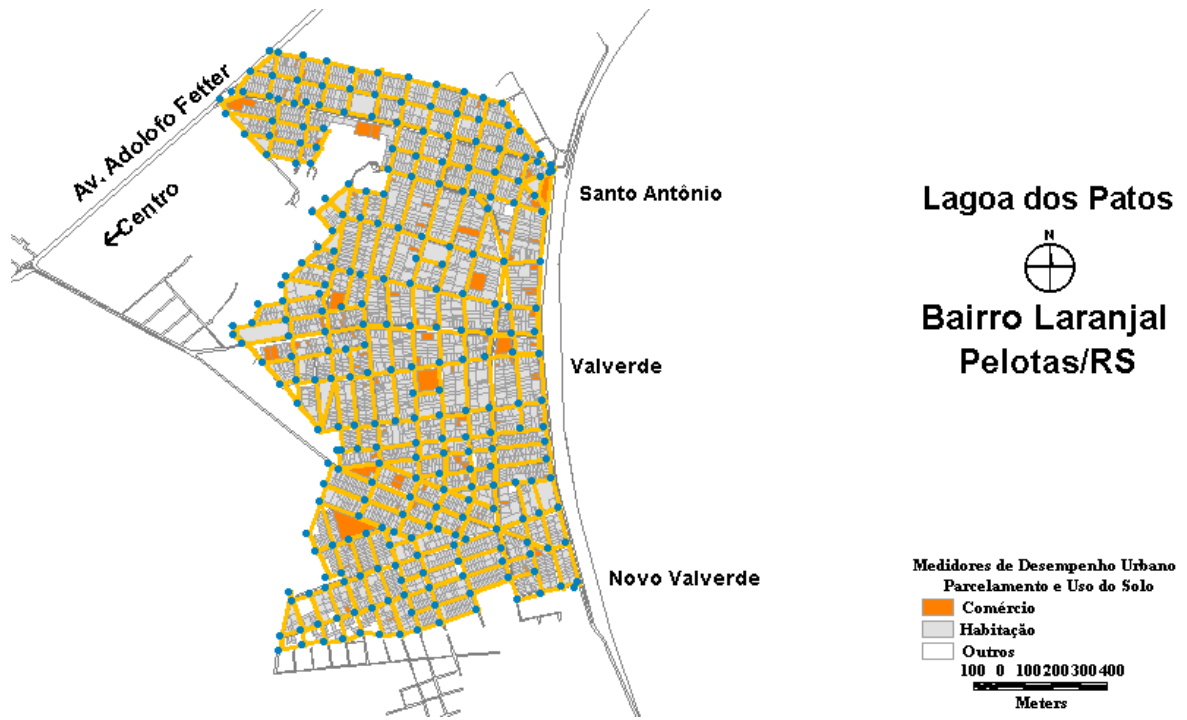


Figura 30: uso do solo para o caso real.

Os resultados alcançados com o caso real estão nos desenhos a seguir.

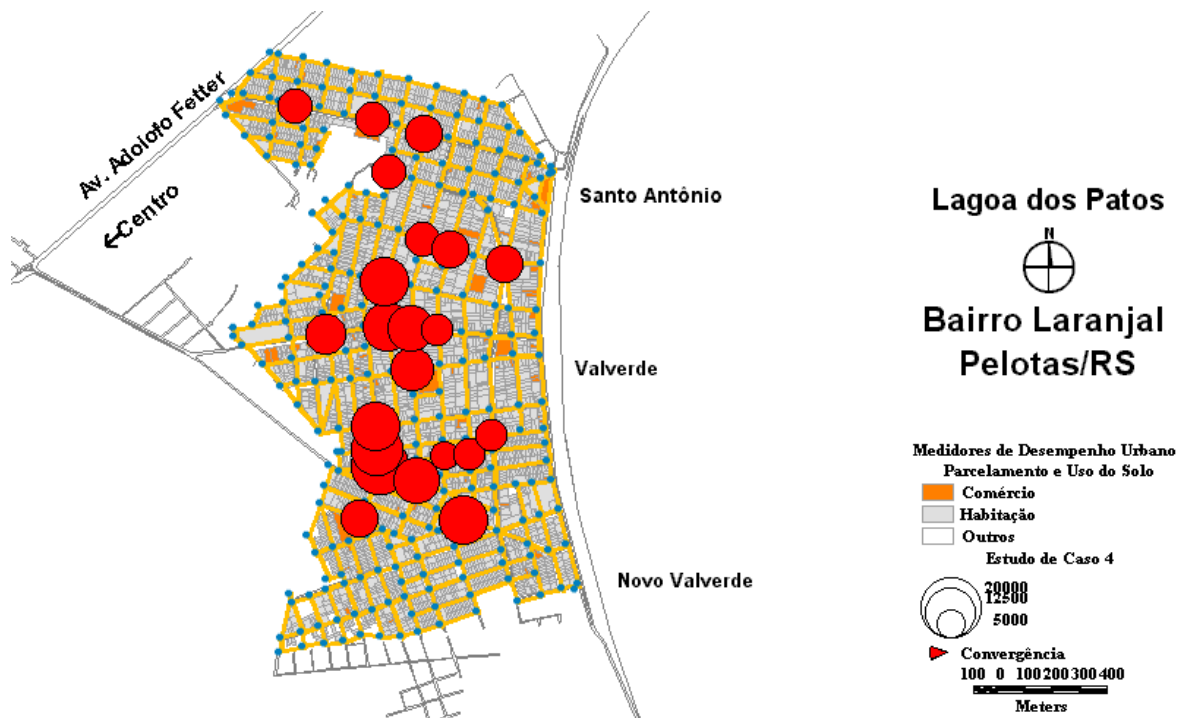


Figura 31: resultado de convergência para o caso real, sem ponderação.

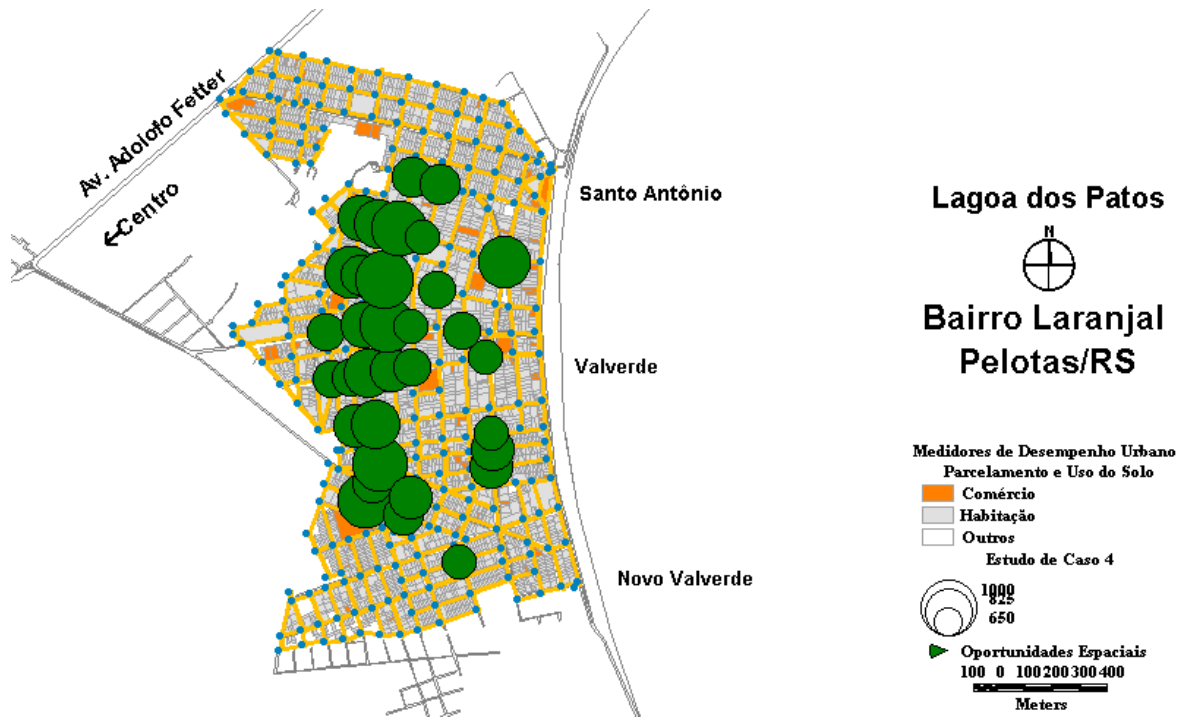


Figura 32: resultado de oportunidades para o caso real, sem ponderação.

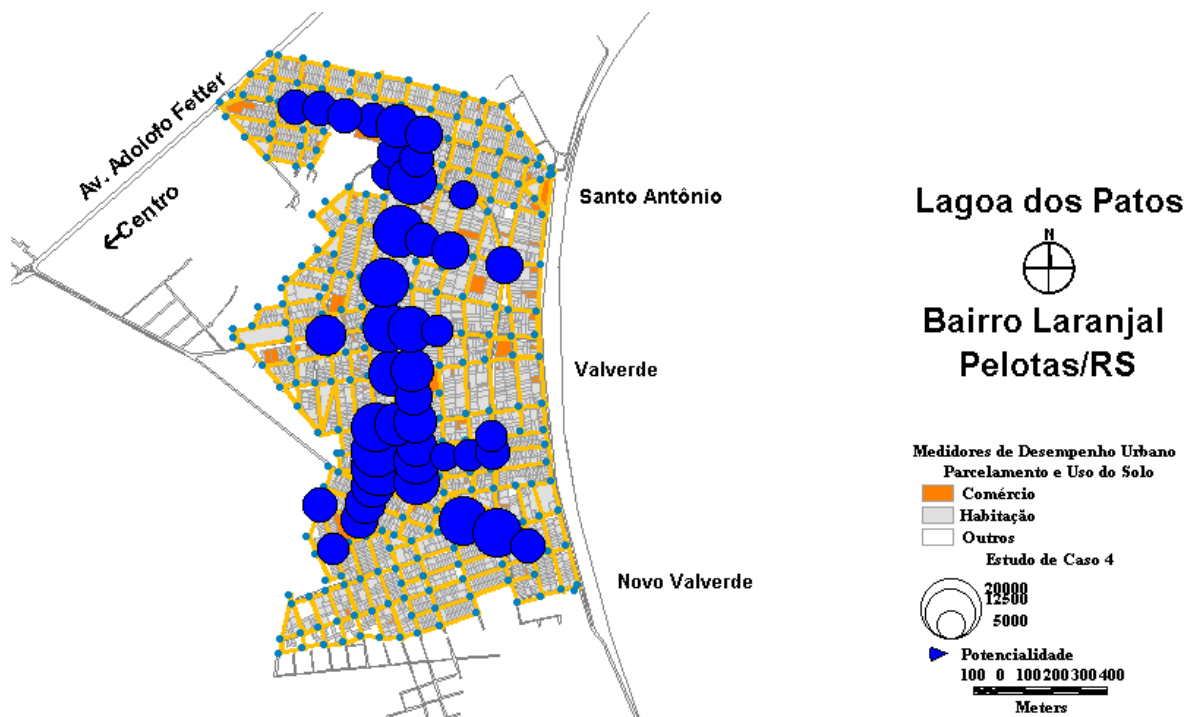


Figura 33: resultado de potencialidade para o caso real, sem ponderação.

### 6.6.1. Com relação aos resultados de convergência:

De modo descritivo: Os resultados de convergência mostram em destaque os pontos de oferta localizados em posições estratégicas do sistema, permitindo perceber uma forma em “U” aberta para a Lagoa dos Patos.

De modo interpretativo: O fato de haver atividade de comércio e serviços distribuída pelo tecido do bairro provoca um resultado desconcentrado na convergência; a forma em “U” que aparece está associada a uma estrutura viária com dominância na direção sul – norte e a acessos leste – oeste estruturadores.

### 6.6.2. Com relação aos resultados de oportunidades:

De modo descritivo: As oportunidades estão concentradas num eixo longitudinal sul – norte, nas imediações do centro geométrico do bairro.

De modo interpretativo: O resultado está vinculado à distribuição dispersa e homogênea dos comércios e serviços, mostrando um eixo de localização estratégica dos consumidores; esse resultado pode estar revelando uma estrutura de boa localização para o caso de inverno, quando os serviços não estão diretamente dependentes dos fluxos para a orla da praia.

### 6.6.3. Com relação aos resultados de potencialidade:

De modo descritivo: Os resultados de potencialidade denotam um eixo longitudinal sul – norte, complementado por eixos transversais leste – oeste.

De modo interpretativo: Considerando a forma geral do bairro, seu tecido viário, a dispersão das atividades de comércio e serviços e a ausência de ponderação, o resultado de potencialidade está vinculado aos pontos de maior acessibilidade do sistema, repetindo e reforçando os resultados de convergência.

## 6.7. Caso Real, com Uso Comercial Polinucleado e com ponderação

O caso propõe uma estrutura urbana fundamentada nos seguintes pontos:

- ▷ sistema viário, parcelamento, distribuição dos consumidores e das ofertas conforme a realidade da área de estudo;
- ▷ peso igual a 100 para as atividades de comércio e serviços junto à orla da praia.

A figura a seguir mostra a distribuição do uso do solo para o caso real.

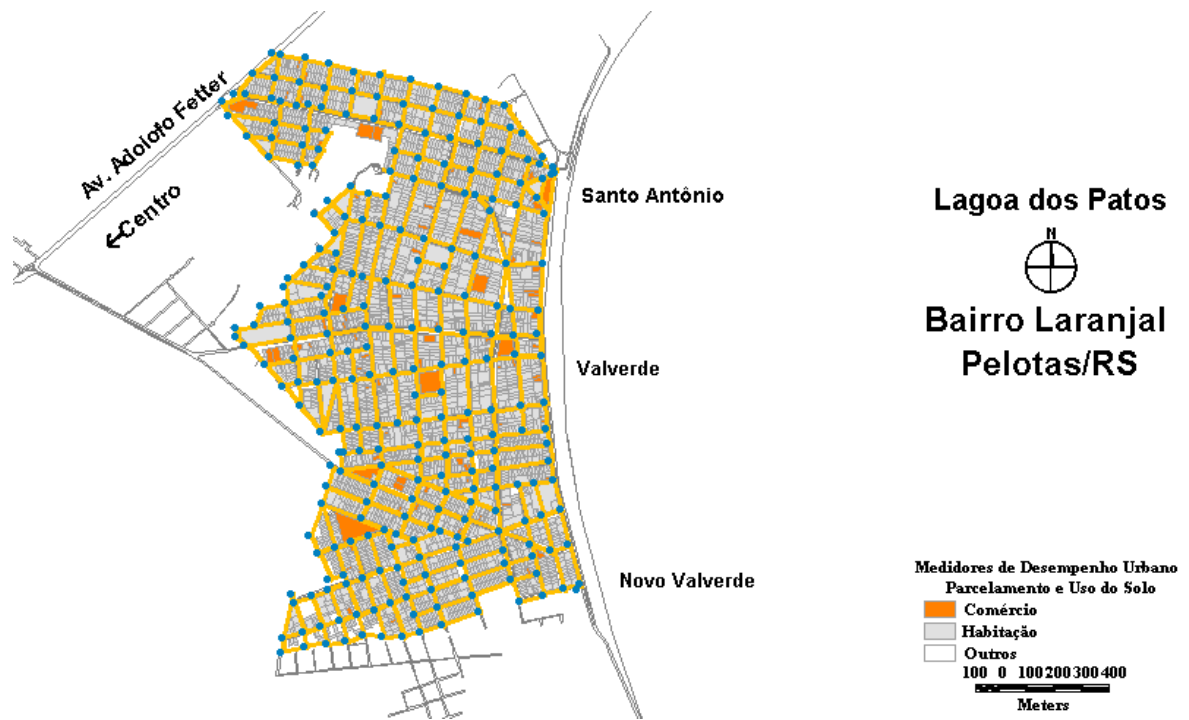


Figura 34: uso do solo para o caso real.

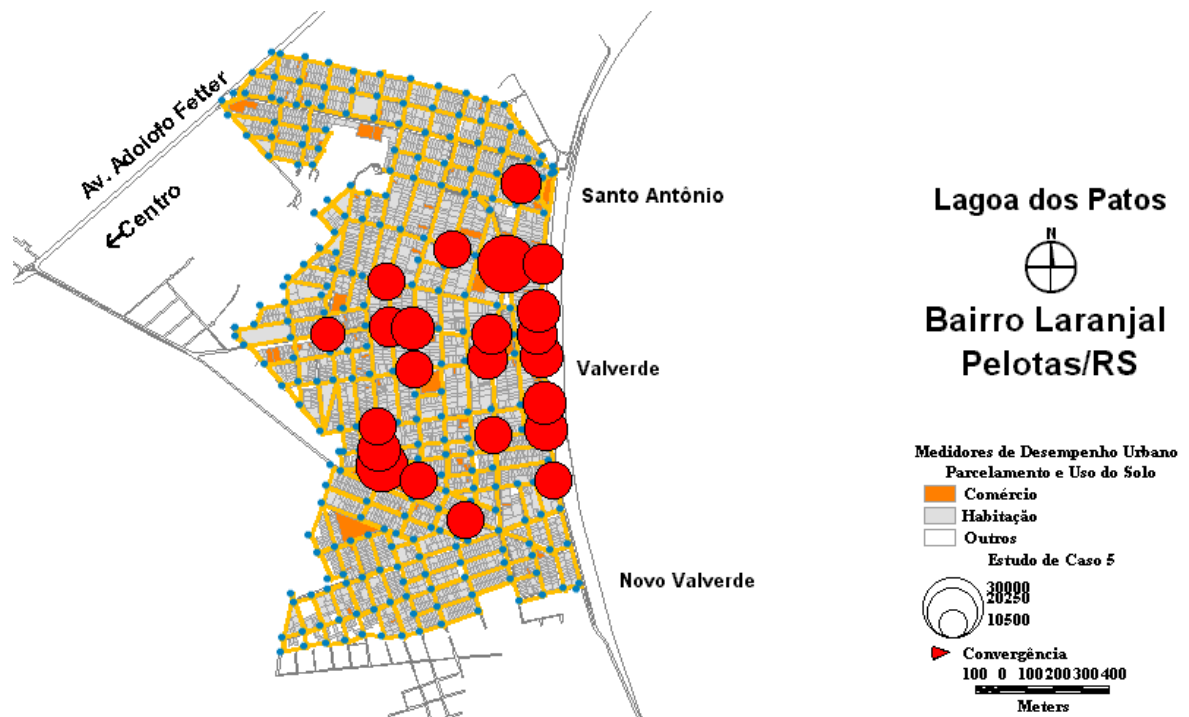


Figura 35: resultado de convergência para o caso real, com ponderação igual a 100 na orla da praia.



Figura 36: resultado de oportunidades para o caso real, com ponderação igual a 100 na orla da praia.

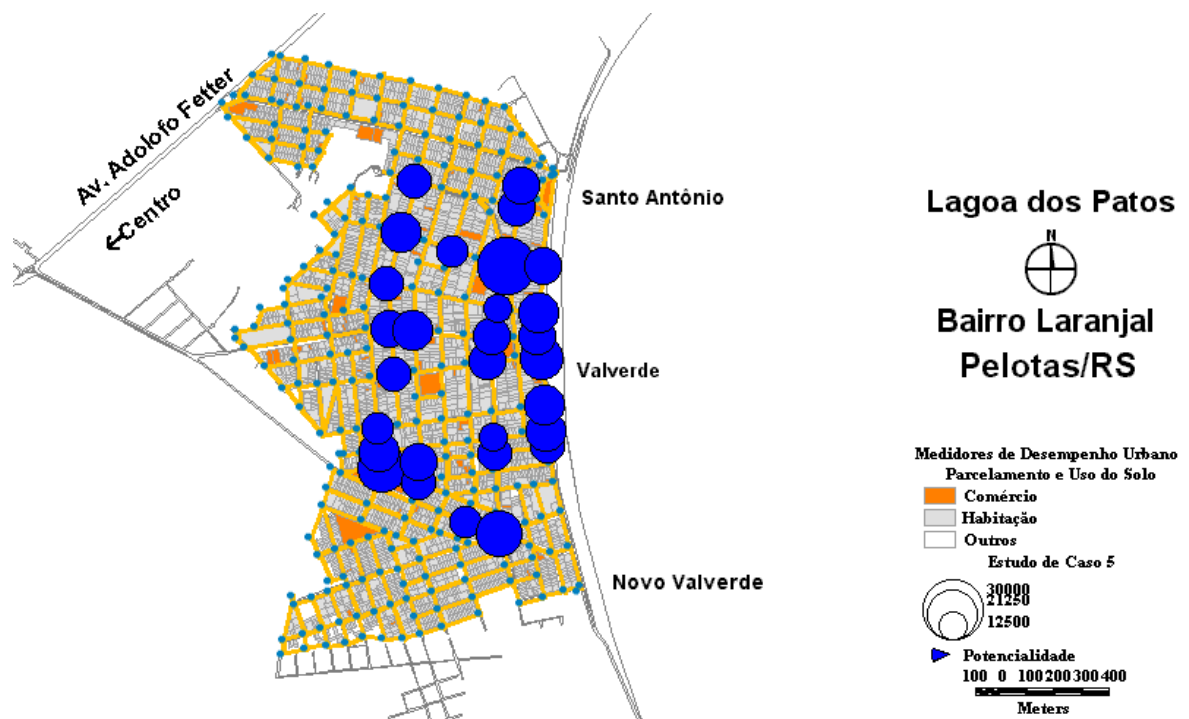


Figura 37: resultado de convergência para o caso real, com ponderação igual a 100 na orla da praia.

A partir dos resultados demonstrados podem ser listadas as seguintes assertivas:

#### **6.7.1. Com relação aos resultados de convergência:**

De modo descritivo: Existe concentração de convergência em eixos próximos à orla da praia e paralelos a elas; outros focos aparecem definindo pequenos eixos transversais à praia.

De modo interpretativo: Os resultados estão de acordo com a atratividade que a praia exerce no período de veraneio, demonstrando a eficácia da ponderação adotada.

#### **6.7.2. Com relação aos resultados de oportunidades:**

De modo descritivo: As oportunidades espaciais estão centradas ao longo da orla da praia; aparece um eixo secundário na parte central dos loteamentos.

De modo interpretativo: Os resultados indicam que a melhor qualificação locacional para habitação é a orla da praia e na avenida imediatamente paralela; existe potencial para outros locais devido a acessibilidade relativa a outras áreas do sistema, localizado num eixo secundário e paralelo à orla.

#### **6.7.3. Com relação aos resultados de potencialidade:**

De modo descritivo: As potencialidades estão localizadas nos mesmos trechos com elevadas oportunidades, esses trechos se apresentam através de uma linha dupla paralela a praia e de outra linha em "L" no centro dos loteamentos.

De modo interpretativo: Os resultados verificam que existe, mesmo com a alta convergência, potencial para novos investimentos na orla; há também potencialidades ao longo de um eixo central aos loteamentos, em função das acessibilidades do tecido urbano

### **6.8. Caso Simulado com Uso Escolar**

Neste estudo, a estrutura urbana está conforme os seguintes itens:

- ▷ sistema viário, parcelamento, distribuição dos consumidores conforme a realidade da área de estudo;
- ▷ localização das escolas simulada, com quatro unidades.

A figura a seguir mostra a distribuição do uso para o caso das escolas.

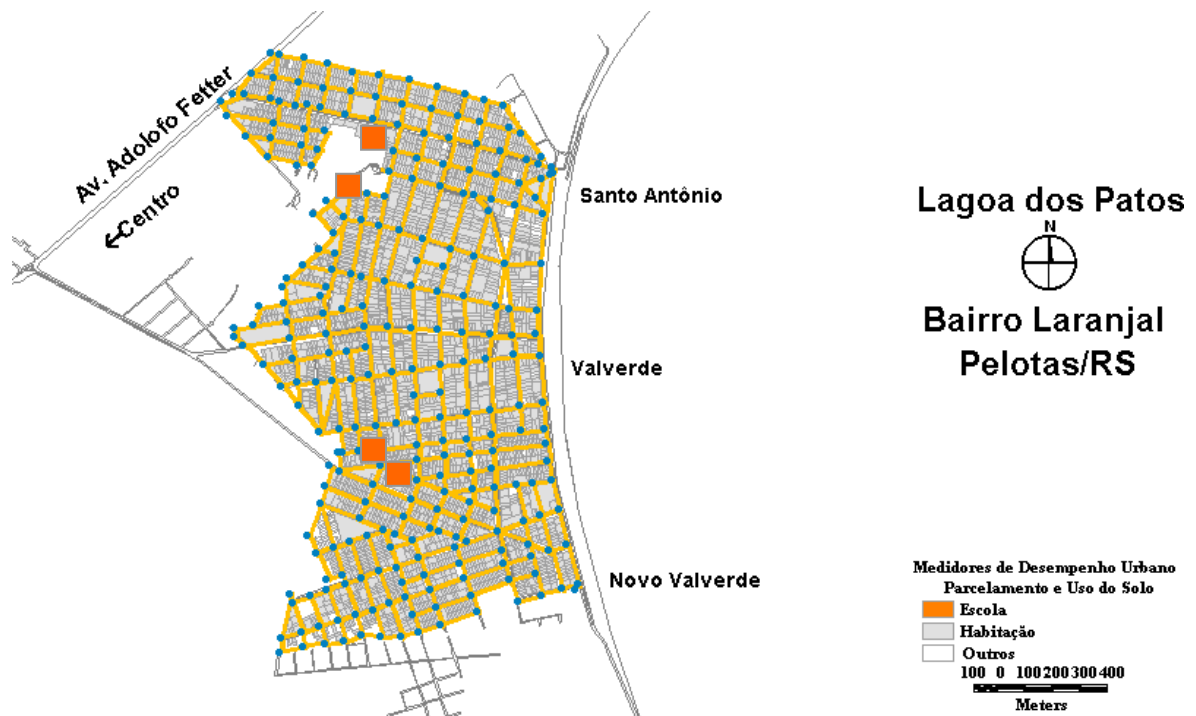


Figura 38: uso do solo para o caso das escolas.

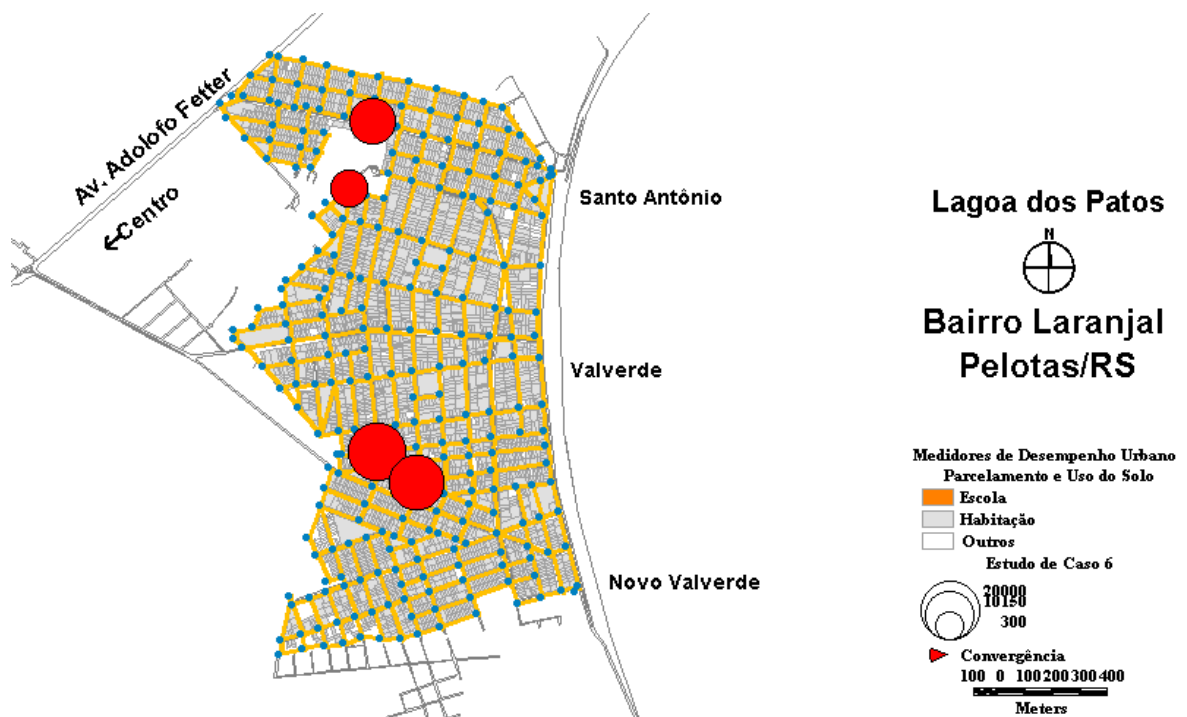


Figura 39: resultado de convergência para o caso das escolas.

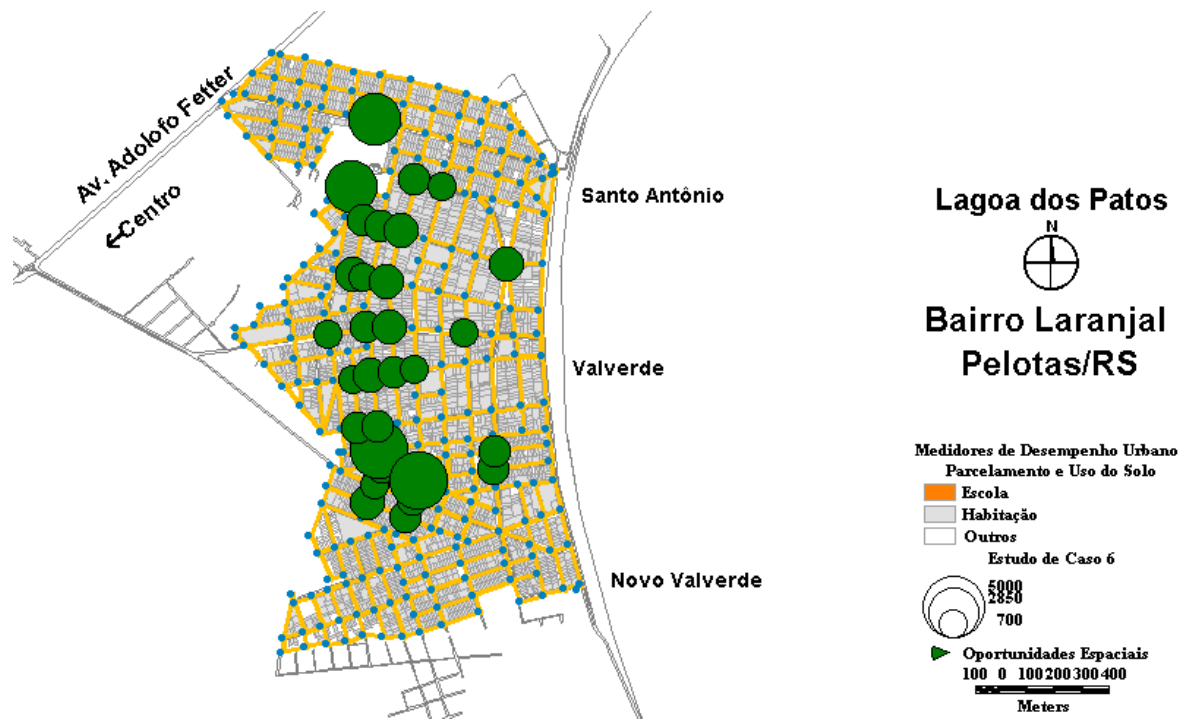


Figura 40: resultado de oportunidades para o caso das escolas.

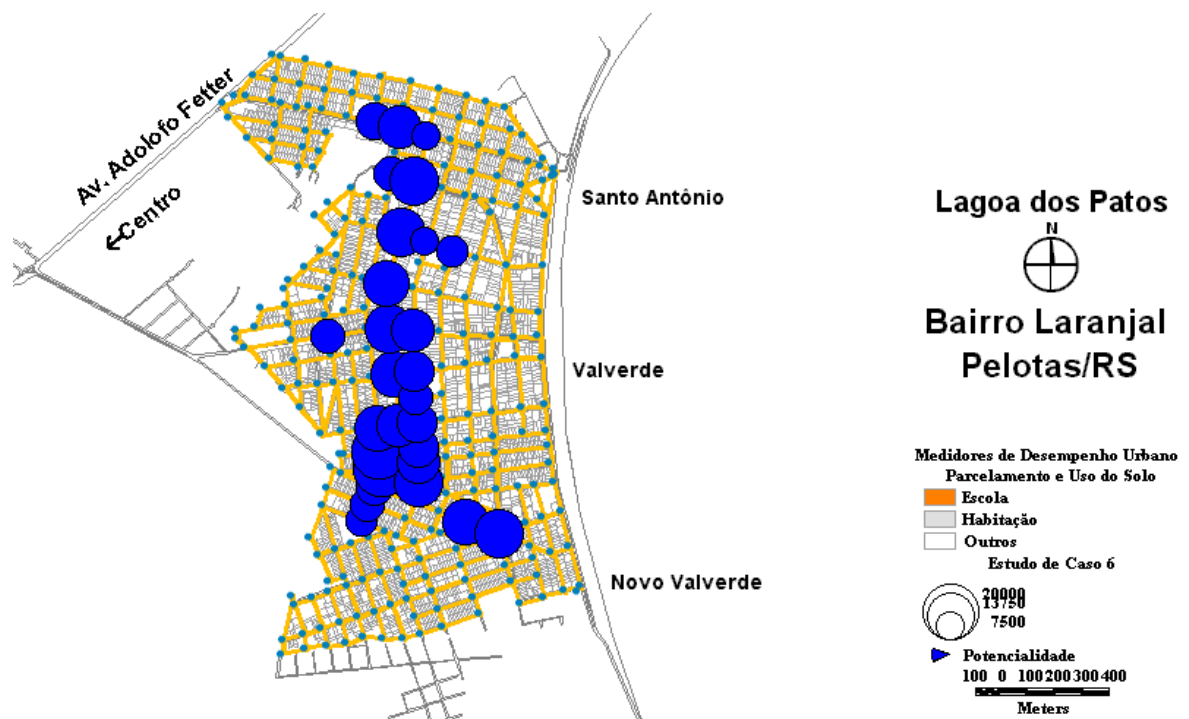


Figura 41: resultado de potencialidade para o caso das escolas.

A partir dos resultados demonstrados nos mapas apresentados podem ser listadas as seguintes assertivas:

**6.8.1. Com relação aos resultados de convergência:**

- De modo descritivo: A convergência é máxima no entorno imediato das escolas.
- De modo interpretativo: A hegemonia das quatro escolas implantadas na área de estudo determina local de forte concentração de convergência, no entorno imediato das escolas disponíveis.

**6.8.2. Com relação aos resultados de oportunidades:**

- De modo descritivo: As oportunidades estão concentradas em um eixo sul-norte na região oeste da área de estudo; aparecem dois pequenos núcleos isolados à leste desse eixo.
- De modo interpretativo: O resultado identificou um eixo de lugares com localização estratégica para acessar com maior facilidade as quatro escolas disponíveis.

**6.8.3. Com relação aos resultados de potencialidade:**

- De modo descritivo: As potencialidades estão concentradas ao longo do mesmo eixo que reúne as maiores oportunidades, diferenciando-se pela presença de somente um pólo isolado e localizado na região sul da área de estudo; o conjunto (eixo + pólo) pode ser compreendido como um eixo único, em forma de "L".
- De modo interpretativo: Os resultados referentes às potencialidades sugerem a formação de uma zona em forma de "L" de grande potencial para a instalação de novas escolas.

## 7. Principais Observações e Hipóteses Geradas

No andamento dos trabalhos apresentados anteriormente, dedicados especialmente ao teste do Modelo de Convergência, foram escritas as seguintes observações e hipóteses:

### 7.1. Com relação à convergência espacial:

Observação 1 – Quando os usos comerciais e de serviços estão concentrados e isolados em pontos, a convergência também se concentra nas áreas contíguas.

Observação 2 – Quando os usos comerciais e de serviços estão dispersos e distribuídos homogeneamente pelo espaço, a convergência maior é diretamente proporcional à centralidade do espaço público a que se vincula.

### 7.2. Com relação à oportunidade espacial:

Observação 1 – A oportunidade espacial não é simplesmente aderente aos usos de comércio e de serviços, estando diretamente ligada à forma da cidade e à localização dos consumidores.

Hipótese 1 – Localizações de comércio e de serviços implantadas como nos zoneamentos tradicionais, de modo especializado e linear, tendem a concentrar as oportunidades em setores contíguos a suas localizações.

Hipótese 2 – Considerando as localizações de comércio e de serviços especializadas e lineares são concentradoras de oportunidades em setores contíguos, pode-se dizer que, contrariamente ao que pretende, a constituição de zonas comerciais “puras” tende a se autocontrariar, imantando o uso habitacional.

Hipótese 3 – Considerando as localizações de comércio e de serviços especializadas e lineares são concentradoras de oportunidades, pode-se dizer que o zoneamento comercial funcional especializado contribui para a desigual distribuição de facilidades urbanas e para a exclusão social.

### 7.3. Com relação às potencialidades espaciais:

Hipótese 1 – Localizações de comércio e serviços concentradas em pontos geram potencialidade em zonas lineares.

Hipótese 2 – Localizações de comércio e serviços distribuídas em linhas geram potencialidade em pontos.

Hipótese 3 – O zoneamento tradicional se autodestrói pela sua realização, gerando sempre potencialidades para usos futuros fora de sua área de prescrição.

Hipótese 4 – Considerando que a localização de usos de comércio e serviços carrega a contradição de se autodestruir, é necessário avaliar e revisar permanentemente seus padrões de localização.

## 8. Conclusões

A investigação conduzida permite concluir, até agora, os seguintes pontos principais:

- ▷ o modo tradicional de manejar com o uso do solo já tem alternativa para resolver as questões de localização, não sendo o zoneamento funcional alternativa única para o planejamento e controle urbanísticos;
- ▷ a investigação permite sugerir que a localização de usos comerciais e de serviços vá sendo avaliada mediante cada mudança de uso, implantando um modo de manejar dedutivo e sensível às preexistências;
- ▷ o zoneamento com regime de usos prescritivo, usual em zonas comerciais, pode ser substituído por padrões macro-estruturais, de modo a incentivar, por exemplo, usos que equilibram oportunidades e que se aproveitam de potencialidades, contribuindo assim para a justiça social;
- ▷ a morfologia urbana é fator estruturante na distribuição das atividades em solo urbano, influenciando decisivamente a localização do comércio e dos serviços e a qualidade de vida dos usuários;
- ▷ a morfologia urbana é fator condicionante das transformações de uso do solo, notadamente das novas localizações de comércio e de serviços, mediante potencialização de novas áreas para futuras atividades;
- ▷ é problemática a localização de comércio e de serviços pela via prescritiva, tradicional nos planos diretores, uma vez que o zoneamento funcional especializado tende a se autodestruir de modo diretamente proporcional a sua realização;
- ▷ é possível estudar a implantação de equipamentos comunitários através do Modelo de Convergência Urbana, estando essas atividades associadas a lógicas semelhantes às de relação habitação – comércio e serviços.

## 9. Principais Limitações Encontradas

O trabalho prático com o Modelo e com o Programa de Convergência Urbana oportunizou leitura crítica identificação de limitações. As principais são as seguintes:

Limitação	Sugestão de superação
Embora a teoria e a lógica envolvidas no Modelo de Convergência Urbana sejam muito atuais, incluindo inclusive elementos de ineditismo, o programa de computador está desatualizado, rodando sobre uma plataforma de FoxProw de 1986 e usando bancos de dados tipo dbf III.	A solução dos problemas passa pela produção de um software novo, o que implica em dependência direta de financiamento externo; somente com o apoio dos órgãos de fomento essa dificuldade será enfrentada.
O processo de trabalho apresenta dificuldade na construção e revisão do banco de dados, inibindo o uso do Modelo para novos usuários; ademais, houve efetiva dificuldade na construção de um banco de dados coerente e confiável para a elaboração desta etapa da pesquisa, o que custou demasiados tempo e energia da equipe trabalho.	A situação ideal é migrar todo o Modelo para um programa de geoprocessamento, que interprete informações gráficas e facilite a construção interativa dos bancos de dados e dos desenhos.  Enquanto essa situação não ocorre, duas providências podem ser tomadas: a) construção de um aplicativo revisor que detecte inconsistências no banco de dados; b) facilitação das alterações de andamento do trabalho, que poderiam ocorrer diretamente nos arquivos (ao invés de obrigatoriamente via caixas de diálogo do software).
A estrutura lógica do programa de Convergência Urbana admite trabalhar com um só tipo de uso por vez, o que exige um banco de dados diferente para cada variação.	Seria adequado gerar um banco de dados completo e eleger com quais usos posteriormente; esse modo de proceder já está incluído no programa de "Oportunidades Espaciais 3D", que será testado no ano 2000.
A ocorrência real de usos do solo resiste às classificações, havendo dificuldade em conseguir padrões adequados a múltiplos casos; além disso, o programa não facilita o trabalho com usos mistos.	Para encaminhar a classificação de uso do solo está produzido o documento "Classificação de Uso do Solo", juntado em anexo a este trabalho.
A investigação não avançou sobre parâmetros para a ponderação das diferentes atividades e das variações de localização, estando essa tarefa sendo realizada heurísticamente.	Seria oportuno desenvolver uma pesquisa paralela à principal, objetivando a construção de parâmetros para a ponderação dos diferentes usos.

## 10. Continuidade dos Trabalhos

O trabalho está em andamento, estando os apontamentos apresentados aqui em desenvolvimento. Deste modo, estão listadas as seguintes ações de continuidade:

- ▷ realizar outros estudos de caso, de modo a seguir testando o modelo, aperfeiçoar as hipóteses e trabalhar nas suas verificações;
- ▷ construir medições empíricas que possam auxiliar na legitimação do modelo, estabelecendo correlações dos resultados teóricos com evidências empíricas;
- ▷ buscar aperfeiçoamentos no programa de computador, facilitando e ampliando seu manuseio;
- ▷ realizar estudos utilizando o programa de “Oportunidades Espaciais 3D”, cujo algoritmo já está desenvolvido pela equipe de trabalho, permitindo o trabalho simultâneo com múltiplos usos e usuários;
- ▷ pode ser desenvolvida uma pesquisa específica para ponderar usos de diferente atratividade, dadas por razões intralote ou por externalidades do espaço urbano.

## 11. Bibliografia

### 11.1. Referências Bibliográficas

- ARENTZE, T. A., BORGERS, A. W. J. e TIMMERMANS, H. J. P., (1994): **Multistoped-based measurement of accessibility in a GIS environment**. International Journal of Geographical Information Systems 8. p. 343-356.
- HILLIER, B.; PENN A.; HANSON, J.; GRAJRWSKI, T. e XU, J. (1993): **Natural Movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement**. Environment and Planning B: Planning and Design 20. p. 29-66.
- KRAFTA, Rômulo (1993): **Avaliação do impacto de alguns instrumentos urbanísticos sobre o desenvolvimento configuracional urbano**. Anais do Seminário Internacional sobre avaliação dos instrumentos de intervenção urbana (magnetic). São Paulo: Universidade de São Paulo, FAU.
- KRAFTA, Rômulo (1994): **Modelling intraurban configurational development**. Environment and Planning B: Planning and Design 21. p. 67-82.
- KRAFTA, Rômulo (1995): **Urban Convergence: Morphology and Attraction**. In: Environment and Planning B: Planning and Design 1996, vol. 23. p.37-48.
- KRAFTA, Rômulo e outros (1997): **Medidores de Desempenho Urbano**. Projeto de Pesquisa para o Edital FAPERGS 12/96. Porto Alegre: UFRGS.
- KRAFTA, Rômulo, (1991): **A Study of Intra-urban Configurational Development in Porto Alegre – Brasil** (unpublished PhD thesis). The Martin Centre for Architectural and Urban Studies: University of Cambridge, Cambridge.
- KRUGER, Mário Júlio Teixeira (1990): **On Node and Axial Maps: Distance Measures and Related Topics Second European Conference on Management and Representation of Urban Change**. Cambridge: United Kingdom; copy available from the Bartlett School of Architecture, University College, London.
- KRUGER, Mário Júlio Teixeira. (1979): **An approach to built-form connectivity at urban scale: system dexcription and its representation**. Environment and Planning B: Planning and Design 6. p. 67-88.
- LYNCH, Kevin (1981): **La Buena Forma de La Ciudad**. Versão castelhana por Eduard Mira. Barcelona: GG, 1985.

## 11.2. Bibliografia Catalogada

- BATTY, Michael. (1976): **Urban Modelling: Algorithms, Calibrations, Predictions**. Cambridge: Cambridge University Press, UK.
- BATTY, Michael e DENSHAM, Paul J. (1996): **Decision Support, Gis and Urban Planning**. London: Center for Advanced Spatial Analysis, University College London.
- BITENCOURT (1997): **Gis – Geographic Information System**. São Paulo: Unicamp. [disponível na Internet mediante indexação "gis"].
- BRANDALIZE, Amauri e outros. (1996): **Geoprocessamento: Introdução**. Gis Brasil 96. São Paulo: Ed. Sagres.
- CÂMARA, Gilberto e outros (1996): **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Instituto de Computação - Unicamp.
- EASTMAN, J. Ronald (1996): **Idrisi for Windows, User's Guide**. Worcester: Clark University.
- EASTMAN, J. Ronald (1996): **Idrisi: Exercícios Tutoriais**. Versão em português Heinrich Hackensack. Porto Alegre: Centro de Ecologia - UFRGS.
- GITTINGS, Bruce (1997): **What is Gis?** Edinburgh: Department of Geography, University of Edinburgh. [disponível na Internet no endereço <http://www.geo.ed.ac.uk/home/research/whatisgis.html>]
- GITTINGS, Bruce e outros (1997): **Gis in Practice**. Edinburgh: Department of Geography, University of Edinburgh. [disponível na Internet no endereço <http://www.geo.ed.ac.uk/home/research/purple.html>]
- KRAFTA, Rômulo (1995): **Simulador de cidades :Horizontes e problemas** . In: VI InControl Nacional da AMPUR, Brasília – DF.
- ECHENIQUE, Marcial (1972): **Modelos: una Discusión**. In: MARTIN, L. e MARCH, L. e ECHENIQUE, M.: La Estructura del Espacio Urbano. Versão castelhana por Francisco de León Molina. Barcelona: GG, 1975. p. 235-248.
- NEVES, Nuno A. (1997): **Aplicação de GIS em Planejamento Territorial: Modelos de Simulação e Decisão**. In: Anais do GIS BRASIL 97. São Paulo: Ed. Sagres.
- SILVA, Thelma Ellen P.P. (1997): **GIS para Cadastro**. Gis Brasil 97. São Paulo: Ed. Sagres.

## 12. Anexos

Anexo 1 – Classificação de Uso do Solo.

Anexo 2 – Listagem do Programa de Computador



Anexo 1

Anexo 2