



SUSTENTABILIDADE ESPAÇO - TEMPORAL DOS PADRÕES URBANOS DE VIZINHANÇA

Eliane Constantinou (1); Romulo Krafta (2)

UFRGS

(1) Departamento de Arquitetura – Faculdade de Arquitetura –Universidade Federal do Rio

Grande do Sul – e-mail: eliane.constantinou@yahoo.com.br

(2) Departamento de Urbanismo – Faculdade de Arquitetura –Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

Proposta: O estudo investiga a dinâmica da transformação intra-urbana sob o enfoque teórico da auto-organização, explorando a possibilidade de existência de padrões espaço-temporais no fenômeno de alocação de tipologias funcionais (estoques construídos e atividades) ao longo de um século, no bairro Santana de Porto Alegre-RS - Brasil. **Método de Pesquisa/Abordagens:** A exploração desses padrões espaço-temporais é realizada através de um método que parte da representação estrutural da base física da rede de lotes através da Teoria dos Grafos, explorando o comportamento entre as tipologias funcionais no tempo, utilizando Cadeias de Markov, e inferindo a respeito da auto-regulação do sistema com medidas de Entropia de Kolmogorov e Shannon. A espacialização das regras de transição através do programa ArcView Gis 3.3 permite diferentes explorações como a predição de estados futuros, descrição de diferentes tipos de comportamentos entre as diferentes tipologias funcionais.

Resultados: A investigação demonstra que o estado tipológico atual condensa toda a história sistêmica definindo a qualidade de markovicidade ao fenômeno locacional, possibilitando a inferência de possíveis estados futuros e patamares de estabilidade sistêmica através dos padrões comportamentais estabelecidos dentro da rede espaço-temporal. **Contribuições/Originalidade:** O estudo amplia o conhecimento a respeito do fenômeno locacional e colabora para o desenvolvimento de modelos aplicados ao planejamento urbano, dirigidos para a gestão do uso do solo e da qualidade ambiental urbana, permitindo a geração de medidas de impacto de vizinhança dentro de patamares de sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: padrões espaço-temporais; planejamento urbano; qualidade ambiental urbana.

ABSTRACT

Proposal: The study investigates the dynamics of intra-urban transformation using the theoretical perspective of self-organization and exploring the possibility of space-time patterns in the phenomenon of built form change in the span of a century in Porto Alegre, Brazil. **Methods:** The investigation of these space-time patterns is undertaken using the investigative method based on the structural representation of the physical base of the lot network (through the Graph Theory), exploring the behaviour of the built form types in time (through the Markov Chains) and inferring about the self-regulation of the systems (using Kolmogorov Entropy and Shannon Information measures. The spatialization of the transition rules through the program ArcView Gis 3.3 permit different explorations are also made possible through the prediction of future states, description of different types of behaviors among the different types of stocks and activities. **Findings:** The investigation demonstrates that the current typological state condenses all the systemic history, granting the locational phenomenon the quality of markovicity, thus allowing the inference of possible future states and systemic stability platforms through the behavioural patterns established in the space-time network. **Originality/value:** The study increases the comprehension of the locational phenomenon and collaborates for the development of models applied to urban planning directed towards the management of soil use and urban environmental quality.

Keywords: space-time patterns; urban planning; urban environmental quality.

1. INTRODUÇÃO

Na Ciência da Complexidade a cidade se apresenta como um sistema complexo e adaptativo, capaz de se auto-organizar, definindo padrões no tempo e no espaço. Dentro desta visão de cidade busca-se investigar a dinâmica intra-urbana das transformações das unidades de forma construída, inferindo a respeito do tipo de processo (regular, caótico ou estocástico) envolvido, e explorando padrões espaço-temporais emergentes desta dinâmica. Ao investigarmos a organização de um sistema centramos no comportamento dos entes dentro do sistema, ou seja, na autonomia dos entes em relação ao sistema que se encontram inseridos. A autonomia apresenta-se como um dos temas centrais da sistêmica, e sem dúvida uma das suas questões fundamentais para entendermos a auto-organização; (Atlan,1972). Ao explorarmos o conceito da autonomia estamos investigando o grau de previsibilidade do comportamento de cada ente sistêmico em relação ao sistema, assim como também o ganho de informação destes entes ao longo do tempo e a geração de padrões.

A proposição metodológica deste estudo parte do conceito da autonomia das variáveis dentro da interdependência espaço temporal sistêmica, tomando como premissa básica o fato do fenômeno da transformação das unidades de forma construída e das atividades possuir uma dinâmica temporal mais rápida que o da estrutura viária, se auto-organizando sobre essa estrutura fixa dentro de um determinado intervalo de tempo. Como o fenômeno de alocação de estoques urbanos caracteriza-se como um processo de dinâmica temporal rápida conjectura-se que a alocação dos diferentes tipos de estoques urbanos baseia-se no cenário presente estabelecendo uma relação temporal direta entre o estado presente e o futuro, ou seja, o comportamento de alocação espacial futuro espelha-se no comportamento locacional presente. Desta forma tem-se como hipótese central à de que a materialidade da cidade reflete a aprendizagem espacial de uma dinâmica social interna configurando padrões sócio-espaciais entre estados temporais subseqüentes. A partir destas premissas e hipóteses construiu-se um modelo exploratório da dinâmica de alocação espacial urbana fundamentado nas temáticas da abordagem Sistêmica, da Teoria da Complexidade e Auto Organização apresentados nos modelos: Cidades Dissipativas de Allen (1985), Cidades Sinérgicas de Haken (1983) Dendríns & Sonis, (1990), Cidades Fractais de Batty & Longley (1994), Cidades IRN de Portugali, Benenson & Omer (1997), Cidades Auto-construídas de Krafta (1998).

O modelo apresentado neste estudo é construído sobre essas bases teóricas, centrando na investigação das relações aleatórias (possibilidades de alocação) envolvendo a interdependência estrutural (localização espacial do lote na rede urbana), e comportamental (ação sofrida ao longo do tempo) entre tipos de unidades de forma construída e o sistema total. O modelo descreve o comportamento de diferentes tipos de unidades de forma construída em relação à organização interna do sistema, e posteriormente utiliza um método de predição do tipo extrapolatório, buscando obter a quantidade dos diferentes tipos de estoques a serem alocados, especificando quantos e quais tipos serão removidos e mantidos dentro do sistema. A pesquisa procura inovar na investigação da dinâmica de transformações intra-urbanas, mais precisamente na mudança das unidades de formas construídas através da proposição de um método com bases na teoria da auto-organização aplicado a um sistema real, cuja base espacial é configurada através de uma rede celular do tipo irregular, e as regras de transição são obtidas de forma endógena ao sistema.

2. PROPOSTA METODOLÓGICA

2.1 Modelo Conceitual

A dinâmica da alocação espacial e da transformação das unidades de forma construída é impulsionada pela ação do homem, que julga a sua utilidade da unidade e o seu desempenho funcional e estrutural em relação ao tempo e ao espaço no qual se insere. Assim a sociedade define de acordo com as qualidades técnicas, ambientais, culturais e econômicas a utilidade tanto estrutural como funcional do objeto em determinado período de tempo, resultando na sua permanência, mudança ou adaptação. No caso específico da temática da dinâmica intra-urbana consideramos de imprescindível necessidade a

desagregação do sistema a menor entidade urbana, o lote, para então sobre esta escala configurar a base celular da rede espacial e a exploração dos padrões espaço-temporais.

O modelo desenvolvido neste estudo parte de sub-modelos do tipo descritivo e preditivo/extrapolatório. Estes sub-modelos investigam padrões espaço-temporais através de processos decisório do tipo markoviano. A descrição das ações e a transição entre os estados ao longo do tempo determinam as probabilidades de transição e nos oferece as probabilidades de transição entre as diferentes unidades de forma construída, ou seja, a autonomia de cada lote dentro da interdependência sistêmica. Partindo da premissa básica de que as unidades de forma construída e atividades alocam-se de maneira autônoma, no entanto a suas localizações estabelecem relações de interdependência espaço-temporal, investiga-se a interdependência espaço-temporal através das possibilidades de alocação de uma unidade de forma construída em um lote i no tempo $t+1$ relacionada a unidade de forma construída alocada neste mesmo lote no tempo t . Neste contexto, o estado do ambiente no tempo t é definido como um resumo de toda a experiência passada do ambiente (Haykin, 2001, pg 653), de modo que a informação necessária para o sistema prever o comportamento futuro do ambiente em um determinado intervalo de tempo está contido neste resumo.

A investigação do processo de articulação entre os lotes e o seu entorno imediato possibilita abordar a questão da autonomia dentro da interdependência sistêmica. A cada novo estado existe a possibilidade de comparação entre o estado presente e o imediatamente anterior, e com isso verifica-se o comportamento entre as variáveis, inferindo sobre possíveis mudanças no estado dos lotes geradas pelas novas alocações espaciais no seu entorno imediato. A descrição das ações e a transição entre os estados ao longo do tempo determinam as probabilidades de transição. A probabilidade de transição do lote alocado com o estado i em $n-1$ para o estado j no tempo n , condicionada ao estado dos seus vizinhos adjacentes no tempo $n-1$, é definida como a matriz condicional. O conjunto das probabilidades condicionais gera uma matriz quadrada composta pelo número de estados tipológicos possíveis no sistema ao quadrado ($N_{\text{estados dos lotes em } n+1} \times N_{\text{estados dos vizinhos em } n}$). A partir dessa matriz são obtidas as regras de transição do sistema, que posteriormente serão utilizadas para a espacialização e exploração dos padrões espaço-temporais. Obtém-se a probabilidade condicional do lote em relação ao vizinho adjacente através da coletividade do estado tipológico de cada lote no estado i , no tempo $n-1$ para o estado j no tempo n condicionada a tipologia dos seus vizinhos adjacentes também no tempo $n-1$:

$$P_{k\text{viz},ij} = \frac{N_{\text{lotes no estado } i \text{ no ano } n-1 \text{ que tornaram-se } j \text{ no ano } n, \text{ vizinhos de um lote no estado } k \text{ em } n-1}}{N_{\text{de lotes no estado } i \text{ no ano } n-1 \text{ vizinho de um lote no estado } k}} \quad (1)$$

Assim define-se a probabilidade de transição condicional satisfaz à propriedade:

$$\sum_{j \in S} P_{k\text{viz},ij} = 1, \quad \forall i, k \in S \quad (2)$$

2.2 Descrição do sistema espaço-temporal

A região de estudo corresponde ao bairro Santana, na cidade de Porto Alegre - RS-Brasil. A abstração do sistema real apresenta particularidades relacionadas à escala de análise e a natureza do fenômeno, como por exemplo: lotes urbanos com dimensões variadas e variação do número de vizinhos de cada lote. Estas características físicas da área de estudo inviabilizam a manipulação dos dados em uma grelha regular. No caso específico da desagregação espacial da vizinhança no nível do lote, existe uma base variável quanto ao número de vizinhos, com bastante variação ao longo do território, podendo variar entre três a vinte e sete vizinhos em lotes do tipo encravado na quadra. Primeiramente optou-se pela construção de um subsistema em células com dimensões variadas formados pelos lotes e pelos espaços convexos (ruas, avenidas, largas e áreas verdes). A partir da base desagregada em células constroem-se os grafos de vizinhança, utilizando o princípio da adjacência e gerando vários níveis de vizinhança, todos representados por grafos: vizinhos adjacentes do lote na quadra e em um mesmo espaço convexo. A vizinhança local é definida através da união dos dois subsistemas de vizinhança da quadra e do espaço convexo. O grafo geral é configurado a partir de todas as relações de vizinhança

entre lotes, constituída por 806 lotes e suas respectivas vizinhanças, totalizando 3915 adjacências (Figura. 1).

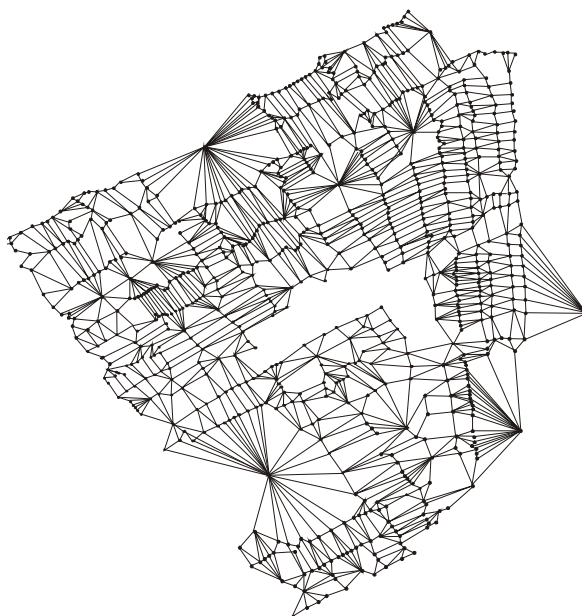


Figura 1 - Grafo Geral do Bairro Santana

O conjunto de estados possíveis dos lotes configura-se a partir de características comuns, definindo o que chamamos de tipologia funcional. O levantamento de dados possui como base principal o cadastro imobiliário da cidade de Porto Alegre de 1986. Neste cadastro estão especificados data de construção e reforma dos imóveis, tipo de atividade desenvolvida no imóvel, tipo de construção, número de pavimentos, área do imóvel e localização no logradouro público. As informações levantadas para cada lote foram: tipo formal, uso e idade do prédio. Com base nestas informações recolhidas a cada corte temporal (décadas). Constroem-se as variáveis de estudo (tipologias funcionais) a partir das dez décadas estudadas, totalizando em onze estados possíveis, são eles: 1 (residencial multifamiliar até 5 pavimentos); 2 (residencial multifamiliar c/mais de 5 pavimentos); 3 (prédio residencial multifamiliar c/ comércio /serviço); 4 (residência unifamiliar); 5 (residência unifamiliar c/ comercio/serviço); 6 (residência c/ duas unidades residenciais no mesmo lote); 7 (comércio/serviço isolado); 8 (prédio de comércio/serviços/escritórios); 9 (prédios especiais como: igrejas, museus, escolas,postos de saúde;10(estacionamentos);11(lote vazio).

Depois de realizada a construção do banco de dados são geradas as matrizes de probabilidade de transição dos estados dos lotes e seus vizinhos entre cada corte temporal. Desta forma constrói-se uma matriz de probabilidade condicional, investigando a relação espaço-temporal, ou seja, a ocupação de um lote por um estado tipológico no presente (t) dependente da ocupação de outros lotes ocupados pela mesma tipologia em relação aos seus vizinhos no período imediatamente anterior (t-1). A dependência espacial refere-se ao estado tipológico do lote em relação ao seu ambiente imediato (vizinhos adjacentes), e a dependência temporal refere-se à sequência das conversões tipológicas em cada lote. A matriz condicional investiga a ação individual e coletiva das variáveis (tipologias funcionais) dentro das unidades amostra (lotes) ao longo do tempo descrevendo padrões comportamentais entre as variáveis e a estrutura espacial (vizinhança local) possibilitando a exploração dos tipos de comportamento envolvidos nas alocações espaciais (competição, cooperação e assimilação entre as unidades de forma construída e atividades). Esta matriz descreve as regras de ocupação de uma mesma tipologia em relação ao ambiente onde se encontra inserida, nesta matriz são avaliadas todas as tipologias umas em relação às outras e em relação aos seus vizinhos, produzindo uma única matriz de 121 x 121. A matriz condicional gerada é bastante ampla, possui informações detalhadas sobre o comportamento das tipologias alocadas nos lotes e as suas vizinhanças. Devido este

fato selecionamos a coletividade tipológica (4) para observarmos o seu comportamento dentro do sistema (Tabela 1).

Tabela 1 - seleção de informações da coletividade (4) da matriz condicional, relativa a década 70 à 2000.

lote/viz	lotest1	lotest2	lotest3	lotest4	lotest5	lotest6	lotest7	lotest8	lotest9	lotest10	lotest11
04:01	0,006	0,001	0,007	0,893	0,001	0,000	0,060	0,010	0,003	0,018	0,000
04:02	0,010	0,016	0,000	0,870	0,005	0,000	0,073	0,016	0,000	0,010	0,000
04:03	0,013	0,006	0,013	0,787	0,000	0,000	0,148	0,013	0,000	0,019	0,000
04:04	0,006	0,004	0,004	0,842	0,010	0,000	0,087	0,027	0,006	0,014	0,000
04:05	0,022	0,000	0,022	0,857	0,000	0,000	0,066	0,033	0,000	0,000	0,000
04:06	0,006	0,013	0,013	0,831	0,000	0,000	0,071	0,019	0,032	0,013	0,000
04:07	0,004	0,004	0,000	0,838	0,015	0,000	0,128	0,008	0,000	0,004	0,000
04:08	0,015	0,000	0,023	0,823	0,015	0,000	0,077	0,038	0,008	0,000	0,000
04:09	0,000	0,000	0,000	0,820	0,000	0,000	0,140	0,030	0,000	0,010	0,000
04:10	0,000	0,095	0,000	0,857	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,000
04:11	0,000	0,008	0,000	0,857	0,015	0,000	0,113	0,008	0,000	0,000	0,000

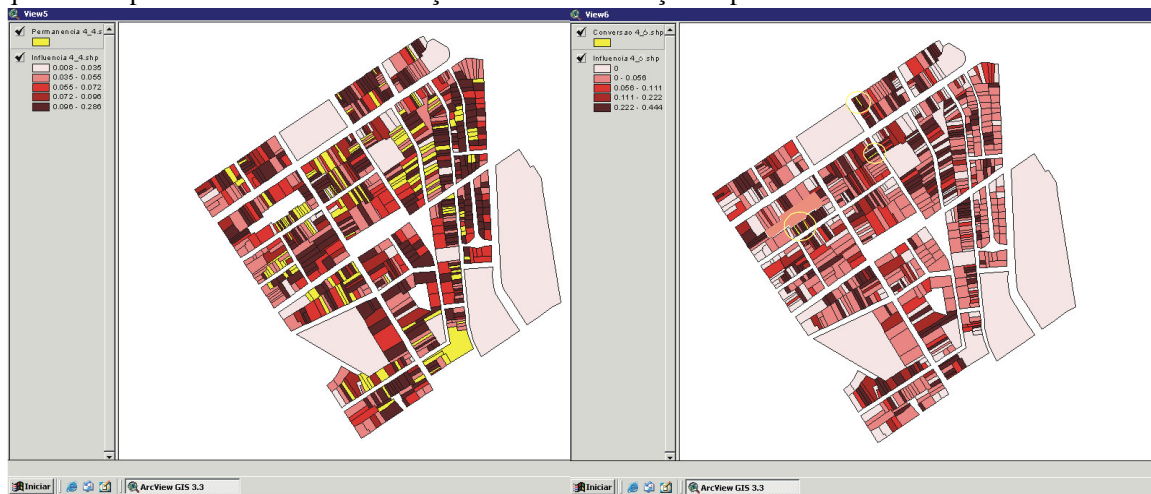
As informações da Tabela 1 são descritas da seguinte maneira: na primeira linha e na primeira coluna o valor 0,006 representa a probabilidade de um lote alocado com a tipologia (4) e com o vizinho adjacente da tipologia (1) no tempo t, converter-se para a tipologia (1) no tempo t+1 possuindo o mesmo vizinho. A coluna 4 é aquela que representa a permanência da tipologia (4), pode observar que ela possui uma maior estabilidade quando possui a tipologia (1), edifício residencial até cinco pavimentos, como vizinho adjacente. A matriz condicional possibilita a obtenção de coerções entre estados tipológicos dos lotes e de suas vizinhanças permitindo a exploração da autonomia de cada ente (lote) em relação ao seu entorno imediato, dependendo do estado em que se encontra no sistema. A autonomia representada pela condicionalidade do estado do lote no tempo t em relação ao seu entorno no tempo t -1 descreve o quanto que cada entorno pode influenciar nas estratégias de alocação e/ou transformação das tipologias funcionais. As probabilidades obtidas na matriz condicional tornam-se regras de transição para a base do tipo celular em um ambiente de GIS, tentando desta forma, suprir a limitação dos modelos do tipo cadeias de Markov que não são capazes de responder as questões relacionadas à localização.

2.2 Espacialização e exploração de padrões espaço-temporais.

Dentre todas as tipologias funcionais, escolhemos a (4) casa, para explorar os padrões, por ser aquela que apresentou o maior número de conversões na década de 90 para 2000, potencializando, assim a exploração do fenômeno locacional. . A etapa de espacialização permite a geração de mapas com a hierarquização do peso dos diferentes tipos de vizinhos (tipologias funcionais) para cada conversão tipológica. Nestes mapas podemos visualizar a homogeneidade ou heterogeneidade de padrões ao redor dos lotes onde de fato ocorreram as conversões, buscando inferir a respeito da potencialização ou não da vizinhança imediata nas conversões da tipologia (4). A seguir apresentam-se os mapas gerados no ArcView onde são demonstrados os locais onde ocorreram as conversões de fato, no ano de 2000, e o peso dos vizinhos para estas conversões. A análise dos mapas que seguem deve considerar apenas os pesos dos vizinhos adjacentes aos lotes demarcados em amarelo em cada mapa apresentado.

A figura 2 (a), a única que analisa as permanências de 4_4, apresenta as permanências de lotes isolados com a tipologia casa em locais onde a vizinhança potencializa a permanência deste uso, e em alguns locais verifica-se a permanência de um conjunto de vários lotes de tipologia 4 em um entorno que favorece essa permanência. Infere-se a partir desta espacialização que o entorno imediato influencia a permanência da tipologia casa. A tipologia casa é a que mais sofre as externalidades de outras tipologias funcionais, seja pela altura ou pela atividade desenvolvida nos seus vizinhos, assim como também é uma das tipologias mais sensíveis ao investimento de novas incorporações imobiliárias, principalmente quando combinadas com outros lotes com a mesma tipologia em um

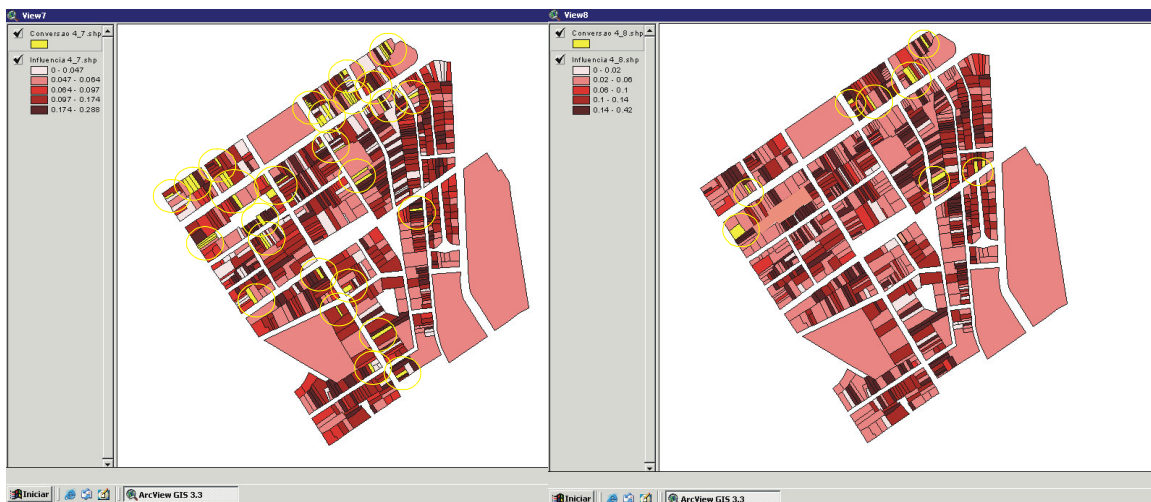
entorno favorável à conversão. A figura 2 (b) apresenta um mapa onde se pode verificar as poucas conversões ocorridas da tipologia 4 para 5 (casa c/comercio ou serviço). Conforme se visualiza elas ocorreram dentro de tipologias funcionais vizinhas mais favoráveis a esta conversão, demonstrando que neste tipo de conversão a vizinhança exerce uma condição importante.



(a)

(b)

Figura 2 – Mapas do potencial das vizinhanças nas conversões da tipologia 4(casa).



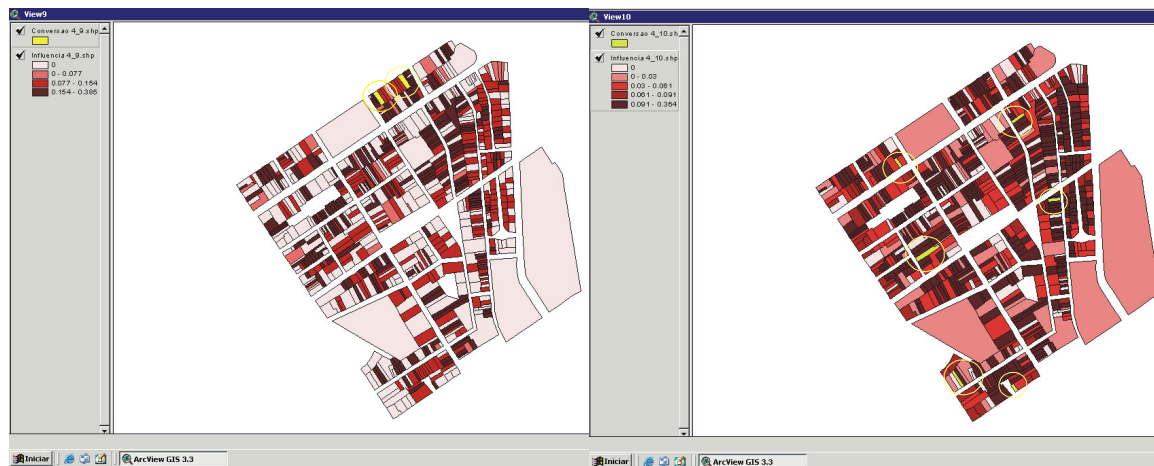
(a)

(b)

Figura 3 – Mapas do potencial das vizinhanças nas conversões da tipologia 4 (casa).

A figura 3(a) apresenta a conversão de 4 (casa) para 7(comercio isolado) quando ocorre em locais de vizinhos tipo (4), potencializa a conversão (7) em processo “dominó” de seus vizinhos imediatos, gerando locais onde ocorreram conversões agrupadas (lotes e vizinhos adjacentes convertidos para tipologia 7), até chegarem em vizinhos adjacentes de borda do conjunto com potencial baixo para esta conversão tipológica. A figura 3 (b) apresenta a conversão de 4 para a tipologia 8 (edifício comércio/serviço) permitindo a verificação dos locais de conversão comparados com o potencial que a vizinhança exerce para esta conversão. Verifica-se que os locais onde ocorreram as conversões possuíam vizinhanças com probabilidades não muito altas para esta conversão, probabilidades medias baixas, o que nos sugere que a tipologia (8) não apresenta um padrão de vizinhança preferencial para localizar-se. Infere-se que este tipo de conversão não esta condicionada ao estado tipológico dos seus

vizinhos imediatos. A espacialização do potencial da vizinhança para as conversões da tipologia (4) para as tipologias (9) e (10) são apresentadas nas figuras 4 (a) e 4(b) respectivamente. Estas figuras demonstraram que as vizinhanças exercem influencia para estes dois tipos de conversões.



(a)

(b)

Figura 4 – Mapas do potencial das vizinhanças nas conversões da tipologia 4(casa).

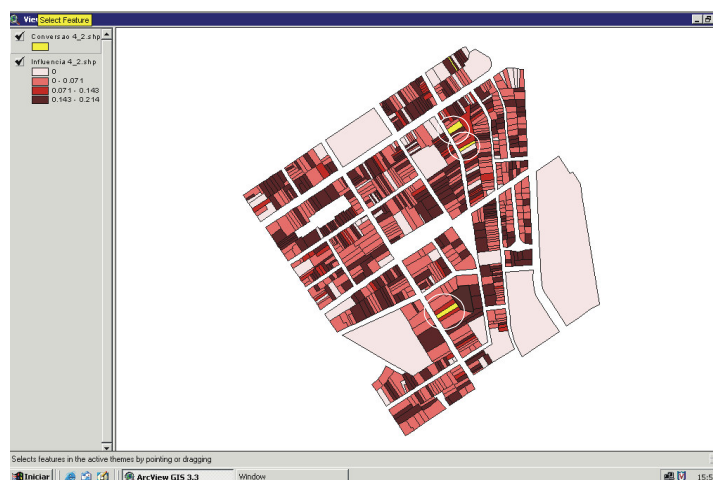


Figura 5 – Mapa do potencial das vizinhanças na conversão da tipologia 4 para tipologia 2 (edifício residencial).

As espacializações das probabilidades condicionais entre as diferentes tipologias para cada conversão possível, permitiram a investigação dos comportamentos competitivo e cooperativo. A exploração do comportamento cooperativo apresenta-se sob o ângulo oposto ao comportamento competitivo, enquanto o primeiro está relacionado à permanência da ambiência tipológica o segundo impulsiona a mudança. Nestes mapas verifica-se que a (7) comércio isolado, tende a converter-se em blocos, isto é quando existe uma conversão tipológica por adaptação sobre a tipologia (4) casa, esta acontece quase sempre em lotes adjacentes. A tipologia (1) edifício até cinco pavimentos tende a manter-se quando se apresentam adjacente, formando conjuntos homogêneos. A tipologia (2) tende a localizar-se em lotes adjacente com mesma tipologia, enquanto que a tipologia (8) e (9) localizam-se de forma totalmente autônoma a rede de vizinhanças. Desta forma a espacialização das probabilidades condicionais permite a geração de potenciais de conversão próprios ao tecido local que estamos explorando. A espacialização apresenta um comportamento competitivo entre as tipologias funcionais dentro de um

recorte espacial típico de quadras de interior diferente daquele que ocorre nas áreas de borda do sistema estudado, que neste caso de estudo é definido por grandes avenidas, com características de pólos de comércio e serviço.

Através da descrição da Complexidade e Entropia do sistema identificamos uma clara estabilização do sistema, supondo que o sistema não receba nenhuma interferência externa, realizamos a extrapolação de estados futuros com a finalidade de verificar por quanto tempo o sistema mantém-se ativo dentro da estabilidade. A extrapolação do estado presente prevê uma convergência no ano de 2120, ou seja, mais doze interações referentes a um corte espacial de dez anos manteriam o sistema em processo de mudança na escala micro-espacial e em estabilidade na escala macro-espacial. A tendência à estabilização do sistema a partir de 2010 (Gráfico 1) demonstra a estacionaridade das taxas de ocupação de cada estado tipológico. Este gráfico apresenta como as taxas de ocupação nos lotes de cada uma das tipologias funcionais ocorreu ao longo da evolução do sistema. O intervalo (1) refere-se à década de 20 e o (9) a década de 2000. Conforme se verifica nesse gráfico a partir de 2010 o sistema entra num estágio de estacionaridade da taxas de ocupação das tipologias funcionais dentro do espaço espacial, onde as tipologias continuam se transformando, mas as taxas ficam fixas. Dentro deste gráfico demarcamos um recorte pontilhado, onde salientamos a representação do comportamento do sistema até a década de 2000.

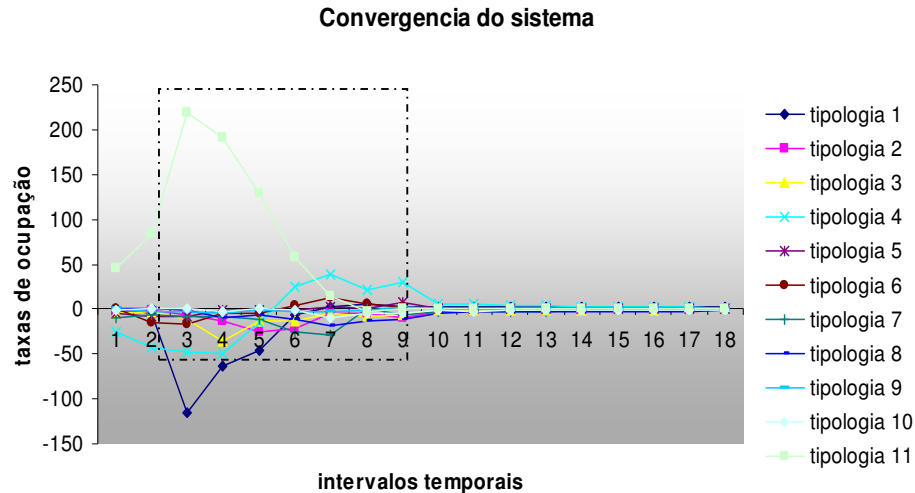


Gráfico 1 - Simulação do comportamento das tipologias ao longo da evolução do sistema.

A extrapolação dos cenários tipológicos até a estabilização sistêmica parte da década de 70 (Gráfico 2). Nesse gráfico as linhas pontilhadas representam os estados simulados e as linhas cheias os estados reais, permitindo uma comparação entre os resultados. A extrapolação demonstra a frequência de cada estado tipológico até a convergência do sistema em 2120. O gráfico demonstra que as tipologias funcionais que mais cresceram no sistema foram: 2 (residencial multifamiliar c/mais de 5 pavimentos), 3 (prédio residencial multifamiliar c/ comércio /serviço), 8 (prédio de comércio/serviços/escritórios),e 10(estacionamentos). A tipologia que apresentou um leve crescimento foi a tipologia 7 (comércio/serviço isolado), enquanto que as tipologias 9 (prédios especiais como: igrejas, museus, escolas,postos de saúde), e 11(lote vazio) mantiveram-se estabilizadas. As tipologias que tiveram a sua frequência reduzida dentro do sistema foram: 1 (residencial multifamiliar até 5 pavimentos), 4 (residência unifamiliar), 5 (residência unifamiliar c/ comercio/serviço), e a 6 (residência c/ duas unidades residenciais no mesmo lote). O objetivo destas extrapolações é justamente demonstrar a característica do sistema de conter o conjunto de todos os estados anteriores no estado presente, e a capacidade endógena do sistema em transformar-se buscando a minimização das externalidades de vizinhança configurando a sustentabilidade sistêmica.

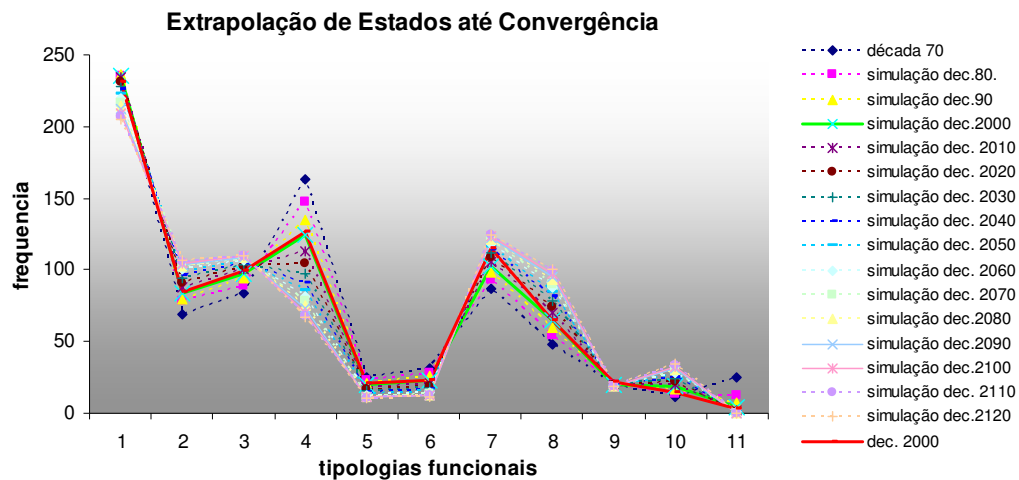


Gráfico 2 - Extrapolação dos estados até o ano 2120 (quando o sistema estabilizaria).

Através da análise dos tempos médios de recorrência observa-se que algumas tipologias funcionais são “escravizadas” por outras devido à sua maior autonomia dentro do sistema. As tipologias identificadas como as de maior autonomia dentro do sistema são as tipologias (2), (3) e (8), definidas respectivamente por: edifício com mais de cinco pavimentos, edifício misto e edifício de comércio e serviços. Estas tipologias apresentam os menores tempos de recorrência e as maiores probabilidades estacionárias. Este resultando configura um cenário onde as tipologias de maior potencial de ocorrência dentro do sistema também são aquelas que depois de alocadas nos lotes possuem as maiores probabilidade de permanência, sofrendo somente em algumas situações isoladas dentro do sistema, ações do tipo adaptativas como: a tipologia (2) sofrendo adaptação funcional para a tipologia (3) e a tipologia (8) sofrendo adaptação funcional para a tipologia (7). Estas tipologias de maior autonomia dentro do sistema escravizam o seu entorno imediato uma vez que tendem a permanecer alocadas interferindo nas conversões dos lotes vizinhos, definindo a convergência de todo o sistema para um estado totalmente estável. Este argumento pode ser verificado no gráfico da figura 9, onde verificamos através das extrapolações que as tipologias que continuam crescendo dentro do sistema são justamente as tipologias (2), (3) e (8), levando o sistema à estabilização.

3 CONCLUSÕES

A investigação do fenômeno locacional através do modelo tipo markoviano consegue descrever e prever o processo macro-espacial de transformação das unidades de forma construída dentro de intervalos de tempo definidos pelos estágios evolutivos do sistema. Na predição de estados futuros torna-se importante definir o estágio evolutivo no qual se encontra o sistema espaço-temporal, uma vez que o sistema vai rebatendo e acumulando toda a sua história no estado presente. A investigação verificou um comportamento estocástico do tipo markoviano depois do período inicial da urbanização do sistema, quando então, o estado futuro depende do estado presente, estabelecendo relações de interdependência espaço-temporal. O comportamento acumulativo do processo de alocação e a característica lenta do processo com uma clara tendência a estabilização dos estados nos lotes, torna o primeiro estado alocado em cada lote juntamente com o seu entorno imediato um claro direcionador do conjunto de possibilidades de conversões futuras.

Neste último estágio todos os lotes já foram ocupados no mínimo por dois estados tipológicos, ou seja, uma conversão, e as vizinhanças encontram-se configuradas a partir das relações de preferências locacionais. Este cenário demarca a importância da primeira conversão tipológica, pois dependendo do estado alocado no lote e nos seus vizinhos imediatos se definirão as possibilidades de conversão futuras. Estas definições são obtidas a partir da análise do tipo de estados recorrentes e absorventes dentro do sistema ao longo do processo de urbanização, compondo o cenário presente a partir do cenário anterior, que por sua vez contém o estado que o precedeu. Desta forma o sistema vai rebatendo e acumulando toda a sua história no estado presente, compondo o conjunto de possibilidades de conversões na matriz de transição presente.

As tipologias (2), (3) e (8), entendidas como as de maior autonomia dentro do sistema, apresentam também uma maior diversidade de possibilidades de vizinhança para alocarem-se, não apresentando uma dependência da vizinhança local, ou seja, não sofrem externalidades das outras tipologias funcionais. Esta característica aliada a altas probabilidades de permanência nos lotes e ao fato de exercerem externalidades nas demais tipologias funcionais configurando um comportamento de escravização. Define-se então, que o lote ocupado por uma tipologia funcional com um maior número de possibilidades de conversão para outras tipologias e o mais independente da vizinhança imediata, possui uma maior autonomia no sistema em relação a outro que possui uma única possibilidade de conversão e uma preferência restrita de tipos de vizinhos adjacentes. Por outro lado, sob o foco da auto-organização e regulação sistêmica podemos inferir que quando determinada tipologia funcional possui uma restrita possibilidade de conversão e uma grande probabilidade de permanência dentro do sistema exerce um domínio sob o comportamento das outras tipologias funcionais do sistema gerando como consequência a sustentabilidade dos padrões espaços temporais das vizinhanças até a estabilização do cenário urbano.

A exploração dos padrões espaciais realizadas através do piloto de espacialização das probabilidades de transição obtidas a partir de um modelo descritivo baseado em cadeias de Markov mostrou-se promissor, pois o modelo proposto procurou utilizar as facilidades operacionais oferecidas pelos modelos markovianos aliadas ao potencial de espacialização discreta das alocações espaciais dos programas de geoprocessamento. A partir das explorações realizadas e dos resultados obtidos através da aplicação do modelo proposto em um recorte espaço-temporal real acredita-se no potencial do instrumento. O instrumento proposto poderá auxiliar como apoio no planejamento e no gerenciamento da qualidade do ambiente urbano, uma vez que futuras sofisticações sejam realizadas, como a automatização de procedimentos, e inserção de novas variáveis.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P. et al. Towards a new synthesis in the modelling of evolving complex systems, Environment & Planning B vol 12, 1985.

ATLAN, H. L'organisation biologique et la théorie de l'information, Paris, d Hermann, 1972.

BATTY & LONGLEY. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function. Academic Press limited, 1994

BATTY, M. Cities and Complexity, MIT Press, London, 2005.

CONSTANTINOU, E. KRAFTA, R. Cidades brasileiras, seu controle e o caos. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2000. p. 405-420

CONSTANTINOU, E. KRAFTA, R. Built form change: randomness and emergence of space-time patterns [recurso eletrônico]. In: International Seminar on Urban Form (14: 2007: Ouro Preto, MG) Urban morphology in a global era [recurso eletrônico]. Ouro Preto : UFMG, p. [1-17] : il.

DENDRINOS, D. & SONIS, M. (1990) Chaos and socio-spatial dynamics; New York, Springer-Verlag

HAKEN, H. & PORTUGALI, J. A synergetic approach to the self-organization in cities and settlements. Environment & Planning B, vol 22, 1995.

HAYKIN, SIMON. Redes Neurais: Princípios e Práticas, trad. Paulo Martins Engel. – 2ed. – Porto Alegre : Bookman, 2001.

HAKEN, H. Synergetics, an introduction; Berlin: Springer, 1983.

KRAFTA, R. Spatial self-organization and the construction of the city. Paris: www.cybergo.fr (International workshop on self-organization), 1998.

PORTUGALI, J. BENENSON, I. OMER, ISpatial Dissonance And Sociospatial Emergence In Self-Organizing City; Environment & Planning B Vol 24, 1997.