

# Modelagem da dinâmica espacial urbana de Americana-SP no período entre 2000 e 2005

Gracieli Trentin<sup>1</sup>  
Maria Isabel Castreghini de Freitas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista - UNESP/IGCE  
CEP 13506-900 – Rio Claro - SP, Brasil  
gracitrentin@yahoo.com.br; ifreitas@rc.unesp.br

**Abstract.** Americana municipality located at São Paulo State is characterized by intense urban occupation. As a consequence, there are little areas destined to urban growth. In order to identify and analyze the urban dynamic of this municipality among 2000 – 2005 was used the spatial dynamic modeling by means of the cellular automata model (CA). As inputs of this model were used land use and explicative variables maps of period considered. The modeling procedure was carried out by DINAMICA EGO software which involved the calibration, simulation and validation phases. On this phases were defined the parameters and statistical tests to be used on simulation process. In relation to spatial configuration of urban area showed at scenario of 2000, it was observed that Americana show a peripheric urban growth in the simulation period. As regards to simulations of scenario of 2005 was observed a significant similarity with the real scenario, in other words, the patches created by simulation corresponded with the land use transitions identified on this period. In this way, the modeling represents a powerful toll to contribute for the local urban planning, especially in relation to scenario simulated (tendencies and hypothesis) which might subsidize decisions to planning the urban growth on restricted expansion areas.

**Palavras-chave:** spatial dynamic modeling, urban growth, urban planning, cellular automata, modelagem dinâmica espacial, crescimento urbano, planejamento urbano, autômato celular.

## 1. Introdução

As cidades refletem os processos econômicos, ambientais, tecnológicos e sociais, bem como suas mudanças, ainda que todos estejam intensamente vinculados à dinâmica da estrutura espacial urbana por si mesma (Herold et al., 2003). O acelerado crescimento das cidades nas últimas décadas tem motivado preocupações relacionadas a sua gestão e ordenamento a fim de alcançar a sustentabilidade em seu uso e ocupação.

O desenvolvimento das técnicas de mapeamento, em decorrência do avanço computacional, possibilitou a maior disponibilidade de dados e informações sobre o espaço geográfico, como os resultantes do Sensoriamento Remoto, e conseqüentemente, novos caminhos foram abertos nas pesquisas relacionadas à análise da informação espacial, sobretudo na área de modelagem de dados de mudanças espaciais, a qual embora ainda se mostrasse incipiente, começava a instigar muitos pesquisadores.

Cada vez mais, os modelos procuram representar os fenômenos do espaço de forma atrelada com a realidade, uma vez que são considerados sistemas complexos com propriedades geográficas, tais como cidades e sistemas ecológicos e usualmente envolvem processos espaciais e temporais, difíceis de serem embutidos nas propriedades do SIG.

Um modelo é constituído de pelo menos três elementos: variáveis, relacionamentos e processos. Ao construí-lo, dependendo do objetivo, pode-se enfatizar a um ou outro desses elementos. Dessa forma, os modelos podem ser classificados em empíricos quando focalizam os relacionamentos entre suas variáveis e partem da suposição de que as relações observadas no passado continuarão no futuro; e de sistemas, os quais correspondem a descrições matemáticas de processos complexos que interagem entre si, com ênfase às interações entre todos os componentes de um sistema (Lambin, 1994).

Já a modelagem é definida por Soares-Filho (1998), como sendo o procedimento de construção de modelos, ou seja, à representação de um sistema. Com esse intuito define-se um conjunto de hipóteses ou predições, as quais poderão ser comparadas com medidas do mundo real. Assim, o modelo será aceito, rejeitado ou modificado somente após a comparação entre o

resultado gerado e o observado, para novamente ser testado.

Os modelos urbanos, conforme Almeida, Monteiro e Câmara (2005), surgiram com caráter quantitativo, sendo desvinculados de recursos que viabilizassem a representação espacial dos resultados. Os primeiros modelos, desenvolvidos nas décadas de 1940 e 1950, inicialmente nos EUA, consideravam o crescimento urbano como um todo, ou seja, integravam os aspectos de uso da terra, planejamento e transportes, loteamentos, mercado de trabalho, entre outros. Dessa forma, avanços na forma de representação espacial ocorreram somente no final dos anos de 1980, quando modelos de autômatos celulares (AC) começaram a ser utilizados em larga escala.

De modo geral, os AC constituem-se de um arranjo n-dimensional de células e o estado de cada célula dependerá de seu estado anterior e de um conjunto de regras de transição, de forma que sejam atualizadas simultaneamente em passos de tempo discretos (Soares-Filho et al., 2003), além da dinâmica de interação entre as células que compõem o modelo ser guiada por um algoritmo conhecido como regra local dos autômatos.

Os modelos AC possuem aplicações nas mais diversas áreas, desde a física teórica e empírica até nas mudanças de uso e cobertura da terra, na engenharia e no controle de tráfego, na disseminação de epidemias, na biologia comportamental, nas áreas de matemática, arquitetura, simulação e jogos (Almeida, 2003; Soares-Filho et al., 2003).

A partir da concepção de modelagem dinâmica espacial e, sobretudo de sua contribuição para ações e políticas voltadas ao planejamento urbano propôs-se a utilização de um modelo de AC, embutido no software de simulação DINAMICA EGO para identificar e analisar a dinâmica urbana do município de Americana-SP, entre o ano de 2000 até o ano de 2005.

O rápido processo de expansão urbano-industrial que caracterizou Americana e conferiu-lhe um caráter predominantemente urbano, bem como as restrições quanto ao seu espaço territorial que apontam poucas áreas remanescentes para a futura ocupação urbana, foram os fios condutores para a concretização desta tentativa de modelagem do crescimento urbano, e, posteriormente, para subsidiar a verificação de possíveis tendências futuras.

O município de Americana está inserido na região centro-leste do estado de São Paulo (Figura 1), integrando a região metropolitana de Campinas-SP, ocupa uma área de 140 km<sup>2</sup> e sua população, conforme o IBGE (2007) é de 199.094 habitantes. O seu relevo apresenta características suaves, preponderando colinas amplas e médias, predominantemente convexas, com topos extensos e aplainados, e vertentes com perfis retilíneos, que resultam em elevações de encostas suaves e vales abertos (Lima, 1997; IG, 1996). As altitudes variam de 500 a pouco mais de 650 metros e as declividades predominantes no município estão entre 5 e 12%.

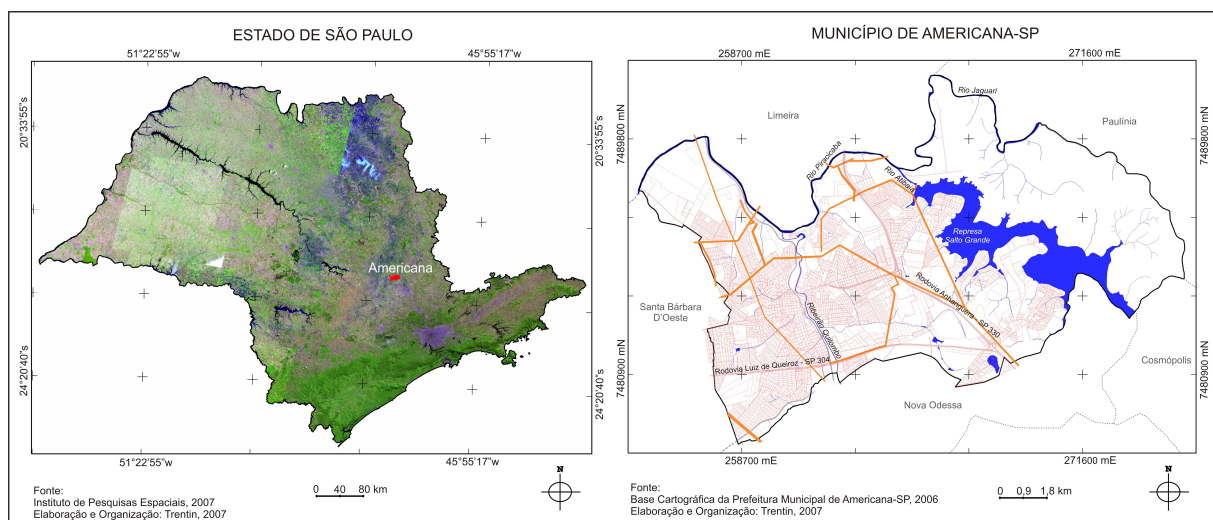


Figura 1 – Localização do município de Americana no estado de São Paulo.

## 2. Metodologia de trabalho

Para a modelagem dinâmica espacial do cenário urbano de Americana foram utilizados os seguintes materiais e softwares:

- Representação do uso da terra para o ano de 2000, cuja identificação obteve-se a partir de fotografias aéreas coloridas, na escala 1:30.000, cedidas pela Prefeitura Municipal de Americana;
- Representação do uso da terra para o ano de 2005, identificado a partir de imagens obtidas no software Google Earth, em escala 1:800, definida no próprio software. Ressalta-se que a cobertura dessas imagens para Americana compreendia três datas distintas (2005, 2006 e 2007), no entanto, a maior abrangência espacial referiu-se ao ano de 2005;
- Representações de variáveis espaciais que pudessem explicar as mudanças de uso da terra ocorridas no período entre 2000 e 2005. Assim, foram definidas como variáveis a hidrografia, as estradas de rodagem, a hipsometria, a declividade, entre outras;
- SIG Spring 4.2 que concentrou o banco de dados do município. Neste SIG procedeu-se ao georreferenciamento das fotografias aéreas e imagens a partir da base cartográfica do município na escala 1:10.000. Após, realizou-se a vetorização em tela das classes temáticas e sua associação às cores, obtendo-se assim as representações cartográficas do uso da terra;
- SIG ArcGIS 9.0, onde foram preparados os produtos cartográficos de entrada para o software de simulação, ou seja, adequação das características de resolução espacial (10x10 m), formato matricial e projeção. A etapa de edição final das representações correspondentes aos resultados obtidos também foi realizada neste SIG;
- Software de simulação DINAMICA EGO, desenvolvido por Soares-Filho et al (1998, 2002) e Rodrigues et al. (2007), que constitui um modelo de simulação espacial do tipo AC, utilizado como um instrumento de investigação da trajetória de paisagens e da dinâmica de fenômenos espaciais pelo fato de ser um modelo genérico de mudanças. O DINAMICA EGO é composto por operadores que atuam sobre um conjunto de dados de entrada produzindo um novo conjunto de dados como saída (Rodrigues et al., 2007).

Os mapas de uso da terra de Americana, resultantes de uma classificação mais detalhada com base na proposta de Anderson et al. (1979), passaram por uma generalização para que pudessem subsidiar a modelagem. Dessa forma, foram consideradas apenas cinco classes temáticas, sendo elas: residencial, industrial, comercial e serviços, represa e *não-urbano* (toda a área externa a mancha urbana).

A generalização das classes de uso da terra foi necessária, pois, de acordo com Batty et al. (1999), o modelo torna-se cada vez mais complexo quando um maior número de atividades distintas é considerado, e essas detêm, invariavelmente, uma regra própria que está associada ao desenvolvimento especificado a partir de vários parâmetros.

Para a etapa de modelagem desta pesquisa adotou-se o método de pesos de evidências baseado no teorema da probabilidade condicional de Bayes, que se refere à disposição de um evento ocorrer - ou no caso, a mudança de um uso da terra - em face da ocorrência passada de outro evento, o qual pode ter sido uma evidência ou uma variável explicativa (Bonham-Carter, 1994; Almeida, 2003). Tal variável deve ser independente para que possa efetivamente explicar uma transição de uso da terra, assim foram utilizados o Índice de Cramer (V) e a Incerteza de Informação Conjunta (U) conforme proposta de Almeida (2003) e Bonham-Carter (1994).

Ambos os índices verificam a independência entre pares de mapas de variáveis explicativas do modelo a partir da matriz de transição ou tabulação cruzada. Tais índices variam de zero (0) a um (1), segundo Bonham-Carter (1994), os valores inferiores a 0,5 para ambos os índices supracitados sugerem menos associação do que mais entre as variáveis.

A partir dessa orientação, passou-se às fases de calibração do modelo, que compreendeu uma série de testes para então gerar os cenários simulados da área urbana de Americana em

2005 e, por fim, à validação do modelo. Toda essa etapa foi desenvolvida no ambiente do software DINAMICA EGO, por meio de seus operadores.

Inicialmente obteve-se a matriz de transição, a qual identificou as transições de uso da terra ocorridas no intervalo de tempo considerado. Os testes de calibração – seleção do melhor conjunto e variáveis espaciais, definição dos intervalos e dos pesos de evidências – foram realizados por tentativa e erro, conforme trabalhos desenvolvidos com este mesmo modelo de simulação (Almeida, 2003; Godoy, 2004). É interessante destacar, a aleatoriedade das simulações produzidas em cada execução do modelo, mesmo sem a alteração de qualquer parâmetro do modelo.

Já a etapa de validação, referiu-se ao cálculo dos mapas de diferença e similaridade entre os mapas do período simulado. As diferenças indicam as distinções entre os mapas de uso final e inicial, ambos reais e entre os mapas de uso final simulado e inicial real. Já as similaridades referem-se à relação entre os mapas de uso real e simulado, comparando-os a partir da localização das células que compreendem as classes de uso. Essa etapa foi realizada a partir da medida de similaridade fuzzy proposta por Hagen (2003) e adaptada por Rodrigues et al. (2007) no DINAMICA EGO. O teste de similaridade fuzzy é baseado no conceito de *fuzziness of location*, no qual a representação de uma célula é influenciada por si mesma e em menor extensão pelas células vizinhas (Hagen, 2003). A similaridade varia de zero (0) a um (1), quanto mais próximo de (1), maior será a similaridade entre o mapa simulado e o mapa real final do período.

### 3. Resultados e discussão

O município de Americana apresentou acelerado crescimento ao longo do século XX, no entanto nas últimas décadas passou a predominar o uso urbano em seu território. A localização espacial e o destacado desenvolvimento na indústria têxtil, com auge entre as décadas de 1960 e 1980, tiveram significativa participação em sua configuração urbana. Esse cenário de intensa urbanização, restando poucos espaços para o crescimento da cidade, tende a preocupar planejadores e administradores locais, que enfrentam o desafio de encontrar alternativas viáveis de planejamento urbano para um espaço restrito, sobretudo a oeste da represa Salto Grande, onde se concentra a mancha urbana (Figura 2).

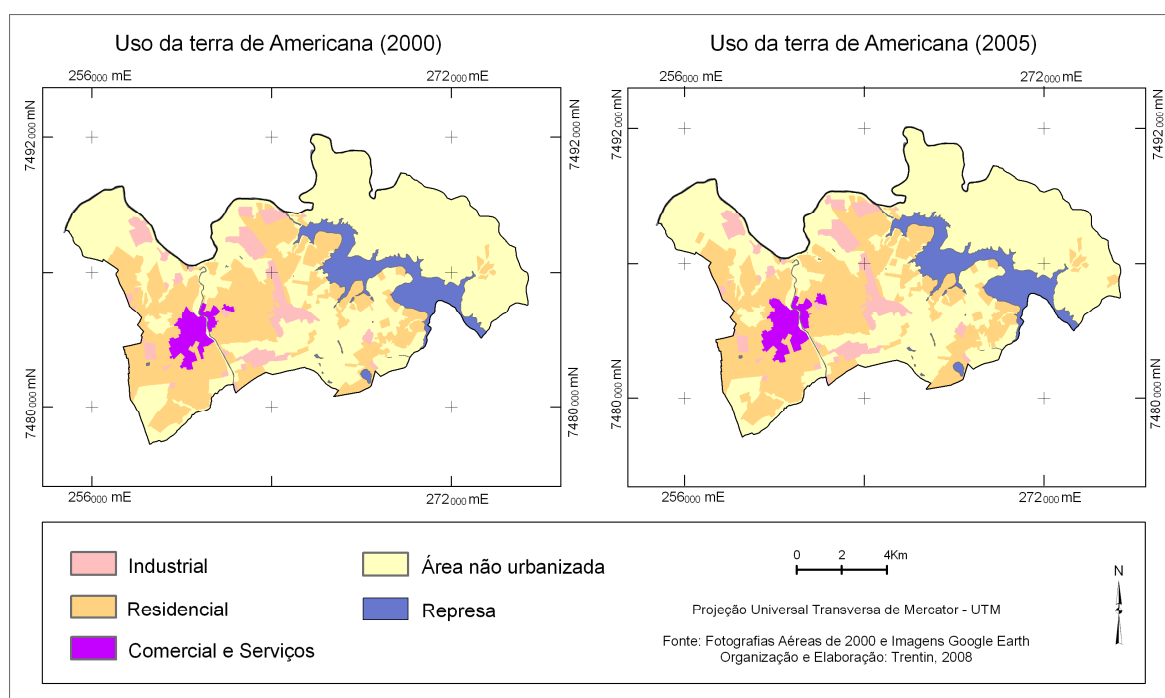


Figura 2 - Mapas de uso da terra de Americana em 2000 e 2005.

Na Figura 2 é possível verificar que na primeira metade da década em curso (2000 a 2005), Americana indica continuidade na expansão e ocupação de seu espaço ainda não-urbanizado, restringindo ainda mais as áreas disponíveis para o crescimento. No entanto, este crescimento tende a ser periférico.

A partir dos mapas de uso da terra inicial (2000) e final (2005) foi calculada a matriz de transição para o período, que corresponde a uma tabulação cruzada (cruzamento) entre esses mapas no software de simulação, especificando-se o intervalo de tempo, no caso de cinco anos. A matriz de transição evidenciou três transições de uso da terra para o período, com valores percentuais de transição ao ano conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Transições anuais de uso da terra de Americana no período de 2000-2005.

<i>Transição de uso da terra</i>	<i>% de transição (anual)</i>
Residencial para comercial e serviços	0,20
Não-urbano para residencial	0,42
Não-urbano para industrial	0,02

Em decorrência da identificação de tais transições de uso da terra buscou-se a melhor associação possível entre as variáveis espaciais disponíveis e as transições existentes, para assim explicar as mudanças ocorridas no espaço de Americana. A Tabela 2 apresenta o melhor conjunto de variáveis associado a cada uma das três transições, obtido após vários testes. A partir dessa combinação de variáveis foram calculados os intervalos dos pesos de evidência, que corresponderam às faixas de distância para cada uma das variáveis espaciais, e em seguida, os coeficientes de pesos de evidência. Estes procedimentos foram realizados por modelos (*scripts*) ou estruturas de operadores, no DINAMICA EGO.

Tabela 2 – Variáveis selecionadas para cada transição de uso da terra entre 2000 e 2005.

<i>Variáveis explicativas</i>	<i>Residencial para comercial e serviços</i>	<i>Não-urbano para residencial</i>	<i>Não-urbano para industrial</i>
<i>Distâncias à hidrografia</i>		X	
<i>Distâncias às estradas de rodagem</i>		X	X
<i>Hipsometria</i>	X		X
<i>Declividade</i>	X	X	
<i>Distâncias às áreas residenciais</i>		X	
<i>Distâncias às áreas industriais</i>	X	X	X
<i>Distâncias à área comercial e serviços</i>	X	X	

Os coeficientes indicam a favorabilidade de cada variável em explicar a transição a qual está associada. Assim, pesos positivos favorecem a transição, negativos tendem a desfavorecer e pesos iguais a zero não representam influência.

Conforme a metodologia, a independência entre as variáveis foi testada por meio dos índices de Cramer e a Incerteza de Informação Conjunta. Ambos os índices indicaram valores aceitáveis de acordo com Bonham-Carter (1994), ou seja, inferiores a 0,5.

O melhor conjunto de variáveis possibilitou proceder aos testes de simulação no DINAMICA EGO, que resultaram nos cenários simulados para 2005. Assim, foram definidos os parâmetros de transição do operador *patcher* – algoritmo do DINAMICA que se refere à criação das manchas de uso da terra. Tais parâmetros também foram definidos após uma seqüência de testes para verificação dos resultados. A Tabela 3 traz os parâmetros de transição que originaram a Simulação 1 da Figura 4.

Em face da aleatoriedade nos resultados do simulador optou-se em apresentar mais que um cenário simulado para 2005 (Figura 4), considerando-os como os melhores cenários obtidos para o período. A partir deles, podem ser verificados acertos quanto à localização das manchas correspondentes às transições de uso. Todavia, as manchas não se assemelham às

dimensões e características do mapa real, visto que a modelagem se propõe a obter tendências e padrões e não a reprodução fiel da realidade, conforme Almeida (2003).

Tabela 3 – Parâmetros de transição do uso da terra no período de 2000-2005: Simulação 1.

Parâmetros	Tamanho médio (ha)	Variância (ha)	Isometria
Residencial para comercial e serviços	8,0	4,0	2,0
Não-urbano para residencial	8,0	1,0	1,5
Não-urbano para industrial	6,0	0,0	2,0

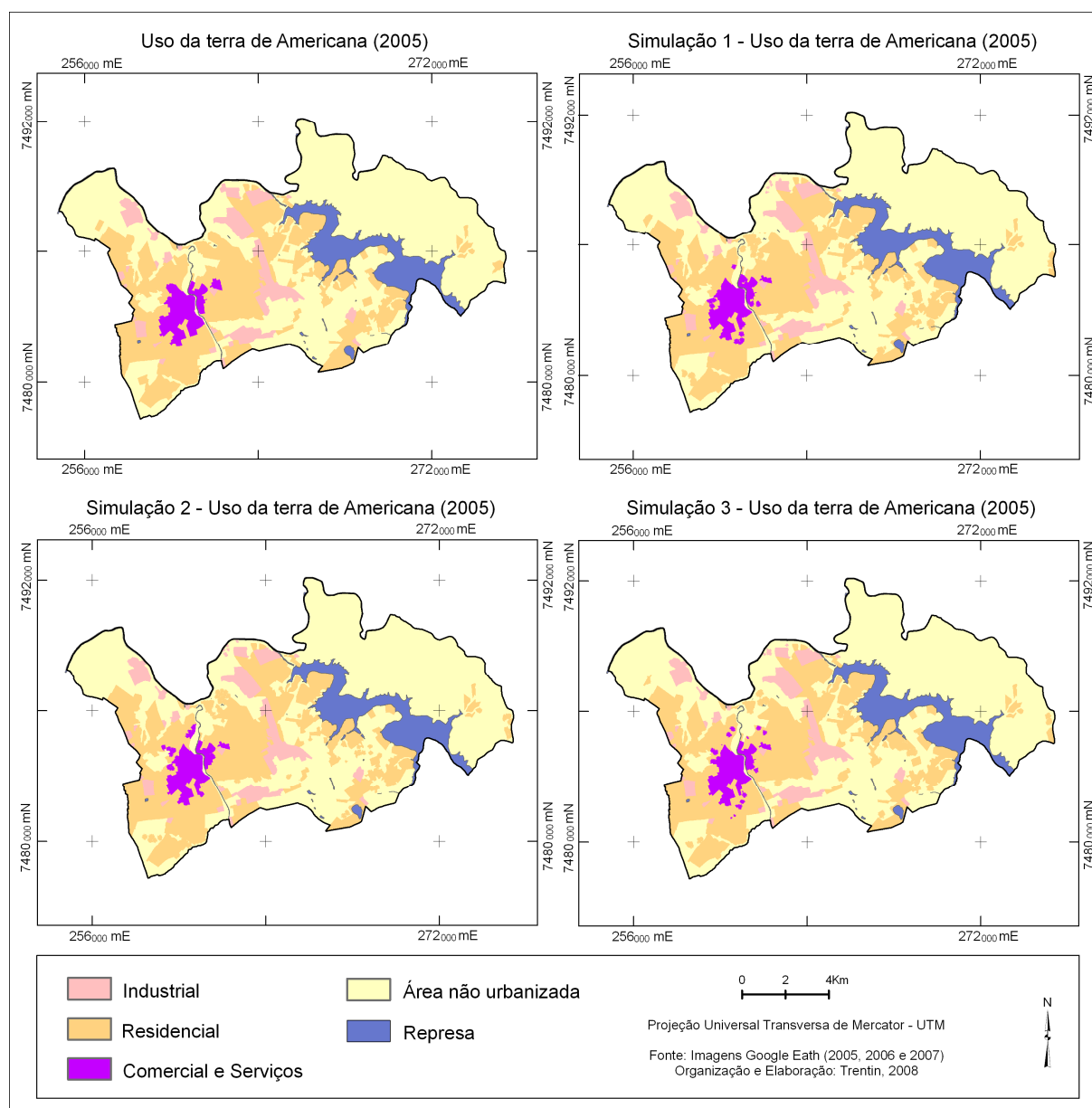


Figura 4 – Simulações para o cenário de uso da terra de Americana (2005).

A validação do modelo apontou que a modelagem para o cenário de 2005 conseguiu acertar boa parte das transições, ao serem considerados os aspectos locacionais das mudanças. Na Tabela 4 são apresentados dois valores de similaridades, isto porque são realizadas duas relações de similaridade, uma do mapa real para o mapa simulado e outro do mapa simulado para o mapa real, o que em uma análise mais detalhada permite apontar os erros de comissão e omissão da simulação. Verifica-se a pequena diferença de similaridade entre os cenários, ou seja, houve um maior equilíbrio entre as manchas geradas e aquelas que efetivamente

ocorreram no cenário real - equilíbrio entre os erros de comissão e omissão.

Para simples verificação considera-se o menor valor de similaridade, no caso desta pesquisa a similaridade média obtida foi de 30%. Este resultado, tendo em vista a aplicação da modelagem em uma área urbana, é satisfatório, em face das grandes alterações e também da escala em que as mudanças espaciais urbanas ocorrem. No entanto, tal resultado pode ser superado com a inserção de novas variáveis espaciais no modelo, que possam contribuir para a explicação das transições de uso identificadas no período.

Tabela 4 – Similaridades para as simulações do cenário de uso da terra de Americana (2005).

	1ª similaridade (%)	2ª similaridade (%)
<i>Simulação 1</i>	34,03	30,26
<i>Simulação 2</i>	36,21	32,19
<i>Simulação 3</i>	30,61	27,99

A partir das mudanças de uso da terra, foi identificado um pequeno percentual de crescimento na transição de uso residencial para comercial e serviços, nesse período. Pode-se dizer que tal fato esteve vinculado, de alguma forma, com a distância das áreas industriais e, em menor grau, com as condições físicas da área central, onde predominam pequenas altitudes e baixos declives; no entanto, o espraiamento do centro comercial é uma tendência das cidades, correspondente ao maior crescimento do setor terciário. Nesse sentido, uma alternativa para a atividade comercial e de serviços de Americana, considerando-se seu desenho urbano tentacular (esparso), poderia estar se caracterizando pela descentralização em direção aos eixos viários, visando aproximar-se de novos consumidores.

A dinâmica urbana para o cenário de 2005 registrou apenas uma área de alteração na transição *não-urbano para industrial*, cuja ocorrência situa-se exatamente no distrito industrial. Dessa forma, o principal elemento associado a tal alteração foi a proximidade com a rodovia Anhangüera e com outros estabelecimentos industriais.

Já a transição de áreas não-urbanizadas para uso residencial pontuou todo o espaço de Americana, uma vez que, no cenário de 2005, a dinâmica urbana foi influenciada pela distância das próprias áreas residenciais, as quais determinaram a expansão periférica das manchas urbanas. Além disso, essa transição teve como forças direcionadoras nesse período a distância em relação às áreas industriais, cuja influência ainda resultou na efetivação de loteamentos, embora em menor escala; as distâncias a partir da área central; da rede hidrográfica, principalmente nas proximidades da represa, bem como, da rede viária do município, que tendem a impulsionar a ocupação urbana de suas margens.

Com base na calibração do modelo de simulação para o cenário final de uso da terra do período entre 2000 e 2005, é possível obter cenários simulados para o curto ou até médio prazo. Nesta perspectiva, a modelagem vem ocupar um espaço importante no planejamento urbano, como ferramenta que subsidia a previsão de impactos derivados de obras de engenharia ou mesmo quais seriam as alterações na dinâmica espacial urbana se mantidas as características observadas ao longo do tempo.

Assim, podem-se elaborar cenários de tendência para o crescimento urbano mantendo-se as características do período recente ou mesmo simular cenários com base em hipóteses, inserindo-se elementos espaciais novos de acordo com os objetivos propostos, como por exemplo, vias de circulação. Recomenda-se, entretanto, considerar-se um curto espaço de tempo – curto e médio prazo – em razão da intensa dinâmica espacial das áreas urbanas.

#### 4. Conclusões

A dinâmica urbana de Americana no período entre 2000 e 2005, apresentou crescimento periférico, em decorrência do predomínio das áreas urbanizadas que advém de épocas anteriores. A utilização de metodologia vinculada à modelagem dinâmica espacial mostrou-se

satisfatória para esta área urbana. Contudo, salienta-se que a inserção de novas variáveis espaciais ao modelo, especificamente direcionadas às transições de uso da terra existentes, poderia contribuir para a obtenção de cenários com maior similaridade. Dessa forma, a utilização do modelo para a simulação de cenários de prognóstico também seria beneficiada.

Por fim, a utilização da modelagem dinâmica vem reforçar a possibilidade de utilização dessa ferramenta de análise espacial por parte de planejadores e administradores, no sentido de procurar as melhores alternativas para o ordenamento e crescimento da mancha urbana, de modo a distribuir adequadamente a infra-estrutura básica da cidade.

## 5. Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo), processo n°. 06/54766-0.

## 6. Referências Bibliográficas

Almeida, C. M. de. **Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP), Brasil**. 2003. 351f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

Almeida, C. M. de; Monteiro, A. M. V.; Câmara, G. Modelos de Simulação e Prognósticos de Mudanças de Uso do Solo Urbano: Instrumento para o Subsídio de Ações e Políticas Públicas Urbanas. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 11., 2005, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPUR, 2005. Não paginado.

Batty, M. et al. Modeling urban dynamics through GIS-based cellular automata. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 23, p. 205-233, 1999.

Bonham-Carter, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS**. Ontario: Pergamon, 1994.

Godoy, M. M. G. **Modelagem da dinâmica de ocupação do solo no Bairro Savassi, Belo Horizonte, Brasil**. 2004. 99f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

Hagen, A. Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. **International Journal Geographical Information Science**, v. 17, n. 3, p. 235-249, 2003.

Herold, M. et al. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. **Remote Sensing Environmental**, v.86, p. 286–302, 2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Contagem Populacional de 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em <<http://www.ibge.gov.com.br>> Acesso em 20 de janeiro de 2008.

Instituto Geológico. IG. Diagnóstico do meio físico da média bacia do rio Piracicaba para fins de gestão ambiental. **Boletim 13**, 1996.

Lambin, E. F. **Modeling Deforestation Processes - A Review**, Trees series B: Research Report . European Commission, Luxembourg, 1994.

Lima, R. H. C. **Configuração geológico-geotécnica da região de Americana-SP, utilizando sondagens à percussão de simples reconhecimento**. 1997. 115f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1997.

Rodrigues, H. O. et al. Dinâmica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. p. 3089-3096.

Soares-Filho, B. S. **Modelagem da dinâmica de paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica**. 1998. 299f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

Soares-Filho, B. S. et al. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217-235, 2002.

Soares-Filho, B. S. et al. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular. In: Albernaz, A. L. et al. (Ed.). **Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais**. S/I: Editora Museu Paraense Emílio Goeldi, 2003. p., 1-16.