

# Modelagem espacial da expansão da mancha urbana de Mateus Leme/MG

Elaine Lopes da Costa  
(Programa de Pós-Graduação em Análise  
e Modelagem de Sistemas )  
Universidade Federal de Minas Gerais

Ícaro Neri Pereira de Souza  
(Programa de Pós-Graduação em Análise  
e Modelagem de Sistemas )  
Universidade Federal de Minas Gerais

Kelen Karla Reis Oliveira  
(Programa de Pós-Graduação em Análise  
e Modelagem de Sistemas )  
Universidade Federal de Minas Gerais

Renata Nogueira Herculano  
(Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo)  
Universidade Federal de Minas Gerais

Britaldo Soares Filho  
(Departamento de Cartografia)  
Universidade Federal de Minas Gerais

## Resumo

O presente artigo objetiva apresentar a simulação de cenários de expansão urbana para o município de Mateus Leme, pertencente à Região Metropolitana de Belo Horizonte. A simulação apresenta-se como um complemento importante à metodologia utilizada pela equipe técnica do município, que realizou em 2014 um abrangente estudo para o mapeamento e análise de áreas potenciais para expansão urbana, com vistas a aprovação do Projeto Específico de Expansão Urbana de Mateus Leme. Tal estudo baseou-se na álgebra de mapas sem explorar a elaboração de cenários, que promoveria uma maior discussão e daria aos resultados mais robustez. Estes cenários, baseados em padrões identificados historicamente, não representariam um fato futuro, mas possibilitaria definir estratégias e indicar políticas públicas para potencializar ou inibir as tendências da urbanização. Portanto, o objetivou-se simular a expansão da mancha urbana do município de Mateus Leme para o ano de 2024, ano em que o último perímetro urbano aprovado por lei municipal, deverá ser revisto, além de destacar a importância das simulações como ferramenta de apoio ao planejamento urbano.

Palavras-chave: crescimento urbano, planejamento territorial, simulação.

## Abstract:

*This article presents a simulation of urban sprawl scenarios for the city of Mateus Leme, belonging to the metropolitan area of Belo Horizonte. These scenarios, based on patterns identified historically, not represent a future fact, but allows define strategies and public policies to actualize or inhibit trends. Therefore, the aim of this work is to simulate the urban sprawl of Mateus Leme for the year 2024, the year that the city limits approved in 2014 should be reviewed, besides to highlighting the importance of simulations as a support tool urban planning.*

*Keywords: urban growth, territorial planning, simulation.*

elainelopesac@hotmail.com  
icaro.neri@hotmail.com  
kelen\_karla@hotmail.com  
renataherculano@yahoo.com.br  
britaldo@csr.ufmg.br

## Introdução

A urbanização brasileira foi marcada pelo crescimento das grandes cidades associado ao êxodo rural ocorrido em meados do século XX, com o advento da industrialização e a modernização da agricultura. A ocorrência desse adensamento populacional nos núcleos urbanos, principalmente nas grandes cidades, fez com que as cidades tomassem papel de destaque na configuração espacial do país até então majoritariamente rural. No entanto, tal crescimento populacional nas cidades fez com que essas tivessem uma sobrecarga na sua infraestrutura e passassem a tratar de questões complexas acerca do planejamento e ordenamento dos seus territórios (ANDRADE, 1979).

O desenvolvimento sustentável de um município está diretamente associado ao planejamento e a gestão dos recursos do seu território e da sua população. O planejamento territorial tem como objetivo definir a melhor forma de se ocupar um município, setorizando regiões, definindo usos e parâmetros básicos e potenciais, e tornando democrático o acesso aos recursos disponíveis.

Na atualidade o instrumento básico da política de desenvolvimento urbano, que fornece ao município as diretrizes e as políticas necessárias para o seu desenvolvimento sustentável é o Plano Diretor. Definido pela Constituição Federal (BRASIL, 1988) e regulamentado pela Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, conhecida como Estatuto da Cidade, que estabeleceu o prazo de cinco anos, a partir da sua publicação, para a aprovação ou revisão dos Planos Diretores pelos municípios (BRASIL, 2001).

Com o objetivo de eliminar o tratamento fragmentário e controlar a ocupação do território para garantir a gestão integrada, inclusive de riscos e desastres naturais, a Lei nº 12.608, de 2012 que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, também alterou o Estatuto da Cidade, criando o artigo 42-B, que passou a exigir dos municípios que pretendam ampliar o seu perímetro urbano, a elaboração de um Projeto Específico de Expansão Urbana (PEEU) (BRASIL, 2012). O Projeto Específico é, portanto, condição sine qua non para a aprovação de novos projetos de expansão urbana desde 2012, e deve ser considerado como uma inclusão no Plano Diretor existente do município, devendo inclusive, fazer uso de suas disposições e instrumentos.

Mateus Leme é um município de Minas Gerais que passou a integrar a região metropolitana de Belo Horizonte em 1989, e apresenta uma população de 27.856 pessoas (IBGE, 2010) e área de 302.589 km<sup>2</sup>. A partir desta integração o município apresentou um processo significativo de crescimento da ocupação urbana, que se deu principalmente ao longo da rodovia estadual MG-050, que corta o município no sentido Leste-Oeste. Em 2013 o município aprovou a Lei nº 2.632 que alterou o perímetro urbano sem realizar o PEEU, sendo a mesma revogada em 2014 por recomendação da Agência Metropolitana da RMBH e do Ministério Público de Minas Gerais. A figura 1 mostra a localização do município de Mateus Leme.

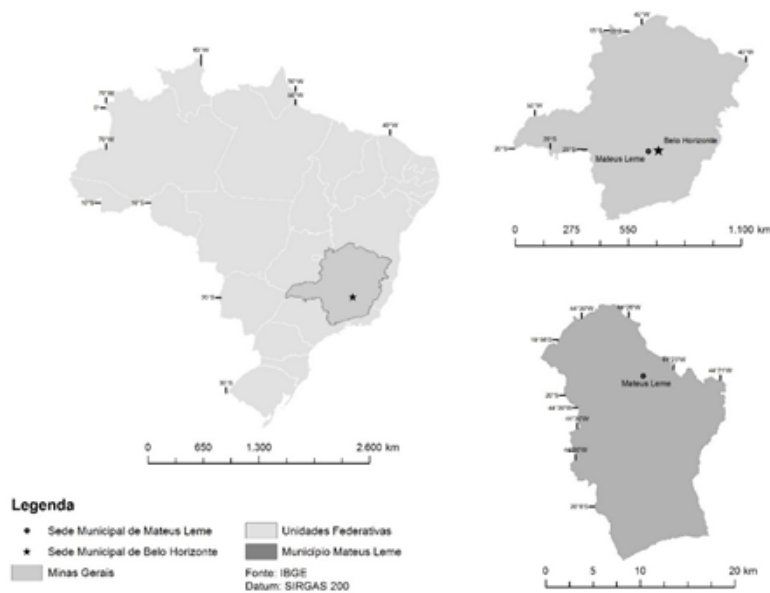


Figura 1: Localização do município de Mateus Leme-MG

Vista a necessidade de repensar as áreas de expansão urbana e a delimitação de um novo perímetro urbano, o município firmou com o Estado um acordo de cooperação técnica para viabilizar os estudos e análises que pudessem subsidiar as discussões. Dado o curto prazo para o desenvolvimento dos estudos, a equipe técnica optou pelo uso de técnicas de geoprocessamento para a manipulação dos dados espaciais. Dentre as técnicas, destaca-se a Análise de Multicritérios (MATEUS LEME, 2014), que gerou como produto final um mapa das áreas com potencial para expansão urbana, que subsidiou as discussões e a delimitação do novo perímetro urbano.

A metodologia utilizada no Projeto Específico de Expansão Urbana de Mateus Leme se mostraria mais robusta e apresentaria outros vieses de discussão com a geração de cenários de expansão. Estes cenários, baseados em padrões identificados historicamente, não representariam um fato futuro, mas possibilitaria definir estratégias e indicar políticas públicas para potencializar ou inibir as tendências. Portanto, o objetivo desse trabalho é fazer uma simulação da expansão da mancha urbana do município de Mateus Leme para o ano de 2024, ano em que o perímetro urbano aprovado em 2014 deverá ser revisto.

## Metodologia

Este estudo seguiu uma metodologia baseada nos trabalhos de Soares-Filho et al. (2008), no guia “Modelagem de Dinâmica Ambiental com Dinamica EGO” no capítulo “Construindo um modelo de simulação de mudanças de uso e cobertura da terra” que visou a compreensão do comportamento do crescimento da mancha urbana do município de Mateus Leme-MG, seguido de uma simulação para o ano de 2024. Para tal foi utilizado o software Dinamica EGO. As etapas da metodologia utilizada para esse trabalho podem ser vistas na figura 2.

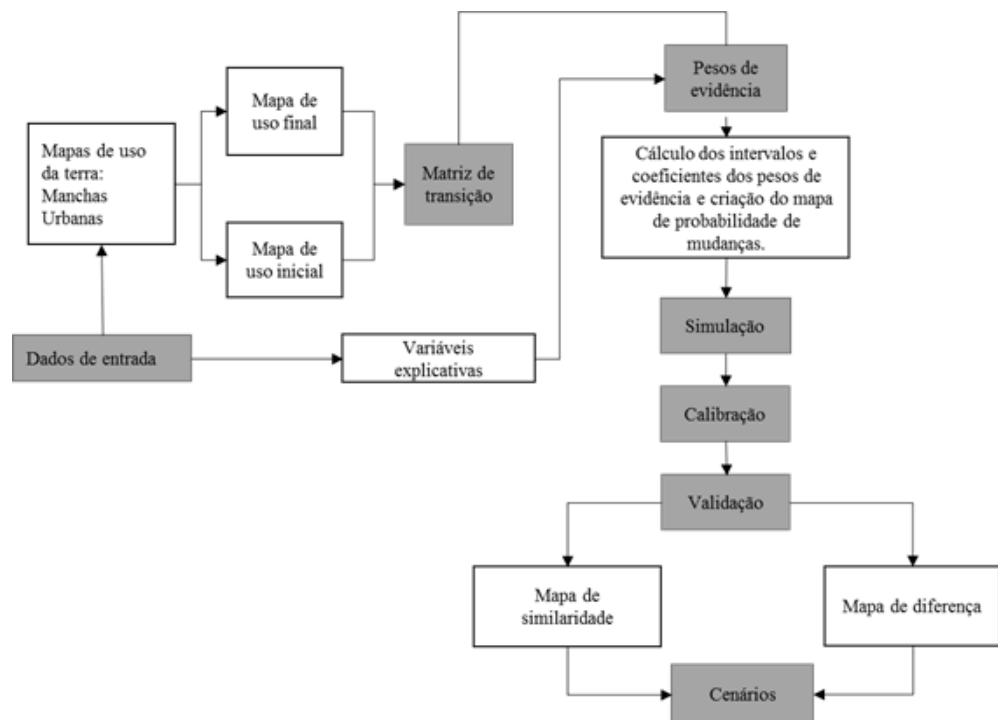


Figura 2. Desenvolvimento metodológico do trabalho (adaptado de Soares-Filho et al., 2008)

As variáveis para este trabalho foram selecionadas a partir da análise de trabalhos de simulação do uso do solo em áreas urbanas e de simulação do uso do solo utilizando autômato celular, sendo considerados os trabalhos de Almeida (2004), Moura (2003), Rosseti et al. (2013), Trentin e Freitas (2010) e Soares-Filho et al. (2002). A tabela 1 mostra as variáveis levantadas para este trabalho:

TABELA 1 – Variáveis utilizadas para a modelagem da expansão urbana do município de Mateus Leme

<b>Límites e Regiões</b>	<b>Socioeconomia</b>	<b>Infraestrutura</b>	<b>Meio Biótico</b>	<b>Meio Físico</b>
Macrozoneamento*	Loteamentos Irregulares*	Sistema Viário	Uso do solo*	Hidrografia
	Vulnerabilidade Social*	Equipamentos Comunitários		Declividade*
		Rodovia		

\* Variáveis categóricas

Concomitantemente à seleção das variáveis foi gerada a matriz de transição do crescimento da mancha urbana de Mateus Leme - MG. A matriz de transição apresenta dois tipos de taxa: uma líquida, que é uma porcentagem de mudança de estado sobre a superfície, no caso, de não-urbano para urbano e de urbano para não-urbano e uma bruta, especificada por unidade de área por unidade de tempo (Soares Filho et al., 2008). A matriz de transição foi gerada a partir de duas representações do uso do solo de Mateus Leme - MG, uma do ano de 2000 e outra do ano de 2010. A taxa gerada para a matriz de transição líquida Single Step, ou seja, a taxa de mudança de estado de não-urbano para urbano para todo o período de 2000 a 2010 foi de 2,65%.

A próxima etapa do trabalho procedeu com a definição dos “pesos de evidência” (Bonham-Carter, 1994) na matriz de transição para o período observado, afim de gerar de um mapa de probabilidades de mudança de estado da superfície de Mateus Leme de não-urbano para urbano e para a verificação do grau de determinação de cada variável geográfica utilizada no trabalho nesta mudança de estado. Cada variável foi verificada individualmente nessa etapa antes da análise dos pesos de evidência pelo software Dinamica EGO, sendo determinado, dentre outros aspectos, se as variáveis estavam previamente categorizadas (internamente heterogênea, com distintas classificações) e a categorização daquelas variáveis não-categorizadas, onde se verificou a significância das categorias obtidas de cada variável utilizada no modelo.

Após a etapa dos pesos de evidência foi analisada a correlação das variáveis. As que apresentaram correlação foram excluídas ou unidas numa terceira variável para o restante do modelo. Essa é a única suposição necessária ao método “pesos de evidência” (Soares Filho et al., 2008).

Com os pesos das variáveis parametrizados e com as correlações verificadas a próxima etapa consistiu numa simulação do uso do solo para 2010, para posterior calibração e validação do modelo. A simulação foi feita utilizando dois operadores no software Dinamica EGO, o Patcher e o Expander. O Patcher criou novas “manchas” de uso do solo estudado enquanto o Expander expandiu ou contraiu as manchas já existentes (Soares Filho et al, 2008). A calibração procurou reduzir as diferenças entre os valores observados e simulados enquanto a validação verifica a alocação espacial das mudanças, utilizando a função de decaimento exponencial e a similaridade entre mapas utilizando a lógica fuzzy (Hagen, 2003). Mapas de diferença e similaridade também são utilizados nessa etapa.

Por fim, após a validação da simulação foram geradas simulações ano a ano, de 2010 até 2024, para o município de Mateus Leme, para verificação dos vetores de tendência de crescimento da mancha urbana do município e comparação com o mapa aprovado no “Projeto específico de expansão urbana” da cidade.

## Resultados e discussão

A análise dos resultados deve avaliar não somente a metodologia de simulação de expansão da mancha urbana, mas também as possibilidades de análise que a simulação traz. A mancha urbana simulada para 2010, apresentada na figura 3, apresentou uma similaridade com a mancha urbana real de 55 % em uma janela de análise de tamanho 5x5. Isto significa que o padrão de simulação acertou a localização da expansão urbana em mais da metade dos pixels criados. Sendo assim, considerou-se viável seguir com a simulação de cenários, visto que o modelo apresentava uma média de mais de 50% de acertos, podendo assim trazer resultados preditivos importantes para as discussões.

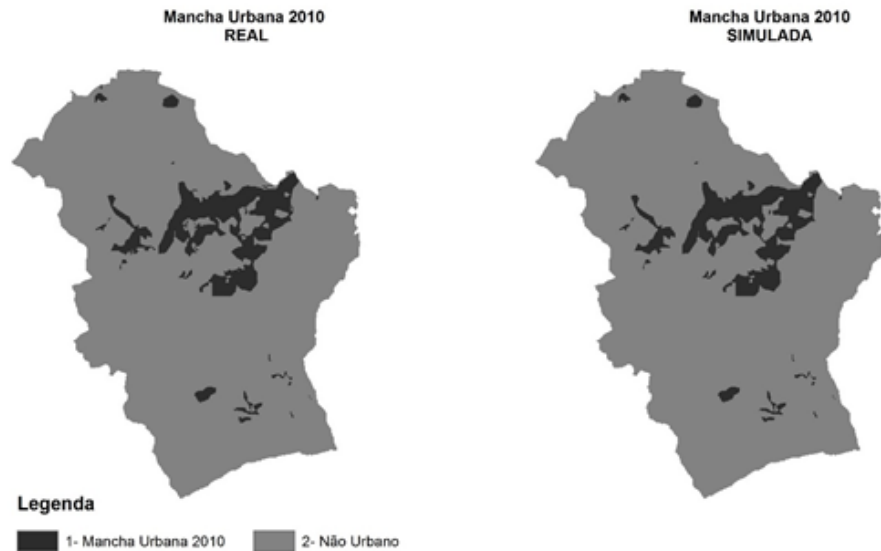


Figura 3. Comparação entre a mancha urbana real e a mancha urbana simulada, ambas de 2010

As simulações foram realizadas com passo de tempo de um ano, permitindo verificar os vetores de expansão em um horizonte de quatorze anos, ou seja, até 2024. Como o município de Mateus Leme já definiu seu novo perímetro urbano, foram realizadas sobreposições no mapa simulado para 2024.

Sob o ponto de vista da compatibilidade das tendências identificadas com o perímetro aprovado, percebe-se que o perímetro definido considerou os vetores de crescimento e as tendências. A figura 4 considerou a mancha urbana simulada para 2024 e o mapa de áreas potenciais para expansão urbana. Possibilitando avaliar como as políticas públicas vigentes tem contribuído para as tendências identificadas e os conflitos iminentes.

Por fim, a identificação e o mapeamento de áreas com potencial a expansão urbana a partir de técnicas de geoprocessamento possibilitam a minimização da vulnerabilidade ambiental e social do município, no entanto, a simulação apresenta-se como ferramenta essencial para a leitura dos processos territoriais, estabelecendo as condições potencializadoras e a magnitude dos processos socioambientais existentes.

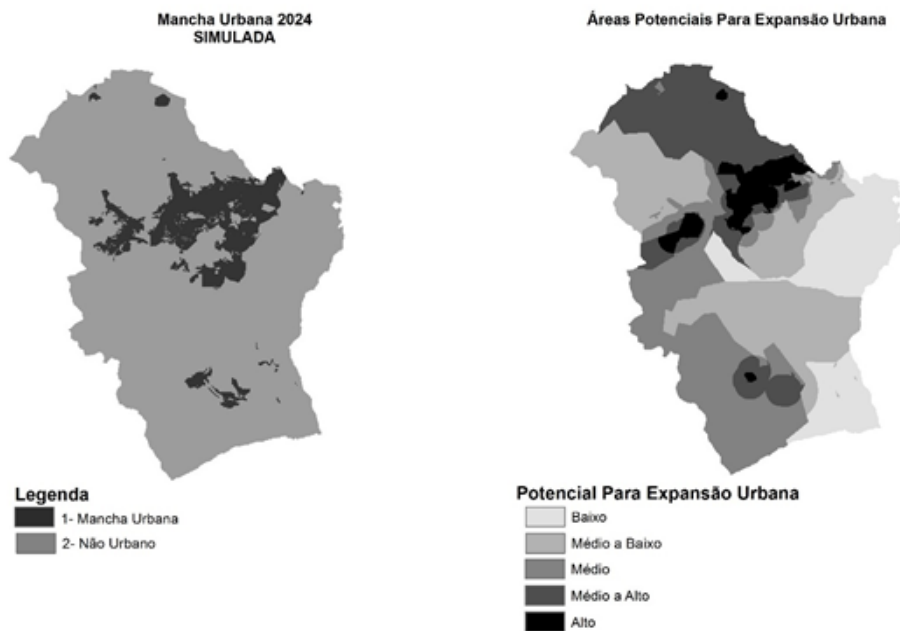


Figura 4. Comparação entre a mancha urbana simulada para 2024 e o mapa de áreas potenciais para expansão urbana

### Considerações finais

As possibilidades de análises e reflexões que ainda podem ser construídas, com vistas a dar apoio à tomada de decisões para o planejamento territorial da área, são muitas. Com a construção de uma metodologia que agregue várias técnicas e ferramentas é possível apurar as leituras do espaço urbano e avançar na interpretação dos resultados. O presente trabalho apresentou um estudo de caso de um município que já havia caminhado no uso de técnicas de geoprocessamento para o planejamento da sua expansão urbana. Foi realizada a modelagem da expansão da mancha urbana com vistas a simulação de um cenário preditivo, que permitisse abordar algumas possibilidades de análise não formalizadas no processo realizado em 2014 no município. Com isto, destaca-se a importância da simulação como complemento às metodologias de determinação de áreas passíveis de expansão urbana e define-se uma base de apoio à tomada de decisões em grandes escalas.

O refinamento de técnicas e o agrupamento de métodos devem ser realizados para tornar cada vez mais a leitura do espaço urbano acessível e as decisões democráticas. Portanto, a utilização de ferramentas de geoprocessamento capazes de espacializar didaticamente as questões ambientais e urbanas devem ser incentivadas e vistas como um poderoso instrumento de planejamento e gestão urbana para o poder público municipal.

### Agradecimentos

Agradecemos à valiosa colaboração da Prefeitura Municipal de Mateus Leme pela liberação do uso das informações e resultados; à Empresa 4M Urbanismo e Meio Ambiente pela concessão dos dados e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), em especial ao Programa de pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.



## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, C. M. de. Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso do solo em áreas urbanas para as Cidades de Bauru e Piracicaba (SP). 2004. 351 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.
- ANDRADE, M. C. de. História Econômica e Administrativa do Brasil. São Paulo: Atlas, 1979.
- BONHAM-CARTER, G. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. New York: Pergamon, 1994. 398 p.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial da União, Brasília, 1988.
- BRASIL. Lei Nº 10.257 - de 10 de julho de 2001, regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 10 jul. 2001.
- BRASIL. Lei Nº 12.608 - de 10 de abril de 2012, institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nos 12.340, de 1o de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 10 abr. 2012.
- HAGEN, A. Fuzzy set approach to assessing similarity of categorical maps. International Journal of Geographical Information Science, v. 17, n. 3, p. 235-249, Mai. 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico de 2010. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 20 out. 2014.
- MATEUS LEME. Diagnóstico final e proposições para o Projeto Específico de Expansão Urbana. Secretaria de Meio Ambiente, Mateus Leme, 2014.
- MATEUS LEME. Lei Nº 2.632 - de 25 de outubro de 2013, amplia o perímetro urbano do município de Mateus Leme. Diário Oficial do Município, Mateus Leme, 25 out. 2013.
- MOURA, Ana Clara M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. Belo Horizonte, Ed. da Autora, 2003, 294 p.
- ROSSETTI, L. A. F. G.; ALMEIDA, C. M.; PINTO, S. A. F. (2013). Análise de mudanças no uso do solo e rural com aplicação de modelagem dinâmica espacial. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 6316-6323.
- SOARES FILHO, B.S.; CERQUEIRA, G. C.; PENNACHIN, C. L. 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.; RODRIGUES, H., COSTA, W., 2009. Modeling Environmental Dynamics with Dinamica EGO. Centro de Sensoriamento Remoto (IGC/UFMG) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. Available from. [http://www.csr.ufmg.br/dinamica/tutorial/Dinamica\\_EGO\\_guidebook.pdf](http://www.csr.ufmg.br/dinamica/tutorial/Dinamica_EGO_guidebook.pdf) (acesso 05.24.2015).
- SOARES FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; Falieri, A.; COSTA, W. L. Modelagem de Dinâmica Ambiental com Dinamica EGO. Tutorial. Belo Horizonte. CSR-UFMG. 2008.
- TRENTIN, G.; FREITAS, M. I. C. (2010). Modelagem da dinâmica espacial urbana: modelo de autômato celular na simulação de cenários para o município de Americana - SP. Revista Brasileira de Cartografia, nº62, 291-305.