

## AUTÔMATOS CELULARES COMO INSTRUMENTO AO PLANEJAMENTO URBANO E AMBIENTAL

FLAVIO ALMANSA BAUMBACH<sup>1</sup>; MAURICIO COUTO POLIDORI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PROGRAU – Universidade Federal de Pelotas – [flavio.baumbach@gmail.com](mailto:flavio.baumbach@gmail.com)

<sup>2</sup>PROGRAU – Universidade Federal de Pelotas – [mauricio.polidori@gmail.com](mailto:mauricio.polidori@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Uma característica do urbanismo brasileiro é a carência do compromisso ambiental, conforme GROSTEIN (2001) e SANTOS (2004), que resulta na degradação ambiental das zonas urbanas e na diminuição da qualidade de vida das cidades. FINOTTI (2009) é categórico ao afirmar que à medida que a mancha urbana cresce, crescem em significância os impactos ambientais de geração de esgotos domésticos, efluentes industriais, resíduos sólidos urbanos e industriais e emissão de poluentes atmosféricos.

A dimensão ambiental dos problemas urbanos e o contínuo aumento das cidades demandam ações de planejamento que procurem minimizar os efeitos negativos das atividades humanas sobre os sistemas ambientais. Assim, planejamento urbano e planejamento ambiental devem buscar estratégias projetuais que promovam um urbanismo consciente, estimulando o desenvolvimento social e ambiental a partir da articulação dos sistemas urbanos e naturais e da mitigação dos danos ambientais.

Atualmente se defende o planejamento e gerenciamento integrado entre infraestrutura, morfologia urbana e o sistema de drenagem natural (TUCCI, 2005), onde zonas urbanas devem ocupar as áreas de menor fragilidade ambiental. Deste modo espera-se a preservação das linhas de drenagem naturais, possibilitando o escoamento da água o mais próximo do seu curso, velocidade e volume natural (LANNA, 1999; TUCCI, 2008).

Uma ferramenta do urbanismo contemporâneo que auxilia no planejamento urbano e ambiental é a modelagem urbana. Existem inúmeros modelos urbanos, concebidos e configurados para responder a diferentes abordagens, como por exemplo os modelos urbanos tridimensionais e a modelagem urbana baseada na Teoria dos Autômatos Celulares. A modelagem urbana em ambiente celular é capaz de atuar como ferramenta analítica para avaliar o impacto de leis ou fatores que influenciam no processo de desenvolvimento urbano (ALMEIDA, 2007). Um modelo urbano em ambiente celular é capaz de promover a simulação de distintos cenários de crescimento urbano, servindo de apoio à gestão e planejamento das cidades (LIU, 2009).

Neste resumo são apresentadas diferentes simulações de crescimento urbano com utilização de recursos de modelagem urbana realizada em ambiente celular, resultados parciais da pesquisa experimental aplicada para a construção da dissertação de mestrado “Dinâmicas de crescimento urbano e áreas alagáveis em cidades de fronteira entre Brasil e Uruguai”, em desenvolvimento no Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas.

Com este estudo se aponta a possibilidade de utilização de recursos de modelagem urbana com Autômatos Celulares como instrumento ao planejamento urbano e ambiental, através da indicação de áreas prioritárias para a expansão urbana, ou seja, áreas de menor fragilidade ambiental.

## 2. METODOLOGIA

As simulações foram realizadas na plataforma CityCell, ferramenta de modelagem urbana e análise espacial desenvolvida no Laboratório de Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas por Saraiva e Polidori (2014). Baseada na Teoria dos Autômatos Celulares, a plataforma opera através de uma matriz de células retangulares, onde o estado de cada célula é determinado a partir do estado das células vizinhas e por um conjunto pré-determinado de parâmetros e regras de transição.

Como área de estudo foram selecionadas cidades limítrofes na fronteira entre o Brasil e Uruguai susceptíveis a desastres hidrológicos: conforme Atlas de Vulnerabilidade a Inundações do Rio Grande do Sul (2012), em zona de alto grau de vulnerabilidade estão Jaguarão (BR) / Rio Branco (UY) e Quaraí (BR) / Artigas (UY); em zona de médio grau de vulnerabilidade estão Barra do Quaraí (BR) / Bella Unión (UY).

Assim, foram programados três modelos para realização das simulações de crescimento urbano, um para cada dupla de cidades. O processo foi baseado nas etapas de: a) entrada de dados, ou criação dos *inputs*; b) processamento, a partir da calibração dos parâmetros do modelo e das regras de transição; c) obtenção dos resultados, ou *outputs*; e d) análise dos resultados.

A área de Jaguarão / Rio Branco foi seccionada em células quadradas de 200m, obtendo-se um *grid* com malha de 72x72 células, ou 20.736ha. Quaraí / Artigas também em células de 200m, obteve uma malha de 60x60 células, ou 14.400ha. Barra do Quaraí / Bella Unión, com células de 200m, resultou uma malha de 57x57 células, ou 12.996ha. Cada célula foi estabelecida como um atributo natural ou urbano, podendo cada atributo gerar uma tensão de resistência ou atração à urbanização.

Para a criação dos *inputs* foram utilizadas imagens *Landsat8*, do ano de 2016, composição colorida (bandas 6,5,4), com resolução espacial de 30 metros, de onde foram extraídas as informações de: área efetivamente urbanizada, rodovias, estradas, campos, plantações, mata nativa, mata plantada, rios, arroios, banhados, linhas de drenagem naturais, canais de drenagem antrópicos e outros equipamentos com áreas de destaque, como aeroportos, ferrovias, áreas de mineração ou equipamentos públicos como parques urbanos ou estações de tratamento de efluentes. Os dados de relevo (elevação, linhas de drenagem naturais e cotas de inundação) foram extraídos de mapa hipsométrico gerado a partir do Modelo Digital de Elevação SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), com 38 metros de resolução. Informações da implantação urbana antecessora foram encontradas em registros cartográficos históricos.

A etapa de processamento envolveu a calibração de parâmetros, de modo a adequar os modelos ao interesse da pesquisa, neste caso, entender o processo de expansão urbana sobre áreas de inundação. A regra de crescimento urbano utilizada foi a “*Threshold Potencial*” (POLIDORI, 2004), que considera a centralidade-potencial celular para orientar o crescimento das células urbanas. Os cenários apresentados foram processados com 40 iterações.

As simulações realizadas foram: a) simulação de crescimento do passado para o presente, a partir da calibração dos modelos, como forma de legitimação e validação dos experimentos; b) simulação de crescimento do presente para o futuro, com possibilidade de expansão urbana sobre aspectos do ambiente hídrico, como linhas de drenagem e planícies de inundação; c) simulação de crescimento urbano do presente para o futuro sem possibilidade de expansão urbana sobre entidades do sistema hídrico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Figura 1 demonstram os cenários de expansão urbana do presente para um futuro de 40 anos: em A) com possibilidade de crescimento urbano sobre planícies de inundação; em B) sem possibilidade de expansão sobre áreas de inundação.

Para Jaguarão / Rio Branco e Quaraí / Artigas os resultados foram de crescimento concêntrico em ambos cenários. Nos cenários A houve a tendência de conurbação entre as cidades, com crescimento urbano sobre planície de inundação. Nos cenários B se observou o vetor periférico, ou seja, de expansão urbana nas bordas da cidade, em áreas não alagáveis.

Barra do Quaraí e Bella Unión estão separadas por cerca de 5 km de campos, interligadas por uma rodovia uruguaia e pela ponte internacional Bella Unión – Barra do Quaraí. As simulações de crescimento urbano neste modelo resultaram, tanto em A) quanto em B), uma expansão urbana linear. Neste caso a rodovia parece ser o principal vetor de desenvolvimento, com grande força de atração à urbanização. Não foi observada tendência de expansão urbana significativa sobre áreas alagáveis no cenário A.

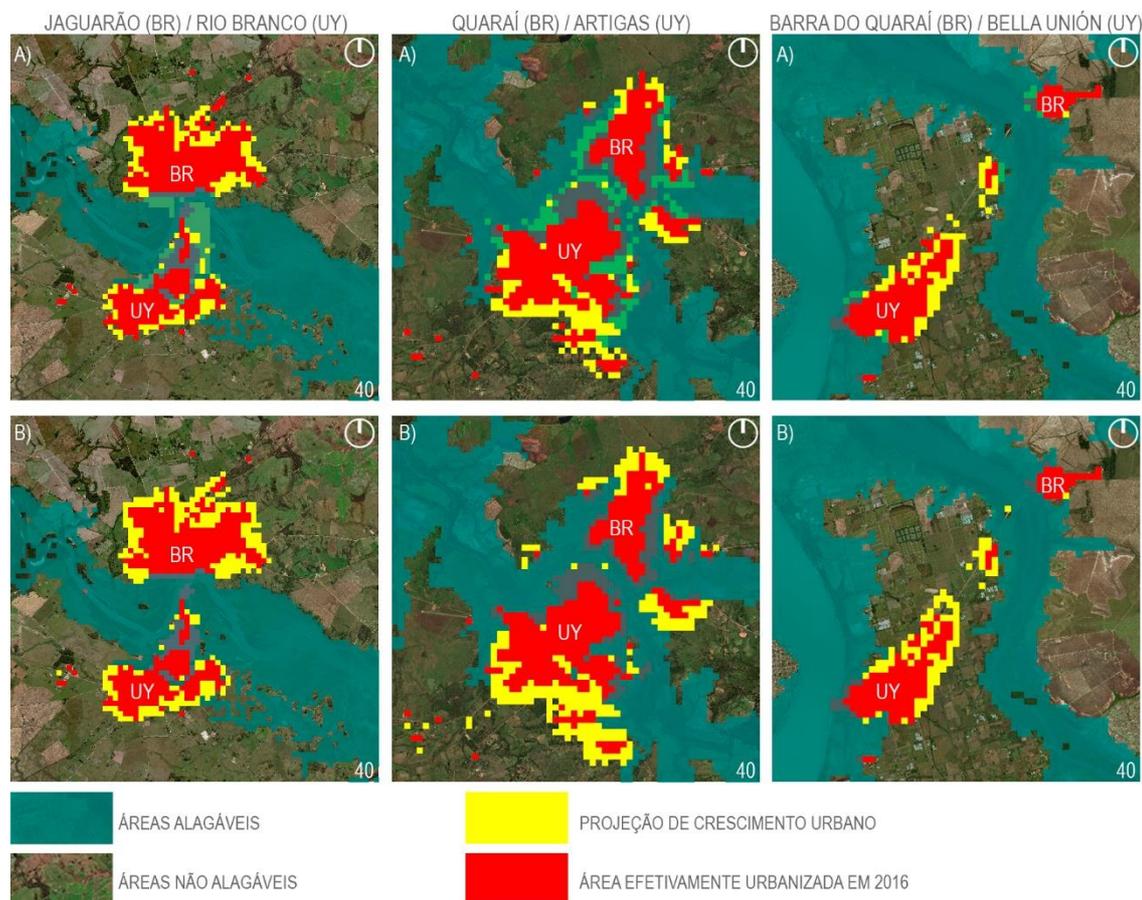


Figura 1: Cenários de tempo 40 para as simulações de crescimento urbano sem possibilidade de expansão sobre áreas alagáveis (A) e com possibilidade de expansão sobre áreas alagáveis (B). Dos autores (2019).

### 4. CONCLUSÕES

A indicação de áreas de menor fragilidade ambiental como potenciais para a expansão urbana permite maior mitigação dos danos ambientais, aspecto que se

demanda no urbanismo contemporâneo para a construção de um ambiente urbano mais saudável.

As simulações de crescimento apresentadas revelam o aspecto morfológico que a cidade pode desenvolver, bem como as áreas de maior conflito entre ambiente urbano e natural. Fornecem, assim, informações e subsídio ao planejamento das cidades.

Se indica, então, a utilização de modelagem urbana com Autômatos Celulares como instrumento de planejamento urbano e ambiental, na busca pela construção de uma cidade melhor articulada com os sistemas ambientais.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.M; MONTEIRO, A.M; CÂMARA, G. Perspectiva histórica de modelos de dinâmicas urbanas e regionais. In: ALMEIDA, C.M; MONTEIRO, A.M; CÂMARA, G. (Org.) **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 254-285.

ANA. **Atlas de Vulnerabilidade a Inundações do Rio Grande do Sul**. Brasília, Agência Nacional de Águas, 2012.

FINOTTI, A.R; FINKLER, R; SILVA, M.D; CEMIN, G. **Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas**. Caxias do Sul: EDUCS, 2009.

GROSTEIN, M.D. **Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos “insustentáveis”**. Edição Eletrônica, 2001. Acessado em 7 set. 2019. Online. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010288-392001000100003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010288-392001000100003&lng=en&nrm=iso)

LANNA, A.E. **Gestão das Águas**. Disciplina de Gestão de Recursos Hídricos, IPH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

LIU, Yan. **Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata**. Oxfordshire: Taylor & Francis Group, 2009.

POLIDORI, M.C. **Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade**. 2004. Tese (Doutorado em ecologia) – Programa de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SARAIVA, M.V; POLIDORI, M.C. **CityCell: Urban Growth Simulator**. Software, LabUrb – Laboratório de Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

TUCCI, C.M. Águas Urbanas. **Revista Estudos Avançados**, USP, São Paulo, v.22, n.63, p.87-112, 2008.

TUCCI, C.M. **Gestão das inundações urbanas**. Unesco, Global Water Partnership: South America, 2005.