



**Planejamento Urbano no Pampa: instrumentos para revisão do
perímetro urbano na fronteira de Jaguarão-BR e Rio Branco-UY**

*Urban Planning in Pampa: instruments for urban perimeter revision of the border
Jaguarão-BR and Rio Branco-UY*

*Planeamiento Urbano en Pampa: instrumentos para la revisión del perímetro urbano
de en la frontera Jaguarão-BR y Río Branco-UY*

Luana Pavan Detoni

Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Brasil.
luanadetoni@gmail.com

Maurício Couto Polidori

Professor Doutor, UFPel, Brasil.
mauricio.polidori@gmail.com

Otávio Martins Peres

Professor Mestre, UFPel, Brasil.
otmperes@gmail.com



RESUMO

O planejamento urbano aborda a cidade como resultante da interação entre inúmeros subsistemas, acumulando teorias e modelos que possibilitam a descrição, análise e simulação do fenômeno urbano. Esse trabalho busca explorar padrões espaciais recorrentes para revisão do perímetro urbano das cidades da fronteira Jaguarão/BR e Rio Branco/UY, a partir do entendimento que ambos os territórios fazem parte do bioma Pampa. A estrutura teórica e metodológica que inclui: a) sistematização das informações da evolução urbana; b) análises espaciais das áreas efetivamente urbanizadas; c) modelagem configuracional urbana, utilizando recursos de grafos e medidas de acessibilidade; d) simulações de crescimento urbano, com recursos de autômatos celulares, considerando os recursos naturais e a dinâmica da urbanização. O trabalho permite avanços na compreensão e no modo de tomada de decisões para o planejamento urbano, com base na diversidade de abordagens, análises e resultados obtidos, objetivando que a cidade do futuro ocorra considerando a preservação natural, a equidade social e a qualidade ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Planejamento Urbano. Bioma Pampa. Perímetro Urbano.

ABSTRACT

Urban planning approaches the city as a result of the interaction between numerous subsystems, accumulating theories and models that allow the description, analysis and simulation of the urban phenomenon. This work seeks to explore recurrent spatial patterns for the review of the urban perimeter of the Jaguarão / BR and Rio Branco / UY border cities, based on the understanding that both territories are part of the Pampa biome. The theoretical and methodological structure that includes: a) systematization of information on urban evolution; B) spatial analysis of effectively urbanized areas; C) urban configurational modeling, using graph resources and accessibility measures; D) simulations of urban growth, with the resources of cellular automata, considering the natural resources and dynamics of urbanization. The work allows advances in understanding and decision-making for urban planning, based on the diversity of approaches, analyzes and results obtained, aiming at the city of the future considering natural preservation, social equity and environmental quality.

KEY WORDS: Urban Planning. Pampa Biome. Urban Perimeter.

RESUMEN

ofertas de planificación urbana con la ciudad como resultado de la interacción de numerosos subsistemas, la acumulación de las teorías y modelos que permitan la descripción, el análisis y la simulación del fenómeno urbano. Este trabajo tiene como objetivo explorar recurrentes normas espaciales para la revisión del perímetro urbano de las ciudades de Yaguarón frontera / BR y Blanco / UY río, desde el entendimiento de que ambos territorios son parte del bioma Pampa. El marco teórico y metodológico que incluye: a) sistematización de la información del desarrollo urbano; b) Análisis espacial de las áreas urbanizadas de manera efectiva; c) el modelado configuracional urbana mediante gráficos de recursos y medidas de accesibilidad; d) las simulaciones de crecimiento urbano con recursos autómatas celulares, teniendo en cuenta los recursos naturales y la dinámica de la urbanización. El trabajo permite avances en la comprensión y la forma de la toma de decisiones para la planificación urbana, a partir de la diversidad de enfoques, análisis y resultados obtenidos, con el fin de que la ciudad del futuro se producen teniendo en cuenta la conservación natural, la equidad social y la calidad ambiental.

PALABRAS CLAVE: planificación urbana. Bioma Pampa. Perímetro Urbano.



INTRODUÇÃO

Contemporaneamente, estudos sobre o crescimento urbano têm sido de grande interesse pela comunidade científica em geral, devido às possibilidades de envolver diversos aspectos sobre o fenômeno da urbanização, reconhecendo-o como um processo emergente e capaz de revelar uma infinidade de lógicas intrínsecas e conflitos que ocorrem nas cidades. Para o estudo das transformações urbanas, a partir do enquadramento na teoria dos sistemas, complexidade e auto-organização, a ciência urbana consolida-se como um campo de investigação que visa compreender os processos urbanos, acumulando teorias e modelos que oferecem um amplo rol de possibilidades descritivas, analíticas e experimentais, as quais estão intimamente associadas às possibilidades das geotecnologias e da modelagem urbana.

O trabalho está aplicado para as cidades gêmeas de Jaguarão/RS e Rio Branco/UY, localizadas na fronteira binacional entre Brasil e Uruguai, onde múltiplas e distintas influências econômicas, culturais e ambientais recorrem para a resultante do crescimento espacial urbano integrado. O trabalho inova por estudar duas cidades de diferentes países como fenômeno conjunto, que têm o Pampa como horizonte comum de uma paisagem cultural característica. A faixa de fronteira entre Brasil e o Uruguai, dentre as demais zonas de fronteiras internacionais brasileiras, está reconhecida pelo Estatuto da Fronteira Brasil-Uruguai (PUCCI, 2010), como um território de destaque para a integração histórica, cultural, econômica e natural.

Neste contexto, a configuração de uma paisagem natural comum definida pelo bioma Pampa, somado ao fato histórico de uma relativa indefinição dos limites coloniais e os múltiplos delineamentos pela fronteira internacional nos períodos imperiais e republicanos, contribui para a configuração de uma paisagem cultural comum, onde trabalhos para identificar os padrões ambientais recorrentes, as diferenças socioculturais e as possibilidades de uma real integração binacional, são desafios impostos à ciência urbana.

Deste modo, o trabalho busca explorar padrões espaciais recorrentes no processo de expansão urbana das cidades de estudo, mediante abordagem que envolve dados históricos sobre o crescimento urbano, análises espaciais e simulações de cenários de futuro. O conjunto de estudos teóricos e metodológicos está fundamentado na linha da ciência urbana contemporânea, aplicando recursos dos campos da morfologia e modelagem urbana, juntamente com análises espaciais avançadas e geotecnologias, dedicado a embasar um método real de planejamento e revisão do perímetro urbano das cidades da fronteira Jaguarão/RS e Rio Branco/UY.

URBANISMO CONTEMPORÂNEO

Nas discussões teóricas atuais sobre a dinâmica de urbanização há um intenso debate sobre alternativas e tendências de compactação ou fragmentação sob o ponto de vista da forma das cidades. Estas distintas alternativas morfológicas da configuração das cidades, resultantes do



modo em que ocorre o processo de crescimento urbano, têm sido diretamente associadas a diferentes modelos formais para alcançar eficiência e sustentabilidade ao fenômeno da urbanização.

Por um lado, há uma grande atratividade das teorias urbanas associadas à ideia de máxima concentração humana e compactação dos grandes centros urbanos, diretamente associados a ganhos na eficiência e intensidade nas relações socioespaciais urbanas. Este modelo está associado diretamente a uma dinâmica de expansão e conversão dos territórios imediatamente adjacentes à cidade preexistente, que tem formado imensos aglomerados e conurbações. Contudo, o modelo de compactação e excessiva concentração da forma urbana, também tem sido associado, como responsável para a supervalorização dos solos urbanos, formação de extensas periferias socialmente segregadas, gentrificação interna e causador de significativos impactos da urbanização sobre áreas de interesse ambiental.

Por outro lado, contemporaneamente, há um crescente debate teórico sobre as dinâmicas de dispersão e fragmentação da forma urbana, como um processo que tem sido essencialmente associado à segregação social do espaço e à conversão indiscriminada da paisagem natural em áreas urbanizadas difusas. Porém, as possibilidades de fragmentação da forma construída têm sido consideradas pela teoria urbana recente, como alternativas à reprodução de territórios urbanos excessivamente compactos, como um caminho teórico para a configuração de uma rede de cidades, ou poli centros, que ocorram adequadamente polarizadas no território.

De modo geral, as teorias dedicadas à localização, à estrutura interna e às dinâmicas ocorridas nas cidades trata-se de abstrações teóricas, desenvolvidas nas áreas de conhecimento da economia, da geografia, da ecologia, da sociologia e da morfologia urbana, dentre outras. Em essência, estas distintas abordagens convergem ao pressuposto que existe uma ordem intrínseca ao fenômeno da urbanização, relativos aos diferentes sistemas que operam na rede urbana - sociedade, ecologia e espaço construído, os quais mantêm relações de proporcionalidade nas grandezas de tamanho, quantidade e forma das cidades (BATTY, 2013). Nestes termos, a morfologia urbana estuda a forma, a estrutura e os processos de transformação urbana, mediante abordagens dos objetos construídos, das feições do espaço urbano e das características da paisagem natural, com o desejo de compreender as múltiplas relações e os fenômenos que deram origem a paisagem urbana (LAMAS, 2011).

Para os estudos urbanos de base morfológica, modelos urbanos são construções teóricas abstratas capazes de descrever os objetos que existem, existiram ou podem vir a existir nas cidades. Sob outra perspectiva, modelos urbanos podem ser compreendidos como instrumentos para a análise e investigação sobre a complexidade do fenômeno urbano. Atualmente a modelagem urbana vem sendo apoiada por processamentos computacionais, construídas como ferramentas digitais de investigação sobre o presente, o passado e o futuro das cidades, servindo a cientistas e planejadores para capturar o fenômeno e explorar cenários, atuando como uma ponte entre a teoria e a prática (BATTY, 2013).

INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO URBANO

Para a abordagem empírica o trabalho está inicialmente apoiado em uma etapa de levantamento e sistematização de dados sobre a caracterização da paisagem natural, ao mapeamento da evolução urbana histórica e as características formais e socioespaciais das cidades delineadas, o que ocorre com apoio de recursos de SIG - Sistemas de Informações Geográficas.

O uso de SIG é caracterizado por comportar estruturas de captura, exibição e análise de dados, permitindo relações espaciais entre variáveis ambientais, urbanas e sociais, em uma base atualizável de dados georreferenciados. Deste modo, a utilização do SIG associado à lógica da modelagem computacional, permite a aplicação de modelos matemáticos para análise espacial, gerando informações que podem ser relacionadas com outras informações adquiridas em outros modelos (ALMEIDA E CÂMARA, 2007).

O conjunto de informações envolvidas no trabalho estão sistematizadas em ambiente de SIG mediante uso do software QGIS (Quantum Geographic Information System), de distribuição livre, mantido desde 2002 pela organização OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) com sede nos Estados Unidos. Neste trabalho, a lógica do SIG permite relacionar o conjunto de dados sistematizados no ambiente QGIS, com o conjunto de análises da modelagem configuracional e simulações de crescimento urbano, que também ocorrem em plataformas de SIG desenvolvidas em softwares independentes, os quais serão descritos a seguir.

O trabalho aplica recursos de análise da morfologia urbana com o software Urban Metrics, ou Medidas Urbanas em português, o qual aplica recursos de modelagem urbana a partir da teoria dos grafos, através de representações dos espaços urbanos pelos componentes geométrico das linhas axiais. A representação axial e a modelagem por grafos tem sido presente na representação sintática do espaço urbano, com destaque a vertente analítica da Sintaxe Espacial, amplamente utilizados em estudos dedicados à diferenciação dos espaços internos da cidade, mediante a simulação da movimentação natural que ocorre na rede dos espaços abertos interconectados (HILLIER ET AL, 1993). No mesmo caminho, o software Urban Metrics vem sendo desenvolvido pelo grupo do Laboratório de Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, com capacidades de diferenciar o sistema urbano, principalmente através dos modelos de acessibilidade e centralidade (KRAFTA, 1994).

Aplicando as medidas de centralidade, acessibilidade, conectividade, convergência, oportunidade, potencialidade e polaridade, a nova versão do software, em relação a outros modelos ou versões anteriores, apresenta as seguintes diferenças principais: opera com pontos, linhas e áreas simultaneamente; permite estabelecer conexões entre entidades; opera com camadas e gera múltiplos processos no mesmo experimento; processa medidas topológicas ou geográficas das entidades; inclui visualização de imagens raster; trabalha com georreferenciamento no sistema UTM - Universal Transversa de Mercator, em metros; edita entidades, exporta em *shape* e salva os experimentos completos; permite imputar



carregamentos em valor agregado ou desagregado por uso do solo, atribuindo origem, destino e grau de atração; permite imputar impedâncias, atribuindo custos de mobilidade e infraestrutura; processa o conjunto do sistema ou partes selecionadas, com passos ou áreas de abrangência; apresenta visualização dos resultados em cores e espessuras customizáveis; trabalha com métodos de classificação dos resultados por intervalos naturais (natural breaks), valores e quantidades (POLIDORI, 2015).

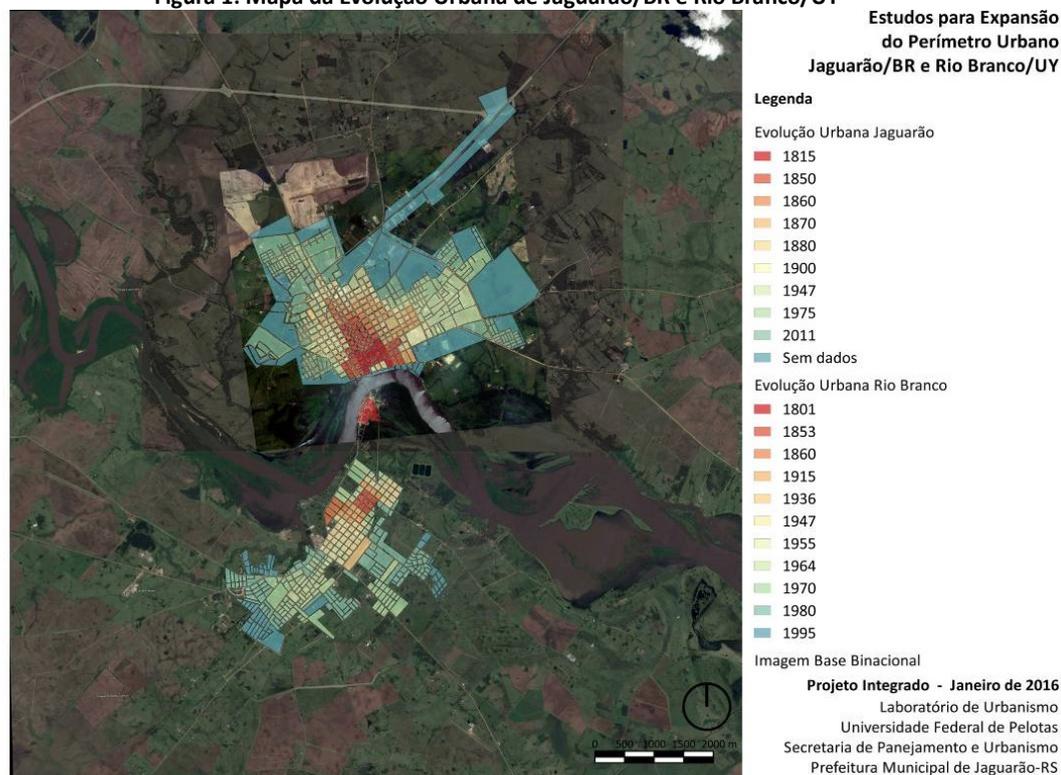
O outro *framework* de modelagem urbana aplicado no trabalho, o software CityCell – Urban Growth Simulator, tem capacidades de representar os atributos da forma urbana de modo integrado às variáveis da paisagem natural, simulando a dinâmica do crescimento urbano em ambiente celular, com apoio de técnicas de geoprocessamento com grids e da lógica dos autômatos celulares. A modelagem com autômatos celulares tem sido utilizada em diversos campos das ciências complexas, onde a descrição do espaço é feita através de uma matriz de células iguais, sendo o estado de cada célula determinado a partir do estado das células vizinhas no tempo anterior e por um conjunto definido de regras de transição. Esses elementos simples, em conjunto, são capazes de gerar comportamento complexo e padrões auto-organizados (SARAIVA, 2015).

A partir das relações de influências recíprocas entre a cidade e o ambiente natural, é possível construir um *framework* de simulação de crescimento urbano chamado CityCell, onde cenários sobre a forma urbana resultante é determinado pelas características da forma urbana e dos atributos do ambiente de entorno. A partir do CityCell, um conjunto de regras que procuram replicar diferentes lógicas teóricas ou dinâmicas urbanas podem ser observadas empiricamente, as quais vem sendo desenvolvidos a partir dos modelos de potencial-centralidade (KRAFTA, 1994), da centralidade celular (POLIDORI, 2004), de acessibilidade celular (SARAIVA, 2013), do papel dos atributos do ambiente natural (PERES, 2010) e da lógica definida pelos diferentes agentes sociais (SANTOS, 2015).

RESULTADOS E ANÁLISES

Inicialmente o trabalho, apoiado em recursos de SIG, reuniu e sistematizou um conjunto de informações em camadas de mapas vetoriais e raster, registrando estágios do processo de crescimento e evolução urbana das cidades de estudo. Foram recuperados e digitalizados mapas descritivos e desenhados à mão, presentes em trabalhos da historiografia tradicional e no trabalho de Martins (2001), bem como em registros aerofotogramétricos das décadas de 1940 e 1970 disponíveis na Agência da Lagoa Mirim da Universidade Federal de Pelotas, e também em séries históricas de imagens de satélites, disponíveis em bases da internet como Google Earth e a Divisão de Imagens de Satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Figura 1: Mapa da Evolução Urbana de Jaguarão/BR e Rio Branco/UY



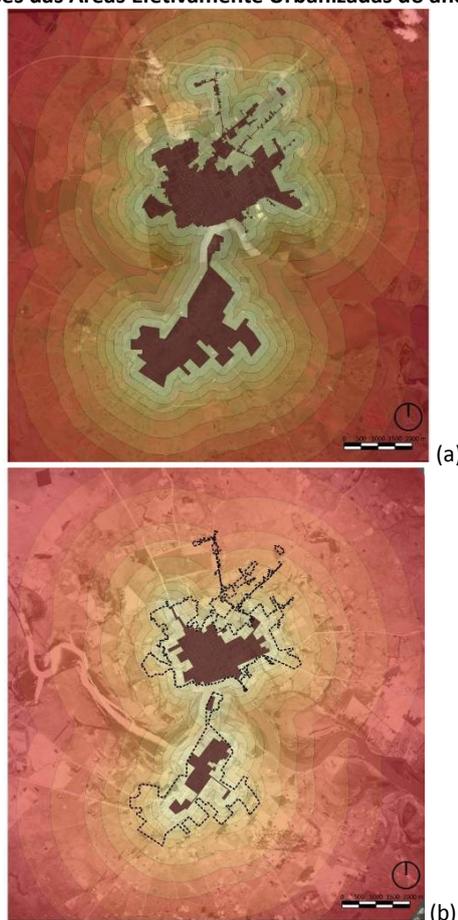
Fonte: Autores, 2016.

Deste conjunto diverso de informações, sistematizadas em ambiente SIG, foi construído um mapa vetorial único, apresentado na Figura 1 acima, que reconstrói o processo de evolução urbana das cidades de Jaguarão/BR e Rio Branco/UY ao longo do tempo, servindo de informação fundamental para abordagem do processo de crescimento urbano e construção de alternativas futuras para o estudo da morfologia e do perímetro urbano.

A partir dos dados da historiografia urbana, um primeiro conjunto de análises espaciais avançadas realizadas aplicam recursos de geoprocessamento de análises de abrangência de *buffers* a partir das áreas efetivamente urbanizadas, do estágio atual e de um estágio passado da forma urbana. A partir da aplicação da medida de *buffers* sobre as áreas efetivamente urbanizadas, pretende-se uma apreensão morfológica do modo de relacionamento da forma urbana com a paisagem natural de entorno, aplicando este recurso de análise direta e estática. As figuras 2a e 2b a seguir, apresentam as análises de abrangência das áreas efetivamente urbanizadas para o ano de 2013 e 1964, respectivamente. As análises foram construídas com quatro primeiras medidas de *buffers* de 250 metros, a fim de considerar áreas de influências imediatas (em variações de amarelos), seguidas pela sucessão de três *buffers* com medidas de 500 metros (em variações de laranjas), seguidos por dois *buffers* de 1.000 metros e,

finalmente, um buffer com medida de 2.000 metros (com variações de vermelhos), os quais cobrem toda a área de estudo delimitada pela imagem base binacional.

Figura 2: Análises das Áreas Efetivamente Urbanizadas do ano de 2013 (a) e 1964 (b)



Fonte: Autores, 2016.

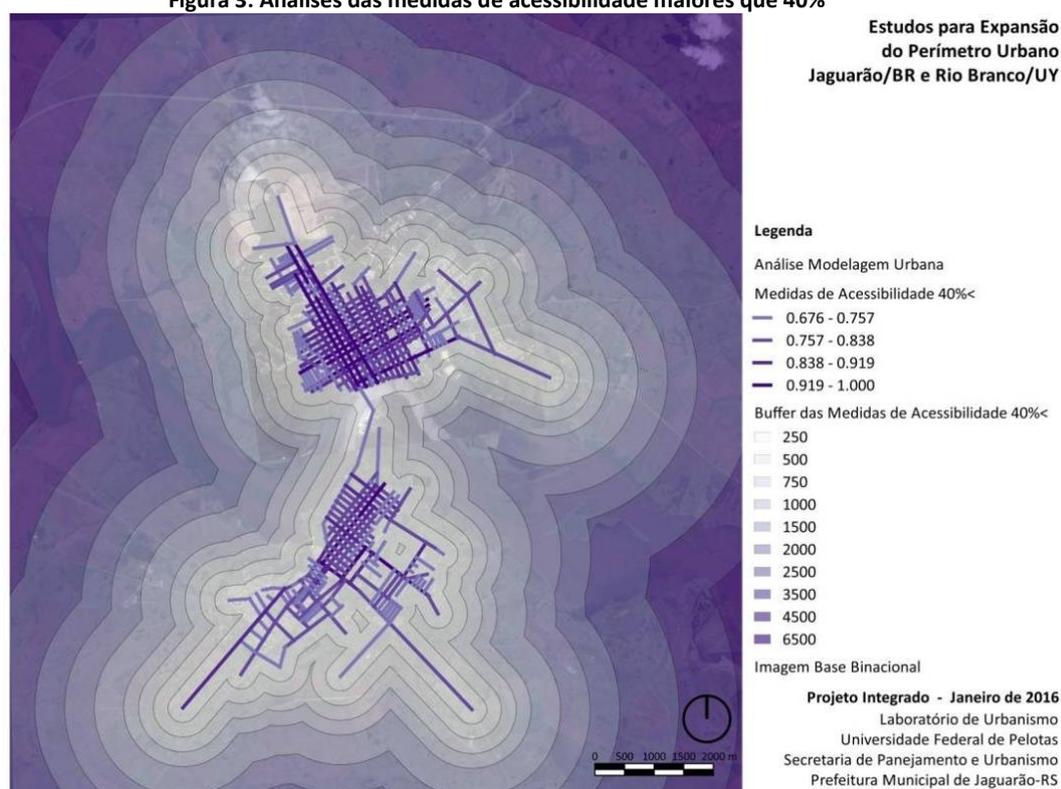
Nestas análises, é possível observar a capacidade de influência sobre áreas externas à área efetivamente urbanizada, a partir do estágio atual (Figura 2a), assim como explorar as possibilidades e as limitações do método em correlacionar a abrangência da área urbana de 1964 com a área urbana atual (Figura 2b).

O trabalho também realiza análises a partir da medida de acessibilidade, a qual diferencia o mapa de eixos viários a partir do grau de proximidade que um determinado espaço urbano está em relação aos demais espaços do sistema urbano. A medida de acessibilidade tem sido aplicada na modelagem urbana para representar os espaços urbanos onde ocorrem com mais frequência às infraestruturas e serviços urbanos. Também, a medida de acessibilidade pode ser entendida pela facilidade de um espaço urbano ser alcançado, partindo de qualquer outro espaço na rede, considerando o privilégio locacional a partir da proximidade geométrica dentro do sistema (PAIM, 2015).

Em outros termos, a medida de acessibilidade possibilita considerar os espaços com maior privilégio de localização, visto que essa medida reforça alguns vetores para a disponibilidade dos serviços, e pode-se dizer que identifica os lugares aonde a urbanização "chega mais fácil". Deste modo, no trabalho, a análise da medida de acessibilidade permite abordar a forma urbana a partir de um extrato superior dos eixos viários, no que diz respeito às maiores facilidades de serem acessados e supridos por infraestrutura e serviços.

A medida de acessibilidade, que em termos matemáticos é o somatório do inverso das distâncias entre pares de espaços, foi gerada a partir do programa Urban Metrics (POLIDORI, 2015). O mapa urbano foi desenhado por linhas axiais a partir dos componentes dos eixos do sistema viário. A medida de acessibilidade foi construída a partir de unidades topológicas, que consideram uma unidade de distância para cada eixo viário. As análises foram realizadas para cada cidade separadamente, os valores foram interpolados entre 1 a 0, e posteriormente, unificados em uma única camada.

Figura 3: Análises das medidas de acessibilidade maiores que 40%



Fonte: Autores, 2016.

Os resultados das análises foram classificados em 10 classes de intervalos de valores iguais, de modo a considerar apenas dos eixos viários com valores de acessibilidade superior, considerando as quatro maiores classes e valores entre 0,6 e 1,0. Ou seja, o mapa da Figura 3,



apresenta o mapa dos eixos viários, desconsiderando os eixos com valores de acessibilidade inferiores a 60%, considerando apenas os espaços urbanos com maior privilégio locacional e indicam os eixos com melhores condições de acesso relativo. A partir do mapa de acessibilidades superiores, foi realizada a análise de sucessivos *buffers*, semelhante ao realizado sobre as áreas efetivamente urbanizadas, desta vez considerando uma morfologia urbana com maiores privilégios locais. Desta forma, a análise de abrangência para redefinição do perímetro ocorre considerando não a totalidade da forma urbana, mas apenas seu extrato superior de eficiência de acesso.

Para os estudos de simulação de crescimento urbano, foram criados três cenários diferentes, processados através do software CityCell – Urban Growth Simulator (POLIDORI, 2015) que aplica recursos de modelagem de crescimento urbano em espaços celulares com autômatos celulares.

O CityCell opera sobre uma base espacial no formato de um grid bidimensional regular com células quadradas, cujo tamanho das células foi definido de 200mx200m. O tamanho da célula está implantado pelos seguintes motivos principais: a) a ideia é abranger numa célula de atributos urbanos e naturais, simultaneamente; sendo assim, para o caso as células devem ser maiores que o quarteirão tradicional, cuja quadrícula varia de 70 a 120m; b) para processamento dos dados, quanto maior a célula melhor é o desempenho do modelo, deste modo, o tamanho adequado das células se encontra na maior célula possível que permita descrever a cidade em estudo e o ambiente de entorno, com bordas e superfícies que permitam a visualização da informação.

A partir da *grid* o ambiente urbano e natural foi descrito. O modelo aplica um algoritmo de diferença espacial, identificação de potenciais e alocação de crescimento, simula interações espaciais que geram tensões para um par de células e compõem uma medida de centralidade celular. Essa medida de centralidade celular representa uma diferenciação abstrata do ambiente urbano relacionada com os locais de maior atratividade urbana, o modelo calcula potenciais de crescimento identificando locais com maior oportunidade a partir da proximidade dos locais com maior centralidade.

A área das simulações considera uma área de trabalho que abrange ambas as cidades e o ambiente de entorno, de modo a considerar a influência mútua do crescimento entre as duas cidades e entre as paisagens urbana e natural. A partir da delimitação da área de estudo, o modelo permite a livre inclusão de variáveis ou atributos, que podem ser dos tipos urbano, natural ou institucional, os quais podem assumir o papel de atração ou resistência à urbanização. Geralmente, as variáveis dos atributos naturais representam os fatores do ambiente natural, modificados ou não pela ação humana, como os sistemas de águas superficiais, cobertura do solo e fatores geomorfológicos. Os atributos urbanos representam o mapeamento do solo já urbanizado e podem receber diferenciação através de pesos e intensidades de urbanização. Já os atributos do tipo institucional possibilitam representar mecanismos legais ou práticas de planejamento urbano, como é o caso de legislações de

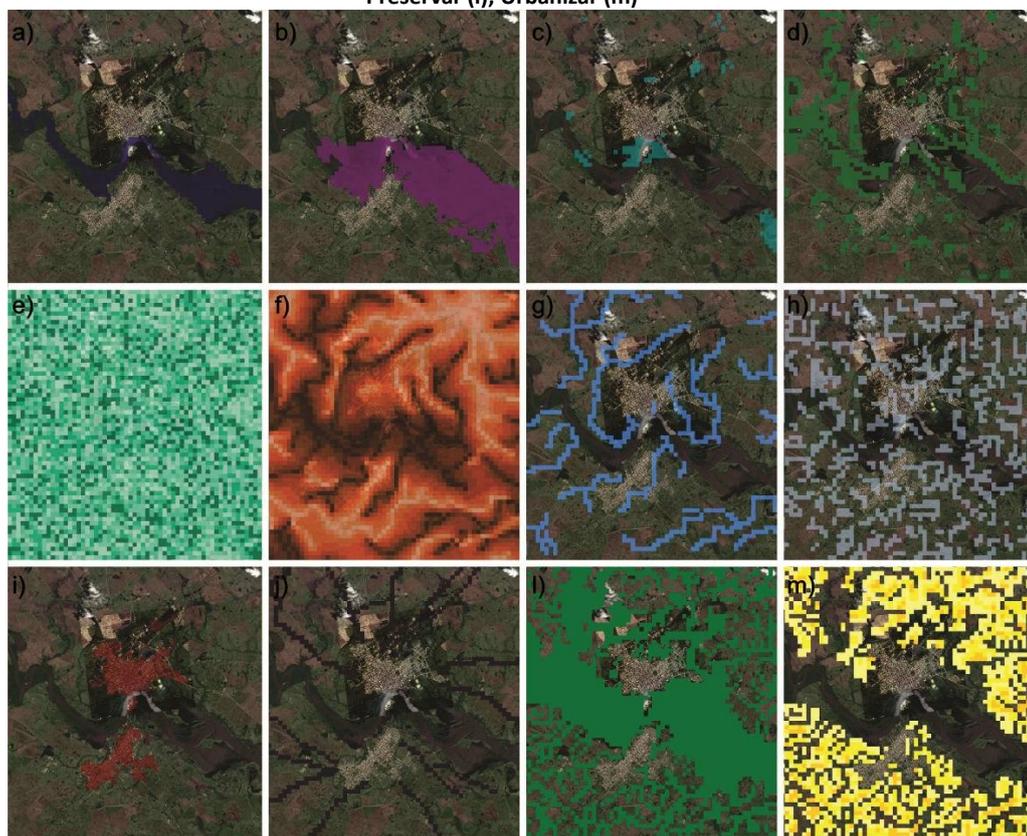


restrição ou incentivo à urbanização. Ainda, os atributos urbanos, naturais ou institucionais, que operam de modo a promover ou restringir o crescimento urbano, podem assumir características que o permitem ser alterados no processo de crescimento, ou são fixos à mudança durante o processo (SARAIVA, 2015).

Os inputs do modelo foram construídos de modo a representar 12 atributos, apresentados na figura 4 e a seguir descritos: Rio Jaguarão, natural, resistência e *freezing*, construído a partir do mosaico ambiental (a); Área de Alagamento de cota 6,2 metros, natural e resistência, construído a partir dos dados de altitudes (b); Banhados, natural, resistência e *freezing*, construído a partir do mosaico ambiental (c); Vegetação Nativa, natural, resistência e *mutable*, construído a partir do mosaico ambiental (d); Atributo Natural Randômico, resistência e *mutable*, com pesos entre 1 e 5, natural e resistência, usado para incluir um grau de aleatoriedade na simulação (e); Geomorfologia, natural, resistência e *mutable*, construídos a partir das bacias hidrográficas (f); Linhas de drenagem de 100ha, natural, resistência e *freezing*, construídas a partir das bacias com áreas de 100ha (g); Linhas de drenagem de 10h, natural, resistência e *mutable*, construídas a partir das bacias com áreas de 10ha (h); Área Urbanizada, urbano, atração e *mutable*, construído sobre a imagem base (i); Vias de acesso, urbano, atração e *mutable* (j); Preservar, natural, resistência e *freezing*, construído com base nas áreas do Zoneamento Ambiental Urbano (l); Urbanizar, institucional, atração e *mutable*, construído com base no Zoneamento Ambiental Urbano (m).

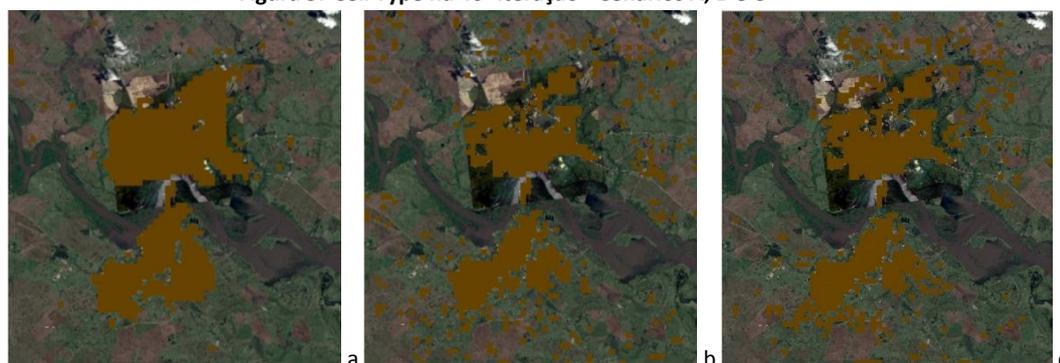
A simulação de crescimento foi processada para três cenários diferentes: Cenário A: que utilizou apenas os atributos naturais e urbanos; Cenário B: incluiu o input (figura 4l) das áreas de preservação do Zoneamento Ambiental Urbano; Cenário C: utilizou os atributos do Cenário B e incluiu o input (figura 4m) da indução da urbanização nas áreas aptas definidas pelo Zoneamento Ambiental Urbano. A regra utilizada nas simulações foi a *Threshold Potential* (POLIDORI, 2004), que assume a medida de centralidade como indicador de qualidade locacional, sendo o potencial de desenvolvimento de cada célula derivado da diferença entre a centralidade da célula e a centralidade máxima em sua vizinhança. As simulações foram geradas para 40 anos, adotando-se a taxa de crescimento de 2% ao ano.

Figura 4: Rio Jaguarão (a); Área de alagamento 6,2 metros (b); Banhados 2009 (c); Vegetação nativa (d); e) Random 1-5 (e); Topografia (f); Linhas de drenagem de 100h (g); Linhas de drenagem de 10h (h); AEU (i); VIAS (j); Preservar (l); Urbanizar (m)



Fonte: Autores, 2016.

Figura 5: Cell Type na 40ª iteração - Cenários A, B e C

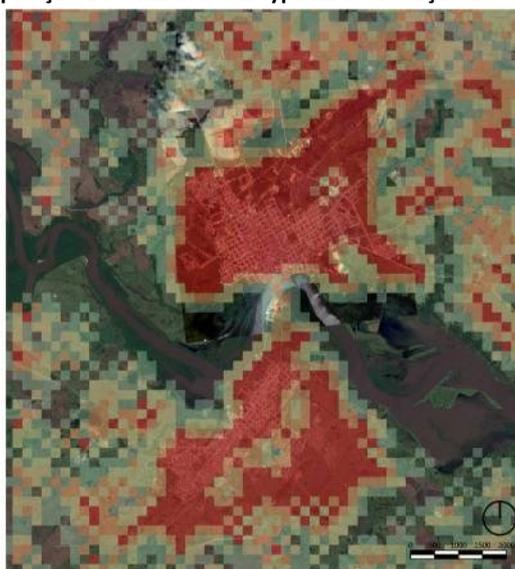


Fonte: Autores, 2016.

A figura 5 apresenta o resultado do *CellType*, ou fenótipo urbano, para o ano de 2055, para os cenários A, B e C, respectivamente. Nota-se que os processos simulados diferem-se, principalmente no que se refere à compactação e fragmentação da forma urbana resultante.

A partir do conjunto de resultados dos cenários de crescimento simulado, foram realizadas operações de álgebra de mapas e análise de vizinhança, de modo a considerar a tendência recorrente de uma determinada célula ou para a transformação urbana. Deste modo, os três distintos cenários apresentam dados *booleanos* e consideram de modo absoluto a transformação de uma célula para o estado urbanizado (conforme figura 5), é possível a integração dos três cenários com resultados considerando diferentes probabilidades à transformação urbana, como está na figura 6 a seguir representado em rampa de cores do vermelho ao azul, sendo 100% de recorrência nas células vermelhas e 20% de recorrência nas células azuis.

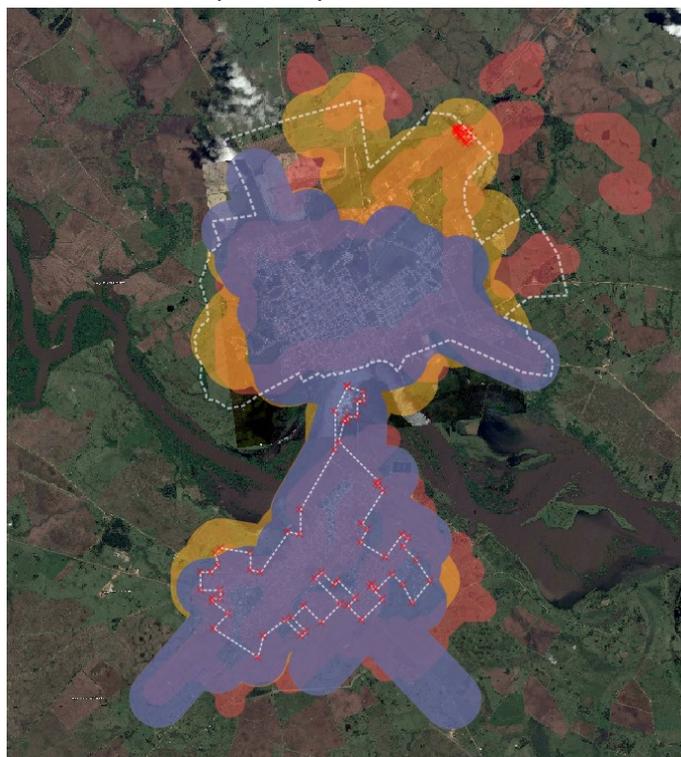
Figura 6: Interpolação da soma dos Cell Type na 80ª iteração dos Cenários A, B e C



Fonte: Autores, 2016.

A partir do conjunto de estudos e análises realizadas foi possível a construção de mapas sínteses, de modo a subsidiar o processo de tomada de decisão para construção de um novo perímetro legal para a cidade de Jaguarão. A figura 7, a seguir, representa os estudos realizados, que considera a múltiplas abordagens de modelagem urbana, sobrepondo os diferentes resultados da análise de *buffers* de 500m da área efetivamente urbanizada (em sobreposição de cor amarela), do mapa dos vetores de maiores acessibilidades também com *buffers* de 500m (em sobreposição de cor azul) e da recorrência de urbanização nos cenários de crescimento urbano (em sobreposição de vermelho). A partir da combinação das diferentes abordagens e da combinação dos três resultados mapeados na figura 7, foi possível a construção de uma nova proposta para perímetro urbano para as cidades, Jaguarão e Rio Branco, delineado pela linha pontilhada em branco.

Figura 7: Sobreposição de resultados das diferentes análises e de modelagem urbana para Jaguarão e Rio Branco, considerando área efetivamente urbanizada (amarelo), acessibilidades (azuis) e simulações de crescimento (vermelho).



Fonte: Autores, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de expansão do perímetro urbano, realizada mediante um conjunto de análises em base de dados SIG, juntamente com a aplicação de recursos de modelagem e simulação urbana, permite uma abordagem instrumental para o planejamento urbano, de modo que a cidade do futuro pondere a preservação natural, a equidade social e a qualidade ambiental. A revisão do perímetro urbano trata-se de uma ação específica do processo de planejamento urbano, que deve ser compreendida e considerada com as demais etapas desse processo, como o zoneamento ambiental, o zoneamento de densidades, os regimes construtivos e de uso do solo, e também com os temas de mobilidade, habitação, entre outros.

Os estudos de morfologia, modelagem configuracional e simulação de crescimento urbano, podem ser recursos e instrumentos auxiliares nas ações complexas e dinâmicas, cada vez mais necessárias ao planejamento urbano contemporâneo. O presente trabalho destaca-se por apresentar um método definido e avançado, a fim de que o crescimento e a expansão urbana ocorram, considerando variáveis do ambiente natural, da eficiência urbana e das preexistências construídas e urbanizadas. Avalia-se que os resultados e processos desse



trabalho possam ser replicados em outras cidades, além de apoiar designadamente o planejamento e a revisão do perímetro urbano das cidades em questão, Jaguarão e Rio Branco, contribuindo dessa forma efetivamente para a aproximação dos instrumentos de estudos e das práticas de planejamento urbano.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Claudia; CÂMARA, Gilberto. **Geoinformação em Urbanismo: Cidade Real X Cidade Virtual**. Oficina de Textos. 2007.

BATTY, Michael. **The New Science of Cities**. MIT Press. 2013.

ESRC. **Urban Transformations: Scoping Report on Research Priorities**. Economic & Social Research Council, London. 2013.

HILLIER, Bill et al. **Natural movement**. Environment & Planning B 20. 1993.

KRAFTA, Romulo. **Modelling Intraurban configurational development**. Environment and Planning B: Planning and Design, v. 21. London: Pion, 1994.

LAMAS, José M. Ressano Garcia. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Versão original 1989. 6. ed. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian: Serviço de Educação e Bolsas, 2011.

MARTINS, Roberto Duarte. **A ocupação do espaço na fronteira BrasilUruguay: a construção da cidade de Jaguarão**. Tese. (Doutorado em Histórias Especializadas). Escola Técnica Superior de Arquitetura. Universidade Politécnica da Catalunha, 2001.

PAIM, Daniel. **Comportamento agregado da medida de acessibilidade Na descrição da morfologia urbana**. Dissertação de Mestrado UFPel PROGRAU. Pelotas. 2015.

PERES, Otávio Martins. **Crescimento Urbano e Hidrografia: dinâmicas morfológicas e articulação à paisagem natural**. Dissertação de Mestrado UFPel PROGRAU. Pelotas, 2010.

POLIDORI, Maurício. C. **Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade**. Tese de Doutorado UFRGS PPGECCO. [S.I.], 2004.

POLIDORI, Maurício. C. **Urban Metrics 2.1.1**. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/urbanmetrics/>. Acesso: junho, 2015.

POLIDORI, Maurício. C. **Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade**. Tese de Doutorado UFRGS PPGECCO. [S.I.], 2004.

PORTUGALI, Juval. **Self-organization and the city**. Berlin: pringer, 2000.

PUCCI, Adriano Silva. **O Estatuto da Fronteira Brasil - Uruguai**. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão, 2010.

SARAIVA, Marcos.; POLIDORI, Maurício. C.. **CityCell 4.2 Curupira Software**. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/citycell/> Acesso: junho, 2015.

SARAIVA, M. **Simulação de crescimento urbano em espaços celulares com a medida de acessibilidade: método e estudo de caso em cidades do sul do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado PROGRAU/UFPel. Pelotas. 2013.



SANTOS, Alexandre Pereira. **O lugar dos pobres na cidade: crescimento urbano e localização da baixa renda vista através da modelagem por agentes.** Dissertação de Mestrado PROGRAU/UFPel. Pelotas, 2015.