

Geocomputação e o ambiente urbano digital: contemporaneidades e convergências.

Resumo

A dinâmica espaço-temporal urbana é um processo de difícil apreensão pela elevada quantidade de fatores presentes na cidade e na paisagem que integra, pelas suas interinfluências e diferentes escalas. Para este enfrentamento, a ciência urbana demanda novas ferramentas que contemporaneamente ganham em rigor geoespacial, possibilidades representativas e simultaneamente passam a envolver a variável temporal. Associando conceitos e práticas da ciência do espaço, da modelagem urbana e dos sistemas computacionais, o objetivo do trabalho é trazer a tona um conjunto instrumentos para abordar o ambiente urbano de modo digital, possibilitadas a partir de recursos das geotecnologias. O trabalho apresenta aplicações de diferentes sistemas de informações geográficas (SIG) no campo da ciência, dos serviços e como auxiliar no suporte à tomada de decisões. Da convergência entre as geotecnologias, das Cidades Visuais e da geocomputação, ambientes urbanos do presente, passado e futuro podem ser virtualmente replicados em ambientes digitais, permitindo avanços nos campos analítico, experimental e podem ser auxiliares na produção de conhecimento a respeito do fenômeno urbano.

Palavras chave: geocomputação; modelagem urbana; SIG.

1. Introdução.

Para melhor compreender o fenômeno urbano é preciso trabalhar com as suas dinâmicas, não só para compreender as suas mudanças, mas também para melhor compreender os processos que a provocam, os fatores que a condicionam e os padrões espaciais recorrentes e intrínsecos à cidade. O paradigma contemporâneo da ciência urbana está em abordar a cidade como um processo dependente de múltiplos fatores, onde se faz cada vez mais necessária abordagens que envolvam a perspectiva espaço-temporal. Assim como os sistemas urbanos, que por muito foram abordados como se fossem objetos inertes, os recursos e instrumentos que por muito se utilizou para representar o fenômeno seguem a uma mesma lógica. Planos, projetos e sistemas de informações sobre as cidades tradicionalmente apresentam limitações no que se refere à escala do tempo, geralmente alcançando um curto ou inexistente horizonte temporal (Portugali, 2000; Batty, 2007; 2009).

Desta forma, abordagens contemporâneas sobre o fenômeno urbano, além envolver as tradicionais variáveis geométrico-espaciais, necessariamente devem envolver também a variável temporal. Para questões analíticas sobre o espaço, o processo de evolução urbana, a forma que ocorrera o crescimento espacial e as dinâmicas de reconstruções internas é de fundamental importância. Para a elaboração de planos e projetos, a simulação e a representação de cenários futuros representam e possibilitam que hipóteses sejam previamente testadas. Para a valorização da memória e da identidade urbana, reproduzir, relacionar e experimentar realidades do passado urbano ganham em possibilidades de informação e possibilita vivenciar ambientes urbanos que não mais existem. Em suma, novas ferramentas para se trabalhar com o fenômeno urbano cada vez mais necessariamente ganham em rigor geoespacial, possibilidades representativas e simultaneamente passam a envolver a variável temporal (Batty, 2009).

Entretanto, o processo da dinâmica temporal urbana é de difícil apreensão pela elevada quantidade de fatores presentes na cidade e na paisagem que integra, pelas suas interinfluências e diferentes escalas, pelo grande tamanho da cidade e pela ocorrência de mudança no curto e no longo prazo (Batty e Longley, 2003; Allen, 1997, respectivamente). Para isso, este trabalho procura se associar à conceitos e praticas contemporâneas da ciência do espaço, da modelagem urbana e dos sistemas computacionais, pressupondo um caminho para abordar a variável temporal, onde o fenômeno possa ser encarado sob a sua perspectiva sistêmica. Neste sentido, o presente trabalho apresenta um panorama teórico-metodológico sobre recursos associados ao campo da geocomputação, que contemporaneamente tem permitido ganhos analíticos e representativos sobre o ambiente urbano.

O objetivo do trabalho é trazer a tona um conjunto de instrumentações para abordar o ambiente urbano de modo digital, possibilitadas a partir de recursos das geotecnologias, que envolvem recursos de sistemas de informações geográficas (SIG), práticas de modelagem configuracional urbana e avanços sobre a representação gráfica digital das cidades. Por fim, o trabalho ainda indica os avanços recentes no que se refere às possibilidades de disponibilização, colaboração e experimentação destes instrumentos a partir dos chamados *Planetas Digitais*, como o software Google Earth, que são verdadeiros portais individuais para a imersão nestes ambientes urbanos virtuais.

2. Recursos Teóricos.

Este título está organizado em três subtítulos de modo a facilitar a revisão sobre conceitos que este trabalho de caráter prático-descritivo, está apoiado. O primeiro trata de alguns conceitos e distinções do campo das geotecnologias. O segundo fundamenta o campo da modelagem urbana, suas origens, classificações e a reemergência a partir da associação aos ambientes computacionais e da geocomputação. O último refere-se às múltiplas possibilidades de representação digital do ambiente urbano, que conjuntamente caracterizam o fenômeno das Cidades Visuais.

Geografia urbana e a computação.

Geotecnologias podem ser entendidas como um conjunto de recursos dedicados à compreensão do território, cujas ferramentas e abordagens transdisciplinares permitem uma forma de redescobrir o mundo, o que pode ser particularmente feito em relação à cidade (Batty, 2009). As geotecnologias são tomadas menos como um conjunto de ferramentas computacionais e mais como um novo paradigma que alicerça estudos espaciais, como sugere Buzai (2003), ao encadear as ações de inventário, diferenciação, interação, significância e temporalidade.

Dentre as possibilidades das geotecnologias, os sistemas de informações geográficas (SIG) se destacam no campo técnico e operacional, facilitando a aquisição, o tratamento, as análises e o arquivamento das informações espaciais (Câmara, 2001). Dentro dos recursos utilizados pelos SIGs, existem dois métodos de representação das feições geográficas: os dados vetoriais e os dados raster. Na representação vetorial as feições são mapeadas em plano bidimensional através de pontos, linhas ou polígonos, sendo usado um sistema de coordenadas cartesianas X, Y. Pontos são definidos por uma única coordenada (como postes e árvores); linhas são constituídas por vários pontos ou vértices interligados, constituindo vetores (como estradas, rios e eixos de ruas); polígonos são áreas delimitadas por várias linhas (como lotes, lagos e edificações). Na representação raster as feições são representadas

através de uma grade retangular (grid) ou matriz finita de células, as quais normalmente são retangulares e com qualquer resolução ou tamanho. Cada célula ou pixel possui um valor associado, que pode representar o tipo de solo, tipo de vegetação, densidade populacional, declividade ou outro dado de interesse para o projeto.

Como comumente tem sido tratada, a aplicação dos SIG (ou GIS – *Geographic Information Systems*) podem ser mais bem descritas a partir das suas vertentes *GISystems*, *GIScience* e *GIService* (Longley et al, 2001; Nyerges e Jankowski, 2010). A vertente dos *GISystems* pode ser definida a partir de três perspectivas: dos seus componentes (hardware, software, dados, pessoas, sensores, etc.); seus processos (coleta, armazenamento, análise, disponibilização, interação, etc.); e suas motivações ou finalidades (consulta, gerar conhecimento, auxiliar na tomada de decisões, etc.). A vertente *GIScience*, envolve um sistemático tratamento dos dados e do próprio instrumento para testar ou gerar conhecimento, relacionando atributos espaciais, a variável temporal e as inter-relações que ocorrem entre os diferentes subsistemas. Já os serviços possibilitados pelos SIG (*GIService*) envolvem desde os mais complexos sistemas de suporte à tomada de decisões que rodam em supercomputadores, até o desenvolvimento de aplicativos geográficos (*geographic appliances ou geo app*) que rodam nos dispositivos móveis, individuais, interativos e com acesso a web.

Associando estas três vertentes de aplicação dos SIG, a geocomputação tem sido referida como o uso de diferentes tipos de dados espaciais e como o desenvolvimento de ferramentas para a ciência espacial, de modo a potencializar a solução de diversos tipos de problemas, assumindo grande importância para a investigação científica (Longley et al, 2001; Foth, 2009). Essas ferramentas enriquecem as abordagens espaciais com recursos de inteligência artificial, permitem a inclusão de teorias e a verificação de hipóteses, com intenso uso de recursos computacionais (ebook sobre sistemas de decisão em SIG).

Modelagem Urbana.

Por seu turno, a ciência urbana tem construído ao longo de cada período da sua curta história, diferentes formas de representação e avaliação das cidades. Modelos urbanos são representações do ambiente da cidade, onde através da captura de uma determinada realidade, o fenômeno urbano pode ser reproduzido, controlado e explorado. A ciência da modelagem urbana tem apresentados significativos avanços nas últimas décadas, principalmente a partir do desenvolvimento e popularização dos sistemas computacionais (Echenique, 1975, Batty, 2009).

A partir dos anos 60, a ideia de modelar a cidade passa a estar intimamente relacionada com o desenvolvimento de plataformas computacionais, a popularização dos computadores

peçoais e a recente operacionalização da rede mundial da internet. Para a ciência urbana, estes avanços significam a possibilidade de representação abstrata através da linguagem matemática, o que permite que modelos passem a ter um significado complementar e até mesmo sinônimo da ideia de teoria (Batty, 2007). Bons modelos e boas teorias convergem como diferentes maneiras de representar determinadas concepções dos sistemas urbanos, ambos buscam maneiras simplificadas e eficientes de fazer esta representação (Echenique, 1975). Contemporaneamente, modelos são essenciais para articular o presente e o futuro das cidades, são representações das funções e processos que configuram a estrutura espacial urbana, geralmente relacionados a programas computacionais que permitem alocar teorias a serem testadas frente aos dados e explorar finalidades preditivas de padrões locais emergentes (Batty, 2009).

Batty (2007) indica que modelos podem ser classificados a partir da mídia utilizada para representá-lo, material ou digital, e destaca a classificação dos modelos quanto a sua formalização, se icônicos ou simbólicos. Modelos icônicos seriam modelos reais, de um sistema real; representados geralmente em escalas reduzidas, através de outro meio, que pode ser tanto material, quanto digital. Já modelos simbólicos são aqueles em que substituem o sistema físico-material pela lógica matemática, e assumem capacidades preditivas e exploratórias. Anterior ao advento da computação digital, modelos tratavam-se principalmente de modelos icônicos, construídos através de materiais tradicionais e utilizados como representação estática de planejamentos físicos da cidade, entretanto, se fazia presente a necessidade de desenvolvimento de ferramentas com capacidades de planejamento urbano (Batty, 2007).

Atualmente, interage-se com ambientes computacionais quase exclusivamente através de interfaces gráficas (Hudson-Smith, 2007), o que indica um caminho a superar a classificação de modelos em icônicos e simbólicos, modelos urbanos significam estruturas cada vez mais diversas e ricas, com seus poderes analíticos e preditivos cada vez maiores e buscam articular a abstração da lógica matemática a representações gráficas digitais cada vez mais realistas (Batty, 2007). O paradigma da modelagem urbana passa então a envolver a ideia de simbolismo e de representação icônica, simultaneamente. O processo de modelagem do ambiente da cidade contemporâneo deve então corresponder a estas diferentes ideias de modelagem, porém o desenvolvimento de modelos que efetivamente articulem estas ideias ainda é um campo a ser amplamente explorado, com poucos avanços operacionais.

Cidades Visuais

No campo da visualização urbana, ao longo da história têm se buscado diferentes formas de representações da realidade, com diferentes propósitos, para diferentes audiências e através de diferentes meios. A possibilidade de representar a realidade através de meios digitais e virtuais, devido aos grandes avanços computacionais das últimas décadas e a possibilidade de uma ampla disponibilização destes modelos através da grande rede mundial de computadores, nos permite hoje, replicar as experiências visuais dos diferentes ambientes das cidades e facilmente disponibilizarmos a outros usuários, em um fenômeno caracterizado por “cidades visuais” (Hudson-Smith, 2007).

Segundo o autor, “cidades visuais” seriam representações do ambiente construído da cidade, através dos equivalentes digitais de tijolos e argamassas em ambientes virtuais, que nada mais são que linhas, polígonos, texturas e principalmente dados. “Cidades visuais” trata-se de uma nova possibilidade de representar o espaço da cidade de forma cada vez mais rápida, cada vez com mais precisão. Quando tratamos de cidades visuais, estamos concentrados na busca por formas de representações que nos permitam gerar uma melhor compreensão do ambiente construído. A representação e distribuição das cidades visuais passa pela revolução dos mundos digitais, a re-emergência da geografia ou a neogeografia, onde computadores pessoais on-line na internet possibilitam usuários explorar o globo terrestre através de web-based softwares como Google Maps, Google Earth, Microsoft’s Virtual Earth, ESRI’s ArcExplorer, e o NASA World Wind, dentre outros (Hudson-Smith, 2007).

Estes “planetas digitais” que disponibilizam informações geográficas de diferentes maneiras vêm a suprir uma alta demanda de representação dos ambientes geográficos e avançam, em suas mais recentes versões, nas possibilidades da representação tridimensional, questão central para a compreensão e percepção das cidades visuais. Hudson-Smith considera que a plataforma Google Earth tem capitaneado os avanços das possibilidades de representação geográfica destes programas e correntemente é o mais utilizado, onde recentemente emergem possibilidades de explorar o ambiente geográfico em três dimensões, simular a incidência solar e o enriquecer do ambiente com a disponibilização de modelos tridimensionais e mosaicos de imagens de múltiplas resoluções, avanços que representam grandes possibilidades de explorar a visualização do ambiente urbano.

3. Recursos Instrumentais.

Neste título estão apresentados recursos associados às geotecnologias e dedicados a representação digital do ambiente urbano. Buscando uma maior unidade aos dados apresentados, todos os recursos estão aplicados ao ambiente da cidade de Pelotas-RS; são diversas aplicações, desenvolvidas e publicadas por diversos pesquisadores associados à Uni-

versidade Federal de Pelotas. Os recursos são, na maioria dos casos, desenvolvidos pela célula do Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) e aplicados como auxiliares às práticas de ensino, pesquisa e extensão no Laboratório de Urbanismo (LabUrb); ambos sediados na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da referida universidade.

Sistemas de Informações Geográficas

Cada vez mais se utiliza recursos dos SIG, nos mais diversos campos da ciência, pelas mais variadas pessoas e organização pelo mundo. No contexto urbano suas aplicações vão desde simples base de dados para consulta, passando por aplicações na ciência espacial, até o desenvolvimento de sistemas de suporte à tomada de decisões (*GISystems*, *GIScience* e *GIService*, respectivamente).

SIG cadastrais; consultivos.

A aplicação mais simples que se pode ter de um SIG é para o simples cadastro e consulta de dados geográficos. O ambiente geográfico digital permite o armazenamento de informações onde o atributo espacial é de fundamental importância, como ocorre com todos os dados referentes à realidade urbana. Diferentemente da simples aplicação dos recursos geométricos da linguagem CAD (computação aplicada ao desenho), o mapeamento urbano associado aos recursos SIG permitem ampliar o conjunto de dados geométricos, associando a estes textos, tabelas, fotografias e vídeos. Ainda, ao assumir uma forma de georeferenciamento permite que um determinado SIG seja relacionado com outro, mantendo sua posição relativa no globo terrestre (Longley et al, 2001).

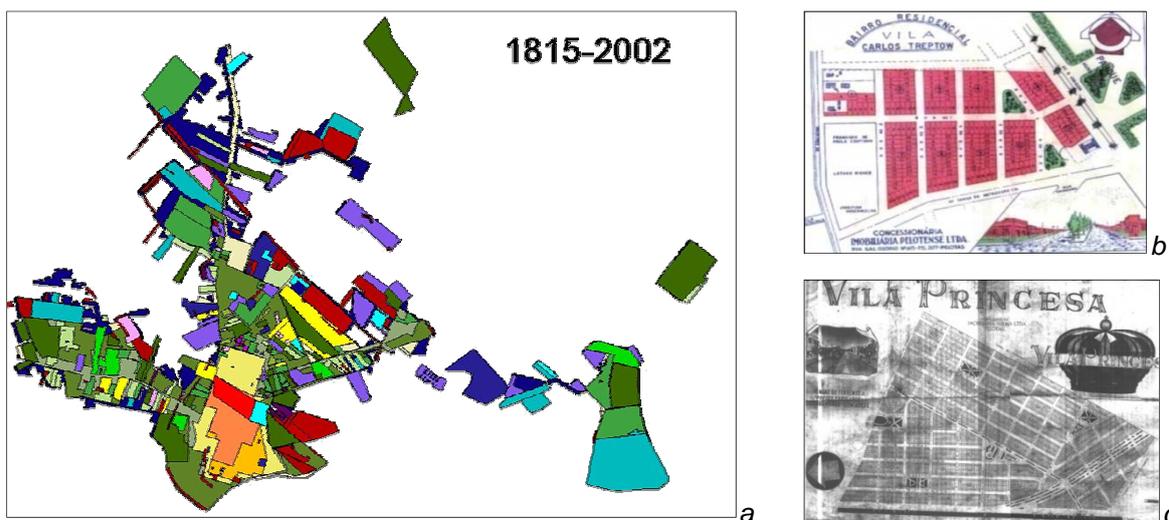


Figura 1. SIG da evolução urbana da cidade de Pelotas (Silva e Poldori, 2004).

No caminho dos SIG cadastrais, com motivações de armazenamento e consulta, desde o ano de 2001 vem sendo desenvolvido no LabGeo um SIG do Patrimônio Cultural e Ambiental de Pelotas-RS. Dentro do conjunto de informações sobre o ambiente da cidade de Pelotas-RS.

tas, o "SIG evolução" compila um conjunto de documentos e dados geográficos que representam o processo de evolução urbana (Silva e Polidori, 2004). Os mapas, aerofotogramétricos, plantas e cadastros estão neste SIG espacialmente relacionados, permitindo um panorama morfológico e dinâmico sobre a evolução urbana da cidade. A partir da vetorização dos dados dos loteamentos e imagens originais no formato raster, conforme figuras 1b e 1c antes apresentadas, mantidas as informações referentes à escala temporal, conjuntamente é possível a descrição espacial do processo de evolução urbana, conforme figura 1a antes apresentada.

SIG interativo, web-based.

Outra aplicação de recursos SIG à documentação do ambiental urbano que vem sendo desenvolvido é a sistematização do inventário do patrimônio cultural. A realização de um inventário do patrimônio visa contribuir como ferramenta de resguardo do patrimônio, bem como colaborar com processos de educação patrimonial, facilitando o autoconhecimento de uma comunidade e o fortalecimento de sua identidade. Neste sentido, a sistematização em um ambiente SIG, se amplamente disponibilizado à sociedade, pode contribuir fortemente para atingir os objetivos do inventário (Polidori et al, 2001).

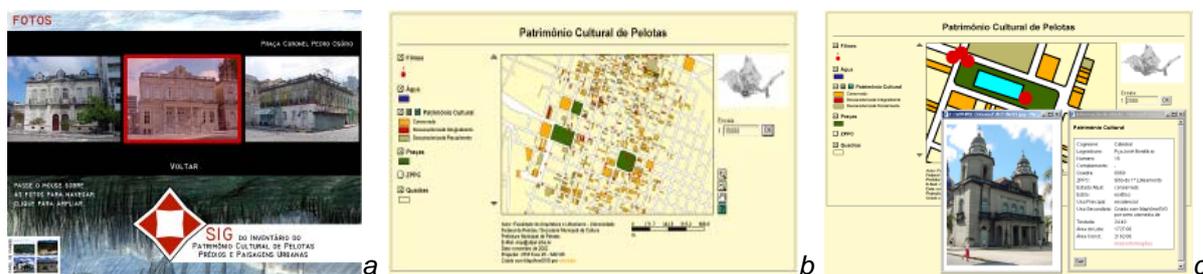


Figura 2. interfaces do SIG do Inventário do Patrimônio Cultural de Pelotas, disponibilizadas na web. (disponível em <http://faurb.ufpel.edu.br/siphpel>, acesso em 5 de janeiro de 2011)

O SIG do Inventário do Patrimônio Cultural de Pelotas compila dados de naturezas distintas, referentes ao patrimônio edificado e da paisagem natural da cidade, reunindo um conjunto de dados bidimensionais, mapas, textos, fotos e vídeos. O SIG está disponibilizado na web (<http://faurb.ufpel.edu.br/siphpel>), mediante integração de linguagem HTML (*HyperText Markup Language*), Flash e *MapView SVG* (marcas registradas da Adobe e ESRI, respectivamente). No ambiente web, o usuário da web interage com o SIG, realizando a consulta desejada, inclusive possibilitando correlações entre os dados. A figura 2, acima, apresenta as interfaces: principal (figura 2a), dados bidimensionais no formato de mapas (figura 2b) e forma de disponibilização de imagens associada aos mapas (figura 2c).

Historiografia, Modelagem e Simulação Urbana.

Em estudos dedicados ao histórico processo de crescimento urbano, uma das grandes limitações está na consistência dos dados, principalmente pelo grande intervalo temporal e pelo nível de agregação espacial em que geralmente ocorrem a documentação histórica, impossibilitando assim um melhor entendimento sobre o processo de mudança. Paradigmas contemporâneos da historiografia urbana são muito semelhantes ao da ciência urbana, haja vista que o objeto em questão é o mesmo, a cidade, e mesmo em campos disciplinares distintos a questão contemporânea está em observar o fenômeno como um sistema emergente e dinâmico (Jansen, 2001).

Neste caminho, a historiografia urbana sistêmica tem se desenvolvido como um campo teórico, que visa novas formas de recuperar e/ou reconstruir os processos urbanos históricos, onde se inclui estudos da historiografia a partir da prática da modelagem de sistemas (Jansen, 2001), assim como a emergência do uso das narrativas da história oral e imaginária (Pesavento, 2007), os estudos da história ambiental e da ecocrítica (Drummond, 1991)

Reconstrução do tecido urbano passado através da exclusão das centralidades mínimas.

Associado ao quadro teórico da historiografia urbana sistêmica, a seguir está apresentado um procedimento metodológico, com desenvolvimento ainda em caráter exploratório, mas de real potencialidade para auxiliar na reconstrução de padrões espaciais urbanos do passado. O procedimento está proposto para inferir, simular, capturar, tecidos urbanos a partir de mapas de eixos atuais e configurações espaciais do histórico processo do crescimento das cidades, procurando um caminho para superar as tradicionais limitações dos intervalos temporais que ocorrem a documentação direta da evolução urbana, potencial para aproximar estudos da historiografia urbana tradicional à teoria de sistemas, a morfologia e modelagem urbana.

O procedimento se utiliza do *software* Medidas Urbanas e do modelo de Potencial-Centralidade. Apoiada na lógica da teoria dos grafos, a Medida de Centralidade é um modelo de diferenciação espacial baseado em conectividades, distâncias e interações entre espaços urbanos, considerando a distribuição desigual de estoques edificados. Em um dado tecido urbano, a medida de Centralidade trata da distribuição desigual de matéria urbana sobre o espaço, a qual conduz o sistema a um estado de desequilíbrio espacial. A medida não deve ser tomada apenas como a descrição espacial de uma dada morfologia, mas sim como um indicador de desequilíbrio do sistema espacial, capaz de configurar um conjunto de forças que enunciam vetores de crescimento urbano futuros. Desta forma, a distribuição de centralidades também pode configurar uma paisagem de oportunidades de produção econômica do espaço urbano, onde os locais de menor centralidade caracterizam as oportu-

tunidades de desenvolvimento de áreas urbanas ainda pouco agenciadas, portanto disponíveis.

Embora originalmente concebida como uma medida estática, a possibilidade de abordagem dinâmica é evidente a possibilidade de abordagem dinâmica, pois a partir da adição de estoques construídos em locais de maior potencialidade ao crescimento o processo torna-se iterativo, permanente e dinâmico, uma vez que as vantagens iniciais tendem a mudar com a dinâmica urbana (Polidori, 2004). No sentido inverso, se tomarmos a descrição das centralidades atual de um determinado sistema, os eixos de menor centralidade representam os locais onde ocorreria o crescimento urbano.

Partindo de um atual mapa de ruas da cidade, o procedimento trata da exclusão das centralidades mínimas, com o intuito de replicar o processo de evolução urbana da cidade. O processo se deu em três etapas. Na primeira, foram excluídos 75% dos 400 eixos de menor centralidade, onde foram realizadas 9 iterações e o processo de exclusão se deu de modo aleatoriamente distribuído pelo sistema de eixos. Logo na segunda etapa, em 3 iterações foram excluídas 80% dos 100 eixos de menor centralidade. Por fim, passou-se a excluir 100% dos 30 eixos de menor centralidade, em 3 iterações.

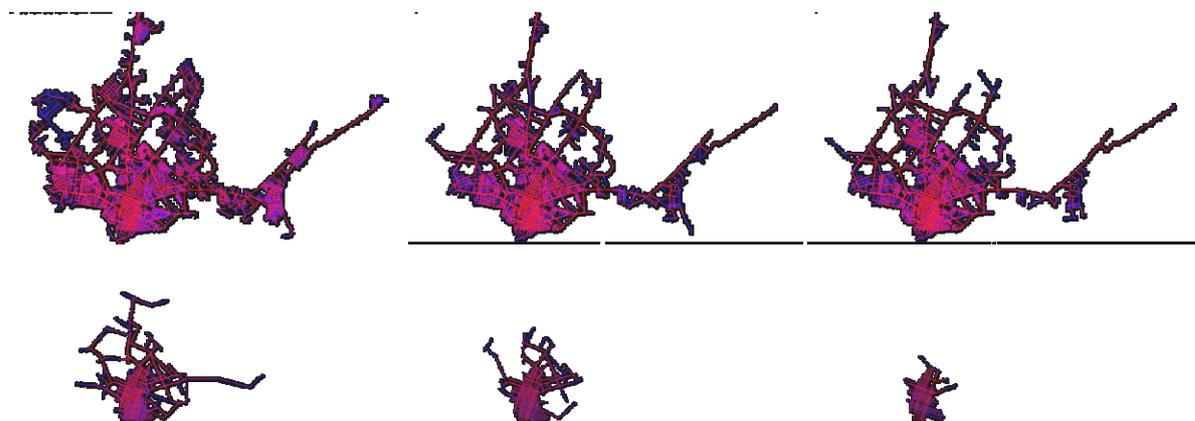


Figura 3. reconstituição do processo de crescimento urbano da cidade de Pelotas-RS, através do processo de exclusão de centralidades mínimas (mostrado 6, de um total de 15 iterações).

Com estágios intermediários registrados, um conjunto de 15 iterações forma um processo de simulação do tecido urbano passado, alcançando significativas correlações visuais, conforme apresentadas 6 iterações na figura 3, acima. Como o processo ainda ocorre em caráter experimental demanda um maior aprofundamento nas correlações numéricas, operacionais e indicam ampliar o experimento para outros casos, onde a construção de um procedimento computacional capaz de replicar o processo automaticamente seria de grande auxílio.

Simulações do crescimento urbano celular: passado e futuro.

A medida de Potencial-Centralidade também está implementada no Simulador do Ambiente da Cidade – SACI, apoiada na lógica da modelagem a partir de autômatos celulares, onde

crescimento urbano pode ser simulado a partir da distribuição de tensões e diferenças de centralidade, permitindo reproduzir morfologias do crescimento e experimentar cenários de futuro para uma determinada realidade. A figura 4, a seguir, apresenta dois procedimentos de simulação do crescimento para a cidade de Pelotas para um horizonte temporal de 40 anos. A figura 4^a representa o cenário de preservação do patrimônio cultural e ambiental, de onde emergem morfologias fragmentadas e descontínuas; já a figura 4b, representa o cenário de crescimento concêntrico, permitindo assim análises comparadas (Polidori, 2004).

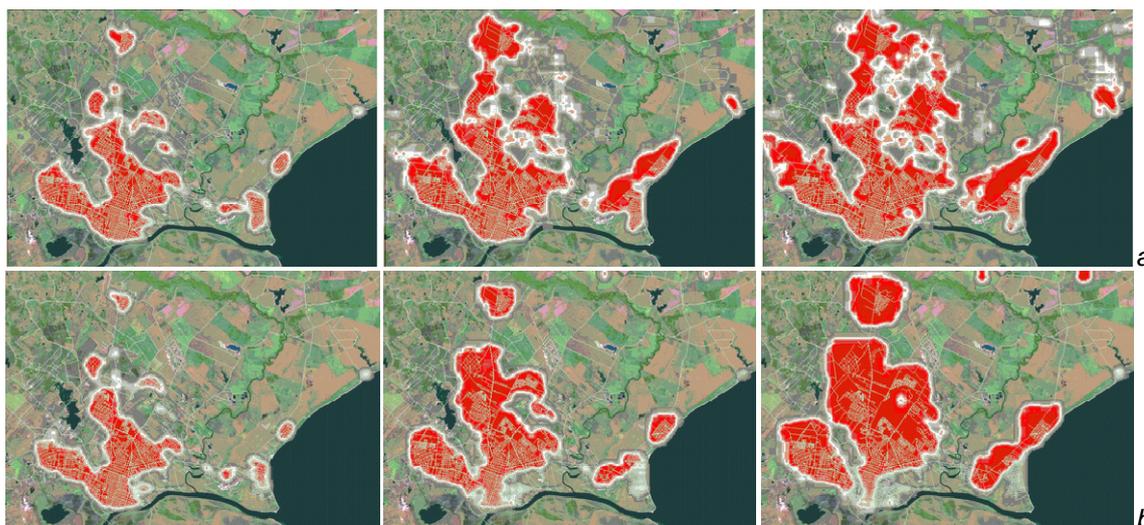


Figura 4. diferentes cenários de crescimento urbano futuro explorados de Pelotas (Polidori, 2004).

A partir de um modelo de simulação de crescimento operando em um ambiente de geoprocessamento, cientificamente calibrado e validado para uma determinada realidade, experimentos a respeito dos padrões urbanos passados podem ser realizados tanto com a finalidade de auxiliar na tomada de decisões (*G/Service*), como é o caso da cidade da aplicação na elaboração de um plano para a cidade de Torres, mas também permite avanços no campo teórico-científico (*G/Science*), como ocorre o trabalho de Peres (2010).

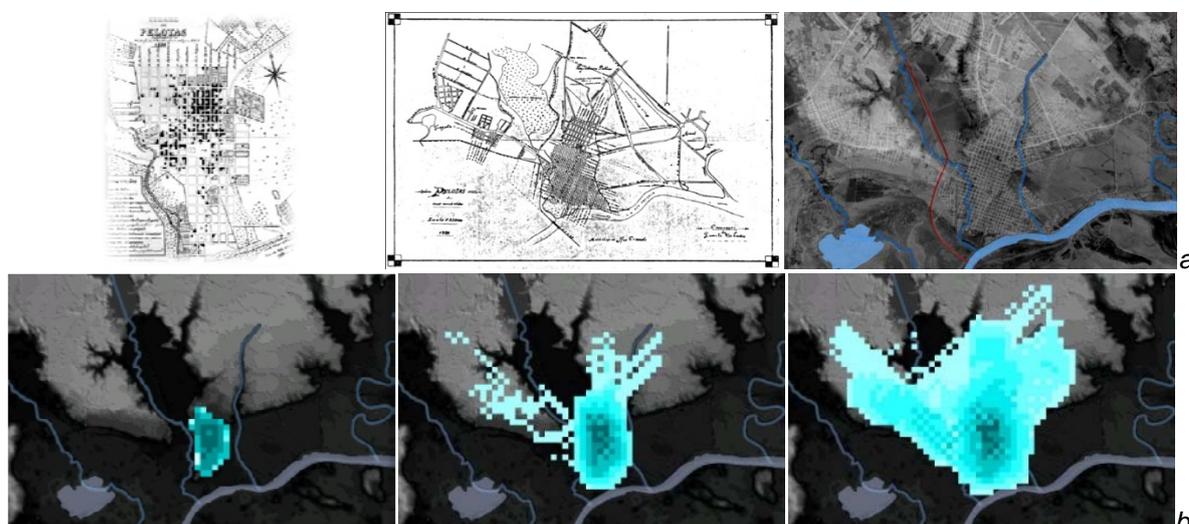


Figura 5: correlação entre a evolução urbana real (anos de 1835, 1927 e 1965) e cenários do passado simulados pelo SACI para aferir o papel da hidrografia na dinâmica urbana (Peres, 2010).

Dedicado a capturar a influência dos atributos da hidrografia na descontinuidade espacial urbana da cidade de Pelotas, o SACI está aplicado para replicar o processo de crescimento da cidade entre os anos de 1835-1965, sensível a capturar os parâmetros e influência dos atributos dos recursos hídricos no processo de evolução urbana. A figura 5 na página anterior apresenta um paralelo com significativas correlações visuais e numéricas entre os dados do crescimento urbano real, documentado (figura 5a), e os estágios da morfologia urbana capturada por simulação (figura 5b).

Modelos tridimensionais.

As inúmeras possibilidades de modelagem, simulação, representação e visualização dos ambientes digitais urbanos, que envolvem recursos da linguagem SIG, CAD (*Computer Aided Design*), modelagem numérica tridimensional de terrenos (MNT) e da fotografia digital, vêm sendo reconhecida como o movimento das Cidades Visuais (Hudson-Smith, 2007). Cidades visuais significam novas possibilidades de representar o espaço da cidade, de forma cada vez mais rápida, cada vez com mais precisão.

Buscando reduzir ao máximo os tempos de produção de conjuntos tridimensionais, o *Google* desenvolve paralelamente suas duas plataformas *Earth* e *SketchUp*. Embora o processo ainda ocorra prisma por prisma, construção por construção, o desenvolvimento do processo de criação de cidades virtuais através dos softwares *Google* tem sido facilitado pelo desenvolvimento de um ambiente repositório de objetos tridimensionais, chamado 3D Warehouse. Os softwares disponibilizados pelo *Google* baseiam-se na lógica dos softwares de distribuição gratuita, carregam altas taxas de funcionalidade e requerem conhecimento técnico relativamente baixo.

A prática de geração e disponibilização de modelos 3D gerados através do *Google SketchUp* e posteriormente disponibilizados para visualização através do *Google Earth*, não se trata de um processo que mereça uma única e exclusiva referência, pois trata-se de um processo que emerge do desenvolvimento destes diferentes aplicativos computacionais e é amplamente estudado por diversos autores e centros de pesquisa. Neste trabalho, como os exemplos estão dedicados à cidade de Pelotas, cabe destacar práticas como “Modela Pelotas” e “Modela UFPe”, realizadas pelo Grupo de Estudos para o Ensino/aprendizagem de Gráfica Digital (GEGRADI) da Universidade Federal de Pelotas.

A plataforma *SketchUp* apresenta um conjunto de ferramentas que facilito o georeferenciamento (função *get current view*), a disponibilização na plataforma 3D Warehouse (função *share model*) e exportar para o formato nativo do *Earth* (função para exportar modelo como *.kml e *.kmz). Para a obtenção de um modelo urbano otimizado, devem-se modelar apenas as formas básicas dos objetos edificados, onde a abstração dos detalhes é fundamental

para que o modelo se torne de fácil disponibilização e navegação na internet. Os detalhes do objeto são produtos da etapa da chamada modelagem visual (Gegradi, 2008), onde o modelo passa por uma transformação da sua aparência, adicionando-se cor e texturas às superfícies. Comumente tem sido utilizadas fotografias do próprio objeto para aplicá-las como textura, gerando a ilusão de que os elementos estão efetivamente modelados. A figura 6 a seguir, apresenta uma imagem de uma etapa do processo de modelagem tridimensional na plataforma *SketchUp*, sobre imagens de satélite capturadas via link com a plataforma Earth (figura 6a), bem como um modelo tridimensional, produto do projeto Modela Pelotas, disponível na plataforma 3D Warehouse.

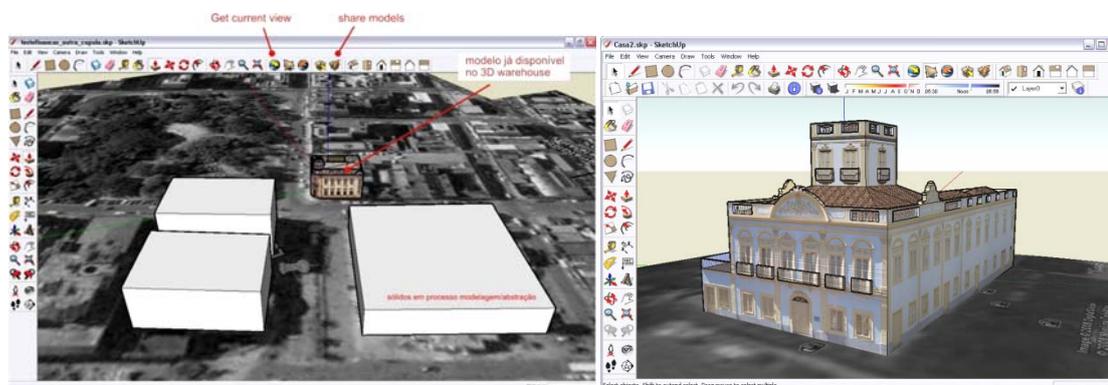


Figura 6: ambiente de modelagem gráfica tridimensional do Google SketchUp.

A partir da associação entre os softwares do Google, as possibilidades de representação e visualização e compartilhamento são inúmeras, sendo recorrentes atualizações dedicadas a facilitar a construção das Cidades Visuais, com destaque para mais recente atualização, o Modelador de Edifícios (*Building Maker*). Recentemente foi disponibilizado a partir da plataforma do 3D Warehouse (<http://sketchup.google.com/3dwh/buildingmaker.html>) um ambiente online para auxiliar a modelar de edifícios, onde a partir da integração das plataformas *Earth* e *SketchUp* se tem a pretensão de modelar colaborativamente o mundo inteiro.

Mesmo com o avanço das técnicas de computação gráfica lideradas por avanços associados à modelagem tridimensional aplicando a tradicional linguagem CAD, a modelagem tridimensional da paisagem natural representa uma outra vertente de grandes possibilidades de avanço na representação do ambiente urbano digital, porém com avanços mais restritos. Este tipo de modelagem ocorre a partir de dados geralmente capturados por sensoriamento remoto, associada a práticas de geoprocessamento para construir os arquivos digitais que carregam informações sobre o terreno. A partir destes Modelos Numéricos de Terreno (MNT) ou Modelos Digitais de Elevação (DEM), softwares específicos são responsáveis pelo processo de ambientação e render dos dados de elevação.

A figura 7 a seguir apresenta resultados de um estudo exploratório de modelagem tridimensional da paisagem natural da cidade de Pelotas-RS. Estas imagens são construídas a partir

de modelos de elevação, dados de altitudes da agência norte-americana USGS (*United States Geological Survey*) e pelo software *TerragenTM* v.0.9, desenvolvido pela *Planetside Software*.

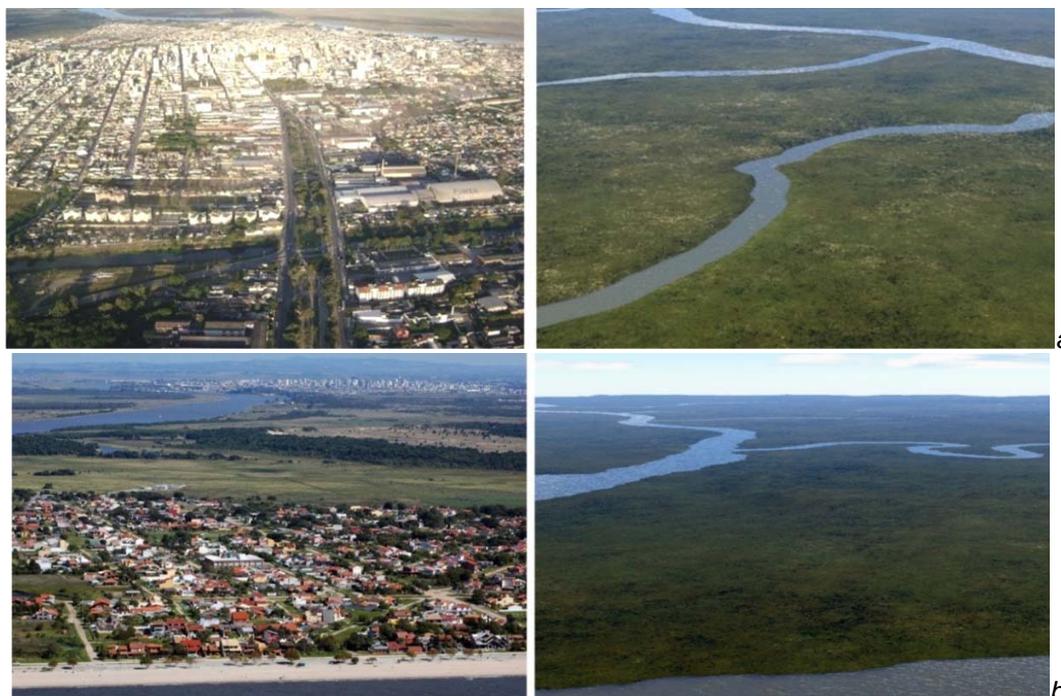


Figura 7: recriação da paisagem natural da cidade de Pelotas-RS: a) a partir da Av. Duque de Caxias, sentido NO-SE; b) a partir do Laranjal, sentido L-O.

Sobreposição de fotografias: georeferenciamento; panorâmicas e imersão.

No caminho das cidades visuais, complementarmente aos objetos tridimensionais, a disponibilização de fotografias a partir de sua georreferência pode aumentar as possibilidades de representação do ambiente urbano digital. Na plataforma Google Earth, fotografias podem ser aplicadas tanto presas sobre a superfície do globo, da mesma forma que são disponibilizadas as imagens de satélites nativas do software. Este recurso é possível a partir da função “adicionar sobreposição de imagem” e a localização, ajuste e distorção são feitos manualmente, o que tem sido útil para disponibilizar planos e projetos representados bidimensionalmente, geograficamente localizados. Outra utilidade do recurso é aplicar cartas, imagens aerofotogramétricas ou imagens capturadas por satélite, diferentes das disponibilizadas pelo Google Earth.

Outra forma de disponibilização destas imagens é suspensas, flutuantes acima da superfície do globo. Para este modo de disponibilização é preciso antes criar uma determinada geometria onde posteriormente é aplicada a fotografia. A partir da disponibilização de imagens suspensas, um recurso de grande efeito visual é a disponibilização de imagens panorâmicas, sejam estas panorâmicas de projeção retangulares, cilíndricas ou até esféricas.

O primeiro registro do uso de composição panorâmica de imagens data o ano de 1787 (Hudson-Smith, 2007). Uso que tem sido atualmente ampliado devido aos avanços e popularização dos recursos da fotografia digital somados ao surgimento de ferramentas computacionais que facilitam o processo de composição e distorção das fotografias. A visualização de imagens panorâmicas não trata de visualização realmente tridimensional, porém o processo de composição de uma série conjunta de fotos, aproxima-se da realidade da visualização e percepção humana, de modo a aproximar-se da imersão digital e da navegação a partir de uma visão periférica, possibilitando a movimentação semelhantes ao olho humano. Com o avanço no processo de composição de imagens panorâmicas e da sua visualização dinâmica através de ambientes computacionais, surgem as chamadas panorâmicas 360x180° ou panorâmicas esféricas, as quais permitem a representação, em uma única imagem, de todo um ambiente de visualização esférica a partir de um único ponto focal, conforme ilustrado nas imagens da figura 9 obtidas na cidade de Pelotas-RS.

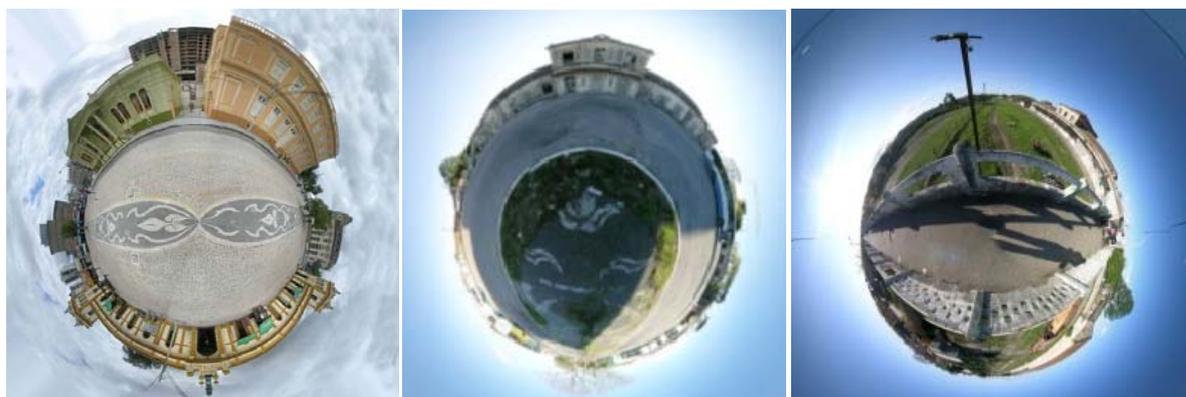


Figura 9: panorâmicas esféricas capturadas na cidade de Pelotas-RS.

A disponibilização destes ambientes visuais com imagens panorâmicas 360x180° projetadas em superfícies esféricas, chamados de *floating panoramas* (panoramas flutuantes), está disponível a partir da versão 4.2 do Google Earth disponibilizada a partir de 2008, conforme ilustrado na figura 5. Esse processo pode ser assumido também como uma forma de cidade virtual, o que será explorado na seqüência deste artigo.

Para a geração de panorâmicas esféricas, a primeira questão passa pela obtenção de fotografias que possibilitam este tipo de composição, como o uso de lentes grandes angulares conhecidas como olho de peixe (fisheye). A imagem panorâmica é montada em softwares específicos, como PTGui 8.0.2, o qual identifica os pontos comuns das imagens capturadas e as sobrepõem. A imagem 360x180° trata-se de uma imagem plana, bidimensional, que representa o campo esférico de um determinado ponto de vista do ambiente urbano, como pode ser vista na figura 9, anterior. Para a projeção desta imagem em uma superfície esférica e geração de arquivo compatível com o software Google Earth, utiliza-se o software Pho-

toOverlay Creator 1.0 desenvolvido pelo CASA, que automaticamente transforma um arquivo de imagem em um arquivo kml, que então pode ser visualizado no Google Earth



Figura 10. Floating Panoramas do entorno da Praça Coronel Pedro Osório de Pelotas/RS, visualizados a partir do Google Earth.

Com o desenvolvimento de panorâmicas 360x180° surge uma aproximação entre as visualizações bi e tridimensionais, uma vez que este tipo de imagem panorâmica pode ser projetada em sólidos esféricos e se o visualizador puder “entrar” no centro desta esfera, mover o ponto de vista a partir de um ponto central fixo, a visualização do ambiente urbano aproxima-se da visualização da realidade.

4. Discussões.

Do ponto de vista teórico, recursos associados as geotecnologias tem apresentados significativos avanços operacionais ao campo da geografia urbana. A popularização dos sistemas de informações geográficas associada ao desenvolvimento dos chamados planetas digitais, softwares como Google Earth, contribui para que informações do ambiente urbano estejam geoespacialmente relacionados, mantidas a suas posições relativas no globo terrestre.

Simultaneamente, o desenvolvimento dos recursos da gráfica digital e da linguagem CAD são absorvido por estas geotecnologias, permitindo ganhos significativos na representação gráfica destes ambientes digitais. A associação de dados de natureza distinta em SIG permite que objetos geométricos, configuracionais, estejam associados à variável temporal, permitindo uma leitura da sua dinâmica espaço-temporal urbana.

A geocomputação é o campo onde convergem recursos da modelagem configuracional urbana, com suas possibilidades analíticas e preditivas; e da modelagem gráfica digital, associada ao movimento e popularização das Cidades Visuais. A partir de recursos da geocomputação o ambiente urbano do presente, do passado e do futuro urbano podem ser virtualmente replicados, permitindo ganhos analíticos e experimental, capaz de auxiliar na produção de conhecimento e compreensão do fenômeno urbano.

5. Referencias

- ALLEN, Peter (1997). **Cities and regions as self-organizing systems: models of complexity**. Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers. 275 p.
- ECHENIQUE, M. (1975) **Modelos: una discusión**. In. Martin, L.; March, L.; Echenique, M. La Estructura del Espacio Urbano. Barcelona: Ed. GG.
- NYERGES, Timothy; JANKOWSKI, Piotr (2010). **Regional and Urban GIS: a decision support approach**. The Guilford Press, New York. 329 p.
- BATTY, Michael (2007) **Complexity in City Systems: Understanding, Evolution, and Design**. CASA Working Paper 117. 36 p.
- BATTY, Michael (2009) **Urban Modeling**. In: Internat. Encyclopedia of Human Geography.
- BUZAI, Gustavo D. (2003) **Mapas Sociales Urbanos**. Buenos Aires: Lugar Editorial 384.p.
- CÂMARA, Gilberto (2001). **Análise espacial de dados geográficos: uma visão introdutória**. São José dos Campos: Inpe. 47p.
- LONGLEY, Paul; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. (2001). **Geographic information systems and science**. Chichester: John Wiley and Sons.
- LONGLEY, Paul; BATTY, Michael (2003). **Advanced spatial analysis: the CASA Book of GIS**. Cambridge: CASA / Esri Press. 464 p.
- FOTH, Marcus (2009). **Urban Informatics: the practice and promise of the real-time city**. Information Science Reference, Ed. New York.
- GEGRADI (2008). **Oficina de GPS 3D – Modelagem Geométrica e Visual**. Texto não publicado. UFPel,
- JANSEN, Harry (2001) The **Construction of an Urban Past: Narrative and System in Urban History**. Traduzido do Alemão para o Inglês Feike de Jong. Oxford New York. 383 p.
- HUDSON-SMITH, Andy (2007). **Digital Urban - The Visual City**. CASA Working Paper 124.
- PERES, Otavio (2010). **Crescimento Urbano e Hidrografia: dinâmicas morfológicas e articulação à paisagem natural**. Dissertação de Mestrado. PROGRAU.UFPel. 144p.
- POLIDORI, Maurício C. (2004) **Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade**. Tese Doutorado UFRGS PPGECO. 352p.
- POLIDORI, Maurício; MOTA, Fabrício; MEDIROS, Roland; ALMEIDA, Lílian (2001) **Geoprocessamento e Preservação Patrimonial**. UFPel-FAUrb. Relatório de Pesquisa FAPERGS.
- PORTUGALI, Juval (2000) **Self-organization and the city**. Berlin: Springer. 352 p.
- SILVA, Juliana G.; POLIDORI, Maurício C. (2004). **Evolução urbana e parcelamento do solo em Pelotas, RS**. Pelotas: UFPel - FAUrb. [mídia digital]